PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS E TERRESTRES, ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA DE CANDIOTA, CANDIOTA, RIO GRANDE DO SUL

RELATÓRIO FINAL – ANO 2023/2024

ÂMBAR ENERGIA

CONTRATO Nº 4500048992 e seus Termos Aditivos até a presente data.

Janeiro - 2025

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS E TERRESTRES, ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA DE CANDIOTA, CANDIOTA, RIO GRANDE DO SUL

RELATÓRIO FINAL – ANO 2023/2024

ÂMBAR ENERGIA

CONTRATO Nº 4500048992 e seus Termos aditivos até a presente data.

Janeiro - 2025

EQUIPE DE TRABALHO

Coordenação científica	Nelson Augusto Flores Machado - Dr. em Ecologia e Recursos Naturais	
Coordenação administrativa	Sônia Maria Madalosso	
Responsabilidade Técnica		
Águas Superficiais	CREA 48595	Nelson Augusto Flores Machado - Dr. em Ecologia e Recursos Naturais
Águas Subterrâneas	CREA RS241891	Fábio Herbert Jones - Dr. em Geologia
Sedimentos	CREA 48595	Nelson Augusto Flores Machado - Dr. em Ecologia e Recursos Naturais
Fitoplâncton	CRBio 110208/03-D	Daniela de Carvalho Leite Ribeiro - Esp. Bióloga
Perifíton	CRBio 110208/03-D	Daniela de Carvalho Leite Ribeiro - Esp. Bióloga
Zooplâncton	CRBio 009471/03-D	Catarina da Silva Pedrozo - Dra. em Ecologia e Recursos Naturais
Macrofauna Bentônica	CRBio 028851/03-D	Suzana Maria Fagondes de Freitas - Me. em Ecologia
Ictiofauna	CRBio 025827/03-D	Fábio Silveira Vilella - Dr. em Biologia
Ecotoxicologia	CRBio 009565/03-D	Alexandre Arenzon – Dr. Em Ecologia
Vegetação	CRBio 017220	Paulo Luís de Oliveira - Dr. em Biologia
Vegetação	CRBio 34219	Rogério Both - Me. em Ecologia
Avifauna	CRBio 009872/03-D	Jan Karel Felix Mähler Junior - Dr. em Ecologia
Herpetofauna	CRBio 45206-03D	Jorge Sebastião Bernardo-Silva - Dr. em Ecologia
Ar-Flora	CRBio 058286/03-D	Carolina Trindade Perry - Dra. em Ecologia
Pecuária	CRMV/RS 3544	Verônica Schmidt - Dra. em Medicina Veterinária
Equipe de apoio		
Veterinária	Amanda Dias de Oliveira	
Dr. em Geoquímica	André Abreu Martins	
Biólogo	Carlos Eduardo Güntzel	
Me. em Ecologia	Letícia Rosa Frizzo	
Me. em Recursos Hídricos	Lisandro Becker	
Químico	Lucas Carvalho da Silveira	
Logística Amostral	Marcelo Saraiva	
Farmacêutica Bioquímica	Maria José Cecília Cardoso	
Me. em História	Paula dos Santos Flores	
Téc. em Meio Ambiente	Vera Araújo De Souza	
Bióloga	Vivian Guerra Rodrigues	
Auxiliar de campo	Volmar Garcez De Morais	

RESUMO

A Fundação Luiz Englert apresenta o relatório final referente ao período de setembro de 2023 a dezembro de 2024 "Programa de Monitoramento de Bioindicadores Ambientais, Aquáticos e Terrestres, Águas Superficiais e Subterrâneas, na Região de Influência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota, Rio Grande do Sul". Este relatório está em conformidade com o estipulado no CONTRATO Nº 4500048992 e seus termos aditivos até a presente data, firmado em 28.09.2021 entre a Companhia de Geração de Energia Elétrica - CGTEE/ELETROBRAS, atualmente Âmbar Uruguaiana Energia S.A., e a Fundação Luiz Englert.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Localização das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Aquático 51
Quadro 2 - Parâmetros analisados nas Águas Superficiais 53
Quadro 3 - Especificações técnicas para a preservação de amostras de água superficial 55
Quadro 4 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de Água Superficial. 56
Quadro 5 - Parâmetros analisados, preservação e prazo de encaminhamento das amostras coletadas 56
Quadro 6 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas superficiais..... 57
Quadro 7 - Parâmetros e ponderações utilizados para a determinação do IPMCA..... 60
Quadro 8 - Parâmetros constantes do IQA 61
Quadro 9 - Faixas de Qualidade de água - CETESB..... 62
Quadro 10 - Resultados analíticos das variáveis físicas, químicas e bilógicas realizadas nas amostras coletadas em dezembro de 2023 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota. 63
Quadro 11 - Resultados analíticos das variáveis físicas, químicas e biológicas realizadas nas amostras coletadas em fevereiro de 2024 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota. 64
Quadro 12 - Resultados analíticos das variáveis físicas, químicas e biológicas realizadas nas amostras coletadas em junho de 2024 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota. .. 65
Quadro 13 - Resultados analíticos das variáveis físicas, químicas e biológicas realizadas nas amostras coletadas em setembro de 2024 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota. 66
Quadro 14 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em dezembro de 2023. 68
Quadro 15 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em fevereiro de 2024. 69
Quadro 16 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em junho de 2024..... 70

Quadro 17 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em setembro de 2024. 71
Quadro 18 - Resultados dos ensaios de toxicidade realizados com organismos-testes de três diferentes níveis tróficos quando expostos as amostras de águas superficiais coletadas na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS no período de dezembro/2023 a setembro/2024..... 83
Quadro 19 - Médias do índice de toxicidade (em uma escala de 0 a 9), e frequência de ocorrência de toxicidade, observado nas amostras de águas superficiais coletadas na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS..... 85
Quadro 20 - Índice de toxicidade das estações amostrais em função das estações do ano, calculado em uma escala de 0 a 9, para às amostras de águas superficiais coletadas na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS, no intervalo de dezembro/2023 a setembro/2024 (A) e, (B) Média do índice de toxicidade para cada estação do ano durante o período de novembro/2016 a setembro/2024 (B). 86
Quadro 21 - Índices de toxicidade (em uma escala de 0 a 9) observado nas amostras de águas superficiais coletadas na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS, no período de novembro/2016 a setembro/2024, com destaque para as campanhas realizadas de dezembro/2023 a setembro/2024. 88
Quadro 22 - Período das campanhas amostrais de água subterrânea 2023/2024. 100
Quadro 23 - Variáveis analisadas para a qualidade da água subterrânea para a área de estudo da Usina Termelétrica de Candiota. 112
Quadro 24 - Métodos de preservação e validades dos parâmetros analíticos para a realização de ensaios e aquisição de dados neste monitoramento ambiental. 114
Quadro 25 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas subterrâneas coletadas na área de influência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS. 186
Quadro 26 - Resultados dos ensaios de toxicidade realizados com organismos-testes de três diferentes níveis tróficos quando expostos as amostras dos Poços de Monitoramento (PM) de águas subterrâneas coletadas na área da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS, no período de dezembro/2023 a agosto/2024. 187
Quadro 27 - Localização através de coordenadas UTM dos 8 locais de amostragens. 203
Quadro 28 - Os resultados dos testes de Bartlet e de esfericidade. Os resultados destes testes indicam a possibilidade de utilizar a matriz de dados, composta pelos metais nos

sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, em uma análise de componentes principais. 288
Quadro 29 - Principais táxons abundantes identificados nos oitos pontos de coletas no período amostral de dezembro de 2023 a setembro de 2024 (Destacado somente táxons abundantes em 3 ou mais pontos amostrais). 319
Quadro 30 - Principais táxons abundantes identificados nos sete pontos de coletas no período amostral de dezembro de 2023 a setembro de 2024. (Destacado somente táxons abundantes em 3 ou mais pontos amostrais, o número junto ao X representa o número de pontos em que foi abundante naquela coleta. 335
Quadro 31 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em dezembro de 2023. 340
Quadro 32 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em fevereiro de 2024..... 346
Quadro 33 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em junho de 2024. 351
Quadro 34 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em setembro de 2024. 355
Quadro 35 - Distribuição da macrofauna e classificação segundo a frequência de ocorrência. Primavera 2023 (P), verão (V), outono (O) e inverno (I) de 2024. 369
Quadro 36 - Qualidade a partir do índice EPT (Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera). 384
Quadro 37 - Classificação da qualidade hídrica em função das pontuações do Índice de BMWP. Fonte Loyola et al 2000. 388
Quadro 38 - Localização das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Terrestre 474
Quadro 39 - Estações amostrais da Rede de Monitoramento para o Ambiente Terrestre. 475
Quadro 40 - Localização das Estações Amostrais Complementares da Rede de Monitoramento Ambiental para o Biomonitoramento da Qualidade do Ar. 476
Quadro 41 - Estações amostrais Complementares da Rede de Monitoramento Ambiental para o Biomonitoramento da Qualidade do Ar. 476
Quadro 42 Espécies vegetais presentes em comunidades campestres nas cinco EAs amostradas: EA1 – Fazenda Serra do Veleda (estação de referência); EA2 – Fazenda Três

Lagoas; EA3 – Fazenda Candiota; EA4 – Chácara Santa Clara; EA5 – Fazenda Santa Rita. 1 – Campanha de primavera (novembro de 2023); 2 – Campanha de verão (março de 2024); 3 – Campanha de outono (julho de 2023); 4- Campanha de inverno (agosto de 2024). NI*= Não identificada devido à ausência de estruturas reprodutivas e à ocorrência de material vegetativo incompleto (o número entre parênteses corresponde ao registro na planilha de campo)..... 489
Quadro 43 - Atualização da nomenclatura taxonômica das espécies vegetais, segundo modificações introduzidas pelo Projeto Flora Brasil 2020..... 493
Quadro 44 - Riqueza de espécies para cada EA, por época de amostragem, (primavera, verão, outono e inverno), valores acumulados por EA no período total de amostragem (novembro de 2023 a agosto de 2024) e valores percentuais representados pelo número total de espécies de cada EA em relação ao número total de espécies inventariado no período. 494
Quadro 45 - Número de espécies (NE) de Angiospermas por famílias mais numerosas nas cinco EAs, nas quatro campanhas de amostragem. 495
Quadro 46. Presença de espécies de Asteraceae herbáceas e subarbustivas/arbustivas nas cinco EAs examinadas. 497
Quadro 47. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de inverno (julho de 2024), nas cinco EA 1 Serra do Veleda. 498
Quadro 48. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de inverno (julho de 2024), nas cinco EA 2 Fazenda Três Lagoas. 499
Quadro 49. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de inverno (julho de 2024), nas cinco EA 3 Fazenda Candiota. 499
Quadro 50. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de inverno (julho de 2024), nas cinco EA 4 Chácara Santa Clara. 500
Quadro 51. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de inverno (julho de 2024), nas cinco EA 5 Fazenda Santa Rita. 500
Quadro 52. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de primavera (novembro de 2023), na EA 1 Serra do Veleda..... 501
Quadro 53. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de primavera (novembro de 2023), na EA 2 Fazenda Três Lagoas. 501
Quadro 54. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de primavera (novembro de 2023), na EA 3 Fazenda Candiota..... 502

Quadro 55. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de primavera (novembro de 2023), na EA 4 Chácara Santa Clara..... 502
Quadro 56. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de primavera (novembro de 2023), na EA 4 Fazenda Santa Rita..... 503
Quadro 57. Índices de diversidade das cinco EAs, nas campanhas de inverno e primavera. 503
Quadro 58. Índices de diversidade das cinco EAs, na campanha de inverno..... 504
Quadro 59. Índices de diversidade das cinco EAs, na campanha de primavera..... 504
Quadro 60. Índice de similaridade de Jaccard entre as EAs, nas campanhas de inverno e primavera. 504
Quadro 61. Índice de similaridade de Jaccard entre as EAs, na campanha de inverno.505
Quadro 62. Índice de similaridade de Jaccard entre as EAs, na campanha de primavera. 505
Quadro 63. Espécies exóticas registradas no âmbito do presente projeto de monitoramento. *Espécies não encontradas no período em questão, mas presentes na região ou em campanhas de períodos anteriores. 514
Quadro 64. Espécies exóticas invasoras listadas na Portaria SEMA n° 79/2013 e registradas no presente monitoramento. 516
Quadro 65. Valores atribuídos a cada EA segundo os seguintes critérios quantitativos abaixo. 517
Quadro 66. *Ranking* da qualidade ambiental atribuída a cada EA, em ordem crescente. 518
Quadro 67**.** Tabulação de valores das classes de uso e ocupação do solo, referentes aos anos de 2021, 2022, 2023 e 2024. Na coluna à direita são apresentadas as variações percentuais comparativas entre classes, correspondentes aos anos de 2023 e 2024. ... 550
Quadro 68: Ocorrência das espécies de aves nas cinco EA no período entre outubro de 2023 e setembro de 2024. 554
Quadro 69 - Índice de diversidade de Simpson (1-D) para as cinco EA avaliadas para o componente avifauna com base nos dados obtidos entre outubro de 2023 e setembro de 2024. 559

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas superficiais coletadas na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS. 82
Tabela 2 - Pesos atribuídos aos efeitos ecotoxicológicos para a definição do índice de toxicidade aplicado nas avaliações da toxicidade das amostras de águas superficiais... 84
Tabela 3 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados na primavera (dezembro de 2023). 91
Tabela 4 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no verão (fevereiro de 2024). 92
Tabela 5 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no outono (junho de 2024). 93
Tabela 6 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no inverno (setembro de 2024). 94
Tabela 7 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados. 95
Tabela 8 - Localização UTM dos poços de monitoramento da água subterrânea nas áreas da Usina Termelétrica de Candiota 102
Tabela 9 - Métodos de aquisição de dados laboratoriais para os parâmetros avaliados para o monitoramento ambiental da área da usina termoelétrica. Onde L.Q. é o limite de quantificação. 113
Tabela 10 - Referências de classificação para cada variável analisada. 116
Tabela 11 - Resultados obtidos *in loco* para os poços monitores da Campanha 4 do ano 2023/2024 referente ao mês de setembro. Apresentam-se as observações do estado de conservação dos poços. As cores representam o nível de qualidade de preservação dos poços em que verde representa boas condições, amarelo condiz com uma qualidade intermediária apresentando algumas degradações externas dos poços, e a cor vermelha significa péssimas condições de preservação. 118
Tabela 12 - Resultados obtidos para nível estático, profundidade, temperatura da água e temperatura do ar nos pontos dos poços monitores nas áreas de Praça de Trabalho da Usina denominadas como Usina Fase B e Fase C, Almoxarifado e Candiota 1. 128
Tabela 13 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

(CPRM), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Células destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão. 130
Tabela 14 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Células destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão 131
Tabela 15 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Células destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão. 132
Tabela 16 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Almoxarifado. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Células destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão. 133
Tabela 17 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Candiota 1. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Células destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão. 134
Tabela 18 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Candiota 1. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Células destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão. 135

Tabela 19 - Relação entre as variáveis DQO e DBO para todas as campanhas amostrais apresentando o percentual biodegradável do efluente. Quando ambos os valores de DQO e DBO estão menor que o limite de detecção = ND. Quando apenas um dos valores de DBO ou DQO é menor que a detecção, se usa o valor de detecção. 144
Tabela 20 - Índice qualitativo da Campanha 1 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2011). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**). 173
Tabela 21 - Índice qualitativo da Campanha 2 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2011). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**). 174
Tabela 22 - Índice qualitativo da Campanha 3 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2011). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência

(**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**). 175
Tabela 23 - Índice qualitativo da Campanha 4 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2011). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**). 176
Tabela 24 - Pesos atribuídos aos efeitos ecotoxicológicos para a definição do índice de toxicidade aplicado nas avaliações da toxicidade das amostras de águas subterrâneas. 188
Tabela 25 - Médias do índice de toxicidade (em uma escala de 0 a 9), e frequência de ocorrência de toxicidade, observado nas amostras de águas subterrâneas coletadas na área da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS. 189
Tabela 26 - Índice de toxicidade dos poços de monitoramento em função das estações do ano, calculado em uma escala de 0 a 9, para às amostras de águas subterrâneas coletadas na área da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS, no intervalo de dezembro/2023 a setembro/2024 (A) e, (B) Média do índice de toxicidade para cada estação do ano durante o período de novembro/2016 a setembro/2024 (B). 191
Tabela 27 - Índices de toxicidade (em uma escala de 0 a 9) observado nos 16 Poços de Monitoramento (PM) ativos distribuídos na área da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS, no período de novembro/2016 a setembro/2024, com destaque para as campanhas realizadas de dezembro/2023 a setembro/2024. Poços ordenados em função das frequências de ocorrência de toxicidade. 193
Tabela 28 - Métodos de avaliação das concentrações dos metais em sedimentos, utilização de Espectrometria de Emissão Ótica por plasma acoplado (OES) e AAFG-Forno de Grafite. 202

Tabela 29 – Limites de concentração de elementos químicos dados pela geologia ortodoxa, na crosta terrestre, nos sedimentos pré-industriais, no Clarke geoquímico e no folhelho médio. 205
Tabela 30 - Limites numéricos das quatro concepções dos SQGs-Diretrizes Básicas da qualidade dos Sedimentos, aceitos internacionalmente. Os espaços hachurados de cinza indicam que não existe referencia para o referido elemento. 206
Tabela 31 - Distribuição dos tamanhos de grãos, escala Wentworth (areia-silte-argila), em cada uma das unidades amostrais dos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, no ano amostral representado pelas campanhas BI primavera de 2023, BJ verão, BK outono e BL inverno de 2024. A relação grosseiros finos, esta hachurada de amarelo são os valores mais baixos, laranja os valores de percentil 50 e vermelho os valores mais altos..... 210
Tabela 32– Distribuição dos tamanhos de grãos seguindo a escala de Wentworth para os sedimentos superficicias de fundo da calha fluvial do arroio Candiota. No ano amostral representado pelas campanhas BI primavera de 2023, BJ verão, BK outono e BL inverno de 2024. s valores que estão hachurados de amarelo são os valores mais baixos, laranja os valores de percentil 50 e vermelho os valores mais altos. 212
Tabela 33- Porcentagens de matéria orgânica, umidade e teor de sólidos, além do pH em cada unidade amostral. Os valores hachurados representam as relações entre as variáveis ou seja: hachurados em amarelo, representam os menores valores, hachurados em laranja os valores medianos (percentil 50) e os hachurados em vermelho representam os valores mais altos da variável em questão. 219
Tabela 34 - Metais móveis, concentrações obtidas a partir do ataque com o ácido fraco. O hachuramento dos valores tem o seguinte significado: **amarelo** os valores mais baixos, o **laranja** o percentil 50, e **vermelho** os valores mais altos..... 221
Tabela 35- Metais totais, concentrações obtidas a partir do ataque de ácido forte. O hachuramento dos valores tem o seguinte significado: **amarelo** os valores baixos, o laranja o percentil 50, e **vermelho** os valores mais altos. 222
Tabela 36 - Resultado da aplicação do índice de geoacumulação em cada unidade amostral e em cada elemento químico estudado nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, usando como referência os valores para a crosta terrestre, Tabela 30. 233

Tabela 37- Resultado da aplicação do índice de geoacumulação em cada unidade amostral para cada elemento químico estudado nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, usando como referência os valores para os sedimentos pré-industriais, Tabela 30. 234
Tabela 38-Resultado da aplicação do índice de geoacumulação em cada unidade amostral para cada elemento químico estudado nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, usando como referência os valores para o Clarke geoquímico, Tabela 30. . 235
Tabela 39-Resultado da aplicação do índice de geoacumulação em cada unidade amostral para cada elemento químico estudado nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, usando como referência os valores para os folhelhos, Tabela 30. 236
Tabela 40-Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores da crosta terrestre. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.... 240
Tabela 41-Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores dos sedimentos pré-industriais. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.... 241
Tabela 42-Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores do clarke geoquímico. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.... 242
Tabela 43-Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores dos folhelhos. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a

ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.... 243
Tabela 44 - Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores das diretrizes básica para a qualidade dos sedimentos (SQGs), em especial a TEC- Treshold Effect Contamination. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.... 244
Tabela 45-Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores das diretrizes básica para a qualidade dos sedimentos (SQGs), em especial a LEL- Low Effect Level. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.... 245
Tabela 46 - Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores das diretrizes básica para a qualidade dos sedimentos (SQGs), em especial a ERL- Effect Range Low. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.... 246
Tabela 47 - Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores das diretrizes básica para a qualidade dos sedimentos (SQGs), em especial a TEL- Treshold Effects Levels. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.... 247
Tabela 48 - Classes nominais do fator de enriquecimento. 249
Tabela 49 - Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o alumínio como elemento normalizador, e a crosta

terrestre como referencial. As classes obedecem a **Tabela 48** com as classes nominais. 250
Tabela 50- Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o ferro como elemento normalizador, e a crosta terrestre como referencial. As classes obedecem a **Tabela 48** com as classes nominais. 251
Tabela 51 - Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o alumínio como elemento normalizador, e os sedimentos pré-industriais como referencial. As classes obedecem a **Tabela 48** com as classes nominais. 252
Tabela 52 - Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o ferro como elemento normalizador, e os sedimentos pré-industriais como referencial. As classes obedecem a **Tabela 48** com as classes nominais. 253
Tabela 53 - Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o alumínio como elemento normalizador, e o clarke geoquímico como referencial. As classes obedecem a **Tabela 48** com as classes nominais. 254
Tabela 54 - Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o ferro como elemento normalizador, e o clarke geoquímico como referencial. As classes obedecem a **Tabela 48** com as classes nominais. 255
Tabela 55 - Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o alumínio como elemento normalizador, e o folhelho médio como referencial. As classes obedecem a Tabela 48 com as classes nominais. 256
Tabela 56 - Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o ferro como elemento normalizador, e o folhelho médio como referencial. As classes obedecem a Tabela 48 com as classes nominais. 257
Tabela 57 - Índice de carga de poluição (PLI), aplicado aos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando os referenciais da Tabela 29 e Tabela. 259
Tabela 58 - Classes nominais para o Grau de Contaminação (Cdeg). 262

Tabela 59 - Grau de contaminação calculado para os sedimentos superficiais da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando os níveis de base da geologia ortodoxa, Crosta terrestre, sedimentos pré-industriais, clarke geoquímico e os folhelhos. Classes e as cores referenciadas estão na Tabela 58. 263
Tabela 60 - Grau de contaminação calculado para os sedimentos superficiais da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando os níveis de base gerados nas diretrizes básicas para a qualidade dos sedimentos (SQGs). TEC (Treshold Effect Contamination; LEL (Low Effect Level); ERL (Effect Range Low) e TEL (Treshold Effects Levels). As classes nominais são referenciadas aos valores numéricos e as cores da Tabela 58. 264
Tabela 61 - Grau de contaminação modificado calculado para os sedimentos superficiais da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando os níveis de base da geologia ortodoxa, Crosta terrestre, sedimentos pré-industriais, Clarke geoquímico e os folhelhos..... 269
Tabela 62 - Grau de contaminação modificado calculado para os sedimentos superficiais da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando os níveis de base gerados nas diretrizes básicas para a qualidade dos sedimentos (SQGs). TEC (Treshold Effect Contamination; LEL (Low Effect Level); ERL (Effect Range Low) e TEL (Treshold Effects Levels). 270
Tabela 63 - Classes numéricas e nominais para o Índice de Nemerow..... 273
Tabela 64 - Índice de Nemerow aplicado aos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, amostrados na primavera de 2023. Amarelo significa contaminação moderada, laranja significa contaminação alta, e vermelho contaminação muito alta. As classes estão na **Tabela 63**. 274
Tabela 65 - Índice de Nemerow aplicado aos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, amostrados no verão de 2024. Amarelo significa contaminação moderada, laranja significa contaminação alta, e vermelho contaminação muito alta. As classes estão na **Tabela 63**. 274
Tabela 66 - Índice de Nemerow aplicado aos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, amostrados no outono de 2024. Amarelo significa contaminação moderada, laranja significa contaminação alta, e vermelho contaminação muito alta. As classes estão na tabela 36. 275
Tabela 67 - Índice de Nemerow aplicado aos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, amostrados no inverno de 2024. Amarelo significa

contaminação moderada, laranja significa contaminação alta, e vermelho contaminação muito alta.As classes estão na **Tabela 63**..... 275
Tabela 68 - Apresentam-se as classes nominais associadas aos valores de cálculo para o PERI. 278
Tabela 69 - Valores para o PERI- Avaliação de risco ecológico aplicado aos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, tendo como referencias aqueles valores da geologia ortodoxa, Tabela 29. E as classes usadas estão na Tabela 68..... 279
Tabela 70 - Valores para o PERI avaliação de risco ecológico aplicado aos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, tendo como referencias aqueles valores das diretrizes básicas da qualidade dos sedimentos (SQGs), Tabela 30. E as classes usadas estão na Tabela 68..... 280
Tabela 71 - Estatística descritiva das concentrações dos metais recolhidos na primavera de 2023. 281
Tabela 72 - Estatística descritiva das concentrações dos metais recolhidos no verão de 2024. 282
Tabela 73 - Estatística descritiva das concentrações dos metais recolhidos no outono de 2024. 282
Tabela 74 - Estatística descritiva das concentrações dos metais recolhidos no inverno de 2024. 282
Tabela 75 - Estatística descritiva das concentrações dos metais do estudo dos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, considerando a integralidade do ano amostral..... 283
Tabela 76 - Resultado da análise multivariada no SPSS, a análise estabeleceu 4 componentes principais para o ano amostral 2023-24. A redução das onze variáveis originais representadas pela concentração de metais total dos onze metais em sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, reduzidas a quatro variáveis hipotéticas (componentes), registrando 80,75% da variância, portanto a analise registra uma perda de apenas 19,24% da variância dos dados..... 289
Tabela 77 - Matriz de componentes rotacionados, apresentam-se os componentes, as variáveis hipotéticas e a sua composição das variáveis originais..... 292
Tabela 78 - Razão para referência (RTR) e valor agregado para referência, considerando a campanha amostral de primavera de 2023, sufixo BI. A estação amostral 1BI é a referência. 297

Tabela 79 - Razão para referência (RTR) e valor agregado para referência, considerando a campanha amostral de verão de 2024, sufixo BJ. A estação amostral 1BJ é a referência. 297
Tabela 80 - Razão para referência (RTR) e valor agregado para referência, considerando a campanha amostral de outono de 2024, sufixo BK. A estação amostral 1BK é a referência. 298
Tabela 81 - Razão para referência (RTR) e valor agregado para referência, considerando a campanha amostral de inverno de 2024, sufixo BL. A estação amostral 1BL é a referência. 298
Tabela 82 - Ordenação dos valores agregados para referência ARTR, considerando cada uma das campanhas amostrais. As unidades amostrais são ordenadas em valores decrescentes de diferenças entra as concentrações dos metais, considerando a estação 1 como referência para as respostas obtidas nas concentrações dos metais, “mix”, nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, em cada uma das campanhas amostrais. A unidade amostral de referência está em negrito, e o valor para cada estação de referência é a unidade. 299
Tabela 83 - Construída com base nos usos econômicos presentes na B.H.A.C., e suas influências no sistema de metais do estudo. 304
Tabela 84 - Com base na razão de referência média (RTRm), apresentam-se os metais que ultrapassaram a concentração média do ano amostral, referenciado a estação amostral, e a estação sazonal, estas últimas representadas pelos sufixos BI- primavera de 2023, BJ-verão de 2024, BK-outono de 2024, BL- inverno de 2024. Os valores representam o número de vezes maior que a média do ano amostral. O restante dos valores das concentrações estavam abaixo ou igual a média do ano amostral. 306
Tabela 85 - Apresentam-se os metais e as respectivas unidades amostrais que apresentaram valores em que se espera algum prejuízo para os seres vivos do local. BI (primavera de 2023), BJ, BK e BL o verão, ou outono e o inverno de 2024 respectivamente. 311
Tabela 86 - Densidade absoluta, riqueza e diversidade fitoplanctônica nos oito pontos de coleta no período amostral de novembro de 2023 a setembro de 2024. 314
Tabela 87 - Tabela Qualitativa. Relação de presença e riqueza fitoplanctônica nos oito pontos de coleta no período amostral de dezembro de 2023 a setembro de 2024..... 321

Tabela 88 - Táxons identificados nos sete pontos de coletas no período amostral de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 330
Tabela 89 - Índice qualidade EPT – Campanha de Primavera 2023. 382
Tabela 90 - Índice qualidade EPT – Campanha de Verão 2024. 383
Tabela 91 - Índice qualidade EPT – Campanha de outono 2024. 383
Tabela 92 - Índice qualidade EPT – Campanha de inverno 2024. 384
Tabela 93 - Valores de Chironmidae, EPT Primavera 2023 385
Tabela 94 - EPT/Chiro outono 2024. 386
Tabela 96 - EPT/Chiro inverno 2024. 386
Tabela 96 - Abundância total e relativa das subfamílias de Chironomidae, primavera de 2023 387
Tabela 97 - Abundância total e relativa das subfamílias de Chironomidae, verão de 2023 387
Tabela 98 - Abundância total e relativa das subfamílias de Chironomidae, outono 2024 387
Tabela 99 - Abundância total e relativa das subfamílias de Chironomidae, inverno 2024 387
Tabela 101 - Lista de Táxons da Primavera 2023, PM 1, PM 2, PM 3 e PM 4. 393
Tabela 101 - Lista de Táxons da Primavera 2023, PM 5, PM 6, PM 7 e PM 8. 394
Tabela 102 - Lista de Táxons da Verão 2024, PM 1, PM 2, PM 3 e PM 4. 396
Tabela 103 - Lista de Táxons da Verão 2024, PM 5, PM 6, PM 7 e PM 8. 397
Tabela 104 - Lista de Táxons da Outono 2024, PM 1, PM 2, PM 3 e PM 4. 399
Tabela 105 - Lista de Táxons da Outono 2024, PM 5, PM 6, PM 7 e PM 8. 400
Tabela 106 - Lista de Táxons da Inverno 2024, PM 1, PM 2, PM 3 e PM 4. 402
Tabela 108 - Lista de Táxons da Primavera 2023, PM 5, PM 6, PM 7 e PM 8. 403
Tabela 108 - Intervalos do Índice de Qualidade (IQ). 415
Tabela 109 - Valores de referência (mg/Kg) para a concentração máxima admitida de metais e elementos-traço presentes nas espécies de peixes analisadas na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 417
Tabela 110 - Apresentação dos valores de IQ da ictiofauna (BRUSCHI et al. 2000) no período 2023/2024 e cálculo de sua média harmônica para a classificação nos padrões de IQ. 418

Tabela 111 - Valores de IQ da ictiofauna (BRUSCHI et al. 2000) da série histórica de monitoramento da área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS..... 422
Tabela 112 - Enquadramento do IQ da ictiofauna (BRUSCHI et al. 2000) da série histórica de monitoramento e os valores absolutos e relativos (%) observados para das classes de IQ da área de influência da UTE de Candiota, Candiota, RS..... 432
Tabela 113 - Número amostras de músculo de peixes obtidas no período de amostragem de novembro/2023 a setembro/2024, de acordo com o local de captura e o nível trófico das espécies doadoras para a análise de concentração de metais e elementos traço na área de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 435
Tabela 114 - Número de amostras de peixes contaminados com Arsênio (As) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 436
Tabela 115 - Número de amostras de peixes contaminados com Cádmio (Cd) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 440
Tabela 116 - Número de amostras de peixes contaminados com Chumbo (Pb) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 444
Tabela 117 - Espécies de anfíbios encontrados nas estações amostrais no trabalho de monitoramento ambiental para a usina termelétrica de Candiota realizadas entre dezembro de 2023 e agosto de 2024. E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste)..... 571
Tabela 118 - Espécies de répteis encontrados nas estações amostrais no trabalho de monitoramento ambiental para a usina termelétrica de Candiota realizadas entre dezembro de 2023 e agosto de 2024. E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste)..... 572
Tabela 119 - Teores dos elementos no solo..... 583
Tabela 120 - Estimativa de idade em ovinos, pela dentição..... 595

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudos bacia hidrográfica do Arroio Candiota, modificado de Farias (2014). 49
Figura 2 - Distribuição das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento, utilizando com fundo as classes de uso do solo, incluindo a estação 8 – no lançamento do efluente. 50
Figura 3 - Variação do fósforo total nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 73
Figura 4 - Variação do oxigênio dissolvido nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 73
Figura 5 - Variação do pH nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 74
Figura 6 - Variação de coliformes termotolerantes nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 75
Figura 7 - Variação do alumínio dissolvido nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 76
Figura 8 - Variação do ferro dissolvido nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024 77
Figura 9 - Variação do manganês total nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 78
Figura 10 - Variação da condutividade elétrica da água nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024 79
Figura 11 - Valores registrados do IQA (Índice de Qualidade de Água) para o período 80
Figura 12 - Valores registrados do IPMCA (Índice de Parâmetros Mínimos para a Proteção das comunidades aquáticas) para o período de dezembro de 2023 a setembro de 2024 no sistema 81
Figura 13 - Mapa apresentando a localização das áreas monitoradas e dos poços de coleta de água subterrânea na Usina Termelétrica de Candiota. As setas azuis representam as diferenças altimétricas relativas orientadas da maior para a menor cota e os possíveis percursos das águas meteóricas e subterrâneas no local 103
Figura 14 - Válvula de pé para colocação na mangueira para executar a purga do poço de vários tamanhos em função da variação da circunferência dos poços (A e B). Bomba de

dreno manual, para o recalque da água estagnada do poço, visando o mínimo de turbidez possível (c)..... 108
Figura 15 - (A) Gerador Gringer ZH3500 para ligar a bomba submersível; (B) Bomba de água submersível 1/2HP e 1,5" Tander profissional; (C) Amostragem poço PM-10 apresentando o sistema utilizado para o esgotamento de poços com maior volume de água devido ao maior diâmetro do poço para o monitoramento de água subterrânea da Termelétrica de Candiota..... 109
Figura 16 - Amostrador (descartável de polietileno) do tipo "bailer" utilizado para amostragem de água subterrânea nos poços de monitoramento de Candiota (Modificado de Soriano Junior, R.; Reis, F.A.G.V./Análise comparativa entre métodos de amostragem de águas subterrâneas)..... 111
Figura 17 - *Plate* de fotos apresentando as condições de preservação para cada poço de monitoramento da qualidade da água subterrânea..... 119
Figura 18 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral de primavera (C1) do projeto anual de 2023/2024 (dados obtidos do site do INMET)..... 124
Figura 19 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral de verão (C2) do projeto anual de 2023/2024 (dados obtidos do site do INMET). 125
Figura 20 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral de outono (C3) do projeto anual de 2023/2024 (dados obtidos do site do 126
Figura 21 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral de inverno (C4) do projeto anual de 2023/2024 (dados obtidos do site do INMET). 127
Figura 22 - Gráfico apresentando as profundidades dos poços e os seus níveis estáticos de água subterrânea para as quatro campanhas amostrais. A barra preta indica a profundidade do poço, já as demais barras indicam (no limite das suas bases) onde está o nível estático no relativo poço. Assim, a coluna d'água corresponde o intervalo que vai

da base de referência da profundidade (barra preta) até a base das demais barras que corresponde ao nível freático..... 129
Figura 23 - Gráficos demonstrando os valores de Coliformes Termotolerantes. Linha vermelha: limite de detecção (MS 1469, 2000)..... 137
Figura 24 - Gráficos demonstrando os valores de Condutividade. Linha vermelha: limite de condutividade (ANZECC, 2011). 139
Figura 25 - Mapas demonstrando o comportamento da Condutividade (µS•cm-1) durante as quatro campanhas amostrais..... 140
Figura 26 - Gráfico apresentando as variáveis de cor (UC), da soma de Fe e Mn dissolvidos (mg·L^{-1}) e de sólidos totais dissolvidos (STD, mg·L^{-1})..... 142
Figura 27 - Gráficos demonstrando a correlação do DBO com o DQO (mg·L^{-1} O_2). A elipse laranja destaca valores da correlação em que a DBO está abaixo do limite de detecção, e em verde, valores de DQO abaixo ou próximo do limite de detecção. 144
Figura 28 - Gráficos apresentando os valores de DQO e DBO. Linha vermelha: limite DBO (CONAMA 357, 2005). Linha laranja: limite DQO (CPRM, 2008). 145
Figura 29 - Gráficos demonstrando os valores de Fósforo Total. Linha vermelha: limite de fósforo total (CONAMA 357, 2005). 147
Figura 30 - Mapas demonstrando o comportamento do fósforo nas águas subterrâneas durante as quatro campanhas amostrais. As cores variam dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho)..... 148
Figura 31 - Gráficos demonstrando valores de oxigênio dissolvido. Área em vermelho: faixa típica em água subterrânea (CPRM, 2008)..... 150
Figura 321 - Gráficos demonstrando os valores de pH. Linhas vermelhas: limites mínimo (5,5) e máximo (8,5) de pH (CPRM, 2008). 154
Figura 33 - Gráficos demonstrando os valores de Turbidez. Linhas vermelhas: limite de turbidez (MS 1469, 2000)..... 156
Figura 34 - Mapas demonstrando o comportamento da turbidez nas águas subterrâneas durante as quatro campanhas amostrais. As cores variam dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho)..... 157
Figura 35 - Gráficos apresentando a distribuição dos metais totais analisados nesse estudo para cada campanha amostral. Valores dos gráficos em mg·L^{-1}. 159
Figura 36 - Gráficos comparando os valores entre alumínio total e dissolvido. Linha vermelha: limite Al total (CONAMA 396, 2008). 162

Figura 37 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de alumínio em suspensão (porção vermelha dos diagramas em pizza) e alumínio dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas. 163
Figura 38 - Gráficos comparando valores ($mg \cdot L^{-1}$) entre ferro total e dissolvido. Linha vermelha: limite Fe total (CONAMA 396, 2008). 165
Figura 39 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de ferro em suspensão (porção vermelha dos diagramas em pizza) e ferro dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas. 166
Figura 40 - Gráficos comparando os valores entre manganês total e dissolvido. Linha vermelha: limite Mn total (CONAMA 396, 2008). 168
Figura 41 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de manganês em suspensão (porção vermelha dos diagramas em pizza) e manganês dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas. 169
Figura 42 - Gráficos comparando os valores entre níquel total e dissolvido. Linha vermelha: limite Ni total (CONAMA 396, 2008). 171
Figura 43 - Mapas demonstrando o comportamento do índice de qualidade das águas subterrâneas durante as quatro campanhas amostrais. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho). 179
Figura 44 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2018/2019. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho). 180
Figura 45 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2019/2020. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho). 181
Figura 46 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2020/2021. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho). 182

Figura 47 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2021/2022. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho). 183
Figura 48 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2022/2023. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho). 184
Figura 49 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2023/2024. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho). 185
Figura 50 - Croquis da localização das estações amostrais dos estudos do grupo aquático, expresso na forma de microbacias, estabelecidas a partir da posição dos locais amostrados, estas por sua vez compõem a B.H.A.C. 204
Figura 51 - Distribuição das classes de tamanho de grãos que compõem os sedimentos das estações amostrais da campanha de primavera 2023, identificada pelo sufixo BI. 214
Figura 52 - Distribuição das classes de tamanho de grãos que compõem os sedimentos das estações amostrais da campanha de verão de 2024, identificada pelo sufixo BJ... 214
Figura 53 - Distribuição das classes de tamanho de grãos que compõem os sedimentos das estações amostrais da campanha de outono de 2024, identificada pelo sufixo BK. 215
Figura 54 - Distribuição das classes de tamanho de grãos que compõem os sedimentos das estações amostrais da campanha de inverno de 2024, identificada pelo sufixo BL. 215
Figura 55 – Campanha amostral de primavera de 2023. Relação entre os tamanhos de grãos grosseiros e finos, indicando quanto maior a razão maior a intensidade da dinamica ambiental. Identificada pelo sufixo BI. 216
Figura 56 - Campanha amostral de verão de 2024. Relação entre os tamanhos de grãos grosseiros e finos, indicando quanto maior a razão maior a intensidade da dinamica ambiental. Identificada pelo sufixo BJ. 216
Figura 57 -Campanha amostral de outono de 2024. Relação entre os tamanhos de grãos grosseiros e finos, indicando quanto maior a razão maior a intensidade da dinamica ambiental. Identificada pelo sufixo BK. 217

Figura 58 - Campanha amostral de inverno de 2024. Relação entre os tamanhos de grãos grosseiros e finos, indicando quanto maior a razão maior a intensidade da dinamica ambiental. Identificada pelo sufixo BL. 217
Figura 59 - Índice do grau de contaminação Cdeg, calculado para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota. Os referenciais são aqueles propostos pela geologia ortodoxa Tabela 29, as linhas retas representam os graus de contaminação estabelecidos pelo conceito do índice. 265
Figura 60 - Índice do grau de contaminação Cdeg, calculado para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota. Os referenciais são aqueles propostos pelas SQGs- diretrizes básicas para a qualidade dos sedimentos, Tabela 30, as linhas retas representam os graus de contaminação estabelecidos pelo conceito do índice. 266
Figura 61 - Dendrograma resultante da análise de cluster para a campanha amostral 2023-24, BI-BJ-BK e BL, associando os locais das unidades amostrais, metais totais N= 32, em oito locais amostrais em cada uma das campanhas amostrais. 286
Figura 62 - Dendrograma resultante da análise de cluster para a campanha amostral 2023-24, BI-BJ-BK e BL, associando os metais do estudo, concentrações de metais totais, onze metais estudados, N=32. Para visualizar as relações entre os metais menos abundantes, retira-se da análise Al, Fe e Mn e aplica-se o agrupamento aos restantes o resultando o dendrograma sem os metais Al, Fe e Mn. 287
Figura 63 - “Scree plot” gerado pela análise dos componentes principais. 290
Figura 64 - Resultado da plotagem dos três componentes principais, a as variáveis que caracterizaram os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota. O primeiro componente explica cerca de 38,8% da variância dos dados, o segundo componente explica 15,72% da variância dos dados e o terceiro componente explicou cerca de 14,3% da variância dos dados, perfazendo os três cerca de 68,79% da variância. No diagrama pode ser observado a proximidade de cada variável original aos três eixos que representam os componentes principais. 291
Figura 65 - Porcentagem de distribuição da riqueza de táxons fitoplanctônicos em oito pontos de coleta no período amostral de novembro de 2023 a setembro de 2024. 315
Figura 66 - Porcentagem de distribuição da densidade de organismos fitoplanctônicos em oito pontos de coleta no período amostral de novembro de 2023 a setembro de 2024. 316

Figura 67 - Riqueza de espécies fitoplanctônicas, observada nos pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 317
Figura 68 - Densidade total da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024 318
Figura 69 - Índice de diversidade de Shannon da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 318
Figura 70 - Equitabilidade da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 319
Figura 71 - Boxplot (medianas, quartis, n = 4) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.mL-¹) da comunidade fitoplanctônica observada nos pontos de coleta (variação espacial) no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 326
Figura 72 - Boxplot (medianas, quartis, n = 8) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.mL-¹) da comunidade fitoplanctônica observada nos meses (variação temporal) de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 327
Figura 73 - Densidade relativa dos grupos da comunidade perifítica observada nos pontos de coleta, no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024 332
Figura 74 - Riqueza de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 333
Figura 75 - Densidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024 333
Figura 76- Índice de diversidade de Shannon da comunidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024 334
Figura 77 - Equitabilidade da comunidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 334
Figura 78 - Boxplot (medianas, quartis, n = 4) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.cm2) da comunidade perifítica observada nos pontos de coleta (variação espacial) no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 336
Figura 79 - Boxplot (medianas,quartis, n = 7) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.cm2) da

comunidade perifítica observada nos meses de coleta (variação temporal) no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024. 337
Figura 80 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em dezembro de 2023. 343
Figura 81 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em dezembro de 2023. 343
Figura 82 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em dezembro de 2023. 344
Figura 83 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em dezembro de 2023. 344
Figura 84 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em dezembro de 2023. 345
Figura 85 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de dezembro de 2023. 345
Figura 86 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em fevereiro de 2024. 348
Figura 87 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em fevereiro de 2024. 348
Figura 88 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em fevereiro de 2024. 349
Figura 89 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em fevereiro de 2024. 349
Figura 90 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em fevereiro de 2024. 350
Figura 91 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de fevereiro de 2024. 350
Figura 92 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em junho de 2024. 352
Figura 93 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em junho de 2024. 352
Figura 94 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em junho de 2024. 353

Figura 95 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em junho de 2024. 353
Figura 96 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em junho de 2024. 354
Figura 97 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de junho de 2024... 354
Figura 98 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em setembro de 2024..... 356
Figura 99 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em setembro de 2024..... 357
Figura 100 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em setembro de 2024. 357
Figura 101 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em setembro de 2024. 358
Figura 102 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em setembro de 2024..... 358
Figura 103 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de setembro de 2024. 359
Figura 104 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta por época amostral. 359
Figura 105 - Variação dos valores da equitatividade de Pielou (J´) nos pontos de coleta por época amostral..... 360
Figura 106 - Variação dos valores da riqueza de espécies nos pontos de coleta por época amostral. 360
Figura 107- Amostradores: a) draga de Petersen b) coletor Surber c) rede em D..... 365
Figura 108 - Água transpondo a ponte na PM2 Arroio Candiota, na Primavera 2023. 367
Figura 109 - Valores da abundância total (N) nas quatro estações sazonais. 371
Figura 110 - Abundância total (N) e riqueza (S), primavera de 2023 372
Figura 111 - Abundância relativa dos principais táxons dos arroios na primavera de 2023. 373
Figura 112 - Abundância total (N) e riqueza (S), verão de 2024 374
Figura 113 - Abundância relativa dos principais táxons no verão de 2024..... 375
Figura 114 - Abundância total (N) e riqueza (S), outono de 2024 376
Figura 115 - Abundância relativa dos principais táxons no outono de 2024. 376

Figura 116 - Abundância total (N) e riqueza (S), inverno de 2024 377
Figura 117 - Abundância relativa dos principais táxons no inverno de 2024. 378
Figura 118 - Diversidade de Shannon e Equabilidade de Pielou, primavera 2023. 378
Figura 119 - Diversidade de Shannon e equabilidade de Pielou, verão 2024. 379
Figura 120 - Diversidade de Shannon e equabilidade de Pielou, outono 2024. 379
Figura 121 - Diversidade de Shannon e equabilidade de Pielou, inverno 2024. 380
Figura 122 - Valores de diversidade de Shannon por ponto amostral, 2023-2024. 381
Figura 123 - Alguns dos táxons encontrados nos arroios monitorados. 389
Figura 124 - Imagem do Ponto 1 da rede de monitoramento próximo à ponte férrea e a BR 392, localizado à montante da barragem da Usina Termelétrica De Candiota no arroio Candiota. 406
Figura 125 - Imagem do Ponto 2 da rede de monitoramento, a jusante da barragem da Usina Termelétrica de Candiota, no arroio Candiota, em Candiota, RS. 407
Figura 126 - Imagem do Ponto 3 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiotinha próximo a ponte de ligação entre Candiota e Pedras Altas. 408
Figura 127 - Imagem do Ponto 3 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiota, próximo do ponto de lançamento de efluentes líquidos da Usina Termelétrica de Candiota. 409
Figura 128 - Imagem do Ponto 5 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiota. 410
Figura 129 - Imagem do Ponto 6 da rede de monitoramento, localizado no arroio Poacá onde se nota a foz da Sanga da Carvoeira na margem esquerda (á direita da imagem) e a cunha de sedimentos carreada pela Sanga. 411
Figura 130 - Imagem do Ponto 7 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiota. 412
Figura 131 - Imagem do desabamento da estrutura de acesso ao ponto 8 na campanha de primavera de 2023, logo abaixo, na Figura 132, do lançamento do efluente da UTE de Candiota. 413
Figura 132 - Ponto 8, imagem do local alternativo ao ponto de acesso original adotado para a captura de peixes. Local situado a aproximadamente 1.500m a jusante do lançamento do efluente da UTE de Candiota (coordenadas UTM 22J 6504238 / 245311). 414

Figura 133 - Apresentação dos valores obtidos de condições de qualidade no período 2023/2024, indicadas pelo IQ aplicado para o resultado da amostragem de peixes, no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 420
Figura 134 - Apresentação dos valores de média harmônica obtidos no período 2023/2024, indicadas pelo IQ aplicado para o resultado da amostragem de peixes, no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 421
Figura 135 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT1 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 424
Figura 136 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT2 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 425
Figura 137 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT3 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 426
Figura 138 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT4 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 427
Figura 139 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT5 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 428
Figura 140 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT6 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 429
Figura 141 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT7 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 430
Figura 142 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 437
Figura 143 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 438

Figura 144 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 439
Figura 145 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 441
Figura 146 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 442
Figura 147 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 443
Figura 148 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 445
Figura 149 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 446
Figura 150 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 447
Figura 151 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 449
Figura 152 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 450
Figura 153 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 451
Figura 154 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 453
Figura 155 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 454
Figura 156 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 455
Figura 157 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 457

Figura 158 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 458
Figura 159 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 459
Figura 160 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 461
Figura 161 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 462
Figura 162 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 463
Figura 163 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 465
Figura 164 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 466
Figura 165 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 467
Figura 166 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 469
Figura 167 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 470
Figura 168 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS. 471
Figura 169 - Distribuição das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Terrestre 478
Figura 170 - Localização das estações de amostragem (EAs). Os ícones representam a localização do ponto de amostragem e onde foram tomadas as imagens com as coordenadas geográficas 479
Figura 171 - Parcelas amostrais em uma área de campo. 481

Figura 172 - Representação esquemática mostrando a distribuição espacial das 38 parcelas amostrais ao longo do transecto. 481
Figura 173 - Localização das cinco diferentes EAs em relação à Usina Termelétrica de Candiota, com as respectivas distâncias em quilômetros. 482
Figura 174 - Localização do transecto amostral na EA1 – Fazenda Serra do Veleda.. 483
Figura 175 - Localização do transecto amostral na EA2 – Fazenda Três Lagoas. 484
Figura 176 - Localização do transecto amostral na EA3 – Fazenda Candiota. 485
Figura 177 - Localização do transecto amostral na EA4 – Chácara Santa Clara. 486
Figura 178 - Localização do transecto amostral na EA5 – Fazenda Santa Rita. 487
Figura 179. Variação dos valores de riqueza de espécies, de cada EA, nas quatro estações do ano (1ª campanha nov/2023; 2ª campanha mar/2024; 3ª campanha jul/2024 e 4ª campanha ago/2024). 495
Figura 180. Comparação entre os valores de riqueza média, para cada EA, entre os períodos de 2019-2020, 2020-2021,2021-2022, 2022-2023 e 2023-2024. 496
Figura 181. Variação dos valores de riqueza média, para cada EA, de 2017 até 2024. 496
Figura 182. Variação nos valores de Riqueza Média, para cada estação do ano (primavera, verão, outono e inverno), no período compreendido entre 2017 e 2024. 496
Figura 183. Variação no número total de espécies identificados nas quatro estações do ano, no período de 2017 a 2024, no total de EAs. 497
Figura 184. Precipitação total mensal (em mm) no período compreendido entre janeiro de 2019 e agosto de 2024. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 8º Distrito/RS. ... 509
Figura 185. Precipitação total mensal (em mm) no período compreendido entre agosto de 2023 e agosto de 2024. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 8º Distrito/RS. ... 509
Figura 186. *Chaptalia arechavaletae*, Na EA3 (Fazenda Três Lagoas), em agosto de 2024. Fotografia de Martin Grings. 510
Figura 187. *Pfaffia gnaphaloides* (Amaranthaceae) na EA5 Fazenda Santa Rita. Fevereiro de 2022. 511
Figura 188. *Crocanthemum brasiliense* (Cistaceae), na EA3 Fazenda Três Lagoas. .. 512
Figura 189. *Crocanthemum brasiliense*. Fotografia de Martin Grings. 512
Figura 190. *Oxalis refracta* (Fotografia de Andrés González, in: Flora Nativa y Adventicias de Uruguay). 513
Figura 191. EA4 (Chácara Santa Clara), imagem datada de março de 2024 mostrando a invasão por *Eragrostis plana*. 516

Figura 192. Vista geral da área amostrada na EA1 (Fazenda Serra do Veleda, novembro de 2023). 520
Figura 193. Detalhe de uma parcela amostrada na EA1 (novembro de 2023). 520
Figura 194. Vista geral da área amostrada na EA1 (Fazenda Serra do Veleda, março de 2024). 521
Figura 195. Detalhe de uma parcela amostrada na EA1 (março de 2024). 521
Figura 196. Vista geral da área amostrada na EA1 (Fazenda Serra do Veleda, julho de 2024). 521
Figura 197. Detalhe de uma parcela amostrada na EA1 (julho de 2024). 522
Figura 198. Vista geral da área amostrada na EA1 (Fazenda Serra do Veleda, agosto de 2024). 522
Figura 199. Detalhe de uma parcela amostrada na EA1 (agosto de 2024). 523
Figura 200. Vista geral da área amostrada na EA2 (Fazenda Três Lagoas, novembro de 2023). 523
Figura 201. Detalhe de uma parcela amostrada na EA2, com destaque para a elevada cobertura do solo por *Eragrostis plana* (novembro de 2023). 524
Figura 202. Vista geral da área amostrada na EA2 (Fazenda Três Lagoas, março de 2024). 524
Figura 203. Detalhe de uma parcela amostrada na EA2 (março de 2024). 525
Figura 204. Vista geral da área amostrada na EA2 (Fazenda Três Lagoas, julho de 2024). 525
Figura 205. Detalhe de uma parcela amostrada na EA2 (julho de 2024). 525
Figura 206. Vista geral da área amostrada na EA2 (Fazenda Três Lagoas, agosto de 2024). 526
Figura 207. Detalhe de uma parcela amostrada na EA2 (agosto de 2024). 526
Figura 208. Vista da EA3 (Fazenda Candiota, novembro de 2023), com uma comunidade subarbustiva/arbustiva à direita da área amostrada e um plantio de eucaliptos à esquerda. 527
Figura 209. Detalhe de uma parcela na EA3 (novembro de 2023), com muitas folhas de eucaliptos que são cultivados nas proximidades do local amostrado. 527
Figura 210. Vista da EA3 (Fazenda Candiota, março de 2024). 527

Figura 211. Detalhe de uma parcela na EA3 (março de 2024), com baixa cobertura verde do solo e muitas folhas de eucaliptos cultivados nas proximidades do local amostrado 528
Figura 212. Vista da EA3 (Fazenda Candiota, julho de 2024)..... 528
Figura 213. Detalhe de uma parcela na EA3 (julho de 2024). 528
Figura 214. Vista da EA3 (Fazenda Candiota, agosto de 2024), com uma comunidade subarbustiva/arbustiva à direita da área amostrada. 529
Figura 215**.** Detalhe de uma parcela na EA3 (agosto de 2024). 529
Figura 216. Vista geral da área amostrada na EA4 (Chácara Santa Clara, novembro de 2023)..... 530
Figura 217. Detalhe de uma parcela amostrada na EA4, com destaque para a alta cobertura do solo por *Eragrostis plana* (novembro de 2023). 530
Figura 218. Vista geral da área amostrada na EA4 (Chácara Santa Clara, março de 2024). 530
Figura 219. Detalhe de uma parcela amostrada na EA4 (março de 2024). 531
Figura 220. Vista geral da área amostrada na EA4 (Chácara Santa Clara, julho de 2024). 531
Figura 221. Detalhe de uma parcela amostrada na EA4 (julho de 2024)..... 531
Figura 222. Vista geral da área amostrada na EA4 (Chácara Santa Clara, agosto de 2024). 532
Figura 223. Detalhe de uma parcela amostrada na EA4 (agosto de 2024)..... 532
Figura 224. Vista geral da área amostrada na EA5 (Fazenda Santa Rita, novembro de 2023)..... 533
Figura 225. Detalhe de uma parcela amostrada na EA5 (agosto de 2023)..... 533
Figura 226. Vista geral da área amostrada na EA5 (Fazenda Santa Rita, março de 2024). 533
Figura 227. Detalhe de uma parcela amostrada na EA5 (março de 2024). 534
Figura 228. Vista geral da área amostrada na EA5 (Fazenda Santa Rita, julho de 2024). 534
Figura 229 - Detalhe de uma parcela amostrada na EA5 (julho de 2024), com alta cobertura por *Cenchrus clandesti* 535
Figura 230 - Vista geral da área amostrada na EA5 (Fazenda Santa Rita, agosto de 2024). 535

Figura 231. Detalhe de uma parcela amostrada na EA5 (agosto de 2024). 536
Figura 232**.** *Gallium* sp. (Rubiaceae) na EA1 (novembro de 2023). 536
Figura 233. *Melica eremophila* (Poaceae) na EA1, (novembro de 2023). 537
Figura 234. *Polygala senega* (Polygalaceae) na EA1, novembro de 2023. 537
Figura 235. *Borreria dasycephala* (Rubiaceae) na EA1, novembro de 2023. 538
Figura 236. *Crocanthemum brasiliensis* (Cistaceae) na EA1, novembro de 2023. 538
Figura 237. Flor de *Crocanthemum brasiliensis* (Cistaceae) na EA1, novembro de 2023. 539
Figura 238. *Elephatopus mollis* (Asteraceae) na EA1, julho de 2024..... 539
Figura 239. *Gamocaetha americana* (Asteraceae) na EA1, julho de 2024. 540
Figura 240. *Chapthalia excapa* (Asteraceae) na EA1, julho de 2024. 540
Figura 241. *Beauverdia* sp. (Amaryllidaceae) na EA1, agosto de 2024. 540
Figura 242. *Rumex obtusifolius* (Polygonaceae) na EA2, julho de 2024. 541
Figura 243. *Borreria dasycephala* (Rubiaceae) na EA2, julho de 2024. 541
Figura 244. *Eryngium horridum* (Apiaceae) na EA2, julho de 2024. 542
Figura 245. *Desmodium incanum* (Fabaceae) na EA3, novembro de 2023. 542
Figura 246. *Evolvulus sericeus* (Convolvulaceae) na EA3, novembro de 2023. 542
Figura 247. *Chaptalia piloselloides* (Asteraceae) na EA3, julho de 2024. 543
Figura 248. *Chaptalia arechavaletae* (Asteraceae) na EA3, novembro de 2023..... 543
Figura 249. *Chapthalia excapa* (Asteraceae) na EA3, julho de 2024. 543
Figura 250. *Dichondra sericea* (Convolvulaceae) na EA3, julho de 2024. 544
Figura 251. *Ophioglossum crotalophoroides* (Ophioglossaceae) na EA4, novembro de 2024. 544
Figura 252. Borreria dasycephala (Rubiaceae) na EA4, novembro de 2024. 545
Figura 253. *Chapthalia excapa* (Asteraceae) na EA4, novembro de 2024. 545
Figura 254. *Senecio madagascariensis* (Asteraceae) na EA4, novembro de 2024. ... 546
Figura 255. *Senecio madagascariensis* (Asteraceae) na EA5, novembro de 2024. 546
Figura 256. *Oxalis brasiliensis* (Oxalidaceae) na EA5, julho de 2024. 546
Figura 257. *Desmodium incanum* (Fabaceae) na EA5, julho de 2024. 547
Figura 258 - Número de espécies de aves registrado em cada estação amostral (EA) nas campanhas realizadas na primavera (1), verão (2), outono (3) e inverno (4). 558

Figura 259 - Número de espécies de aves registrado nas campanhas realizadas entre outubro de 2023 e setembro de 2024 nas cinco estações amostrais (EA) do monitoramento da Usina Termelétrica de Candiota, RS..... 559
Figura 260: Análise de agrupamento das EA (1 a 5) em função da abundância e composição da avifauna nas campanhas realizadas entre outubro de 2023 a setembro de 2024. 560
Figura 261 - Dendrograma (UPGMA) das cinco Estações amostrais descritas pelas espécies de anfíbios. Através da autoreamostragem (Bootstrap) **(*p* = 1)**. Áreas; 1= E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); 2=E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); 3=E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); 4=E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); 5=E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste). 573
Figura 262 - Dendrograma (UPGMA) das cinco Estações amostrais descritas pelas espécies de répteis. Através da autoreamostragem (Bootstrap) **(*p* = 1)**. Áreas; 1= E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); 2=E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); 3=E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); 4=E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); 5=E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste). 573
Figura 263 - Análise de correspondência baseada nos dois primeiros eixos classificando as áreas baseado na riqueza e abundância de anfíbios: Areas; Estação amostral 1: E.A.1, Estação amostral 2: E.A.2, Estação amostral 3: E.A.3, Estação amostral 4: E.A.4, Estação amostral 5: E.A5. Anfíbios; ***Bopu***: *Boana pulchella*, ***Demi***: *Dendropsophus minutus*, ***Psmi***: *Pseudis minutus*, ***Scfu*** *Scinax fuscovarius*, ***Lech****: Leptodactylus chaquensis*, ***Legr****: Leptodactylus gracilis*, ***Lela****: Leptodactylus latrans*, ***Lelaa****: Leptodactylus latinasus*, ***Lelu****: Leptodactylus luctator*, ***Phbi****: Physalaemus riograndensis*. ***Phri****: Physalaemus biligonigerus*, ***Elov****: Elachistocleis ovalis* e ***Lica***: *Lithobates catesbeianus*. 574
Figura 264 - Análise de correspondência baseada nos dois primeiros eixos classificando as áreas baseado na riqueza e abundância de anfíbios: Areas; Estação amostral 1: E.A.1, Estação amostral 2: E.A.2, Estação amostral 3: E.A.3, Estação amostral 4: E.A.4, Estação amostral 5: E.A5. Répteis; ***Amda***: *Amphisbaena darwini*, ***Erpo***: *Erytrolamprus poecilogyrus*, ***Chbi***: *Chironius bicarenatus*, ***Trdo*** *Trachemys dorbigni*, ***Same****: Salvator merianae*, ***Teoc****: Teius oculatus*, ***Boal****: Bothrops alternatus*. 575
Figura 265 - Número de espécies de anfíbios registradas em cada Estação amostral para cada campanha; E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2

(Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste)..... 575
Figura 266 - Número de espécies de répteis registrados em cada Estação amostral para cada campanha; E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste)..... 576
Figura 267 - Área de extração de carvão ao lado da unidade amostral Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas)..... 578
Figura 268 - Área de extração de carvão ao lado da unidade amostral Estação amostral 5 (Fazenda Santa Rita)..... 579
Figura 269 - Teores nas três herbáceas biomonitoras: (A) enxofre; (B) zinco..... 584
Figura 270 -Teores: (A) cádmio em *E. mollis*; (B) flúor em *P. notatum*. 585
Figura 271 - Teores de chumbo: (A) *E. mollis*; (B) *P. notatum*. 585
Figura 272 -Teores nos liquens: (A) enxofre; (B) chumbo; (C) zinco 586
Figura 273. Escala para determinação do índice de mosqueamento. 596
Figura 274. Quantificação de Flúor em pastagem (vegetação), segundo a Estação Amostral (EA) no período de monitoramento. 597
Figura 275. Quantidade de Flúor no solo, segundo a Estação Amostral (EA) no período de monitoramento. 598
Figura 276. Quantidade de sílica (mg/L) em pastagem, segundo as Estações de monitoramento (EA) no período de monitoramento 599
Figura 277. Quantidade de sílica em amostras de solo, segundo a estação de monitoramento (EA) no período de monitoramento. 599
Figura 278. Dentição média de ovinos, de acordo com a EA no período de monitoramento 600
Figura 279 - Frequência do tipo de desgaste dos dentes 601
Figura 280 - Ocorrência de patologias da cavidade oral 602
Figura 281 - Ocorrência de mosqueamento..... 603
Figura 282. Frequência do Índice de Mosqueamento (IM), segundo a Estação Amostral (EA) 604

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 47

2. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO AMBIENTE AQUÁTICO ... 48

2.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 48

2.2. REDE DE MONITORAMENTO AMBIENTAL PARA O AMBIENTE AQUÁTICO 50

2.3. MONITORAMENTO DA ÁGUA SUPERFICIAL 52

2.3.1. Metodologia 53

2.3.2. Coleta e Preservação das Amostras 54

2.3.3. Toxicidade das Águas Superficiais 56

2.3.4. Métodos Analíticos 57

2.3.5. Índice de parâmetros mínimos para a preservação da vida aquática (IPMCA) 57

2.3.6. Índice de Qualidade da Água 61

2.3.7. Resultados e Discussão 62

2.3.8. Índices de Qualidade das Águas – IQA 79

2.3.9. IPMCA 80

2.3.10. Resultados e Considerações para a Toxicidade das Águas Superficiais 82

Índice de toxicidade 84

Média do Índice de toxicidade por estação do ano 85

Índice de toxicidade do período de estudo 86

2.3.11. Análise matemática da qualidade das águas - cálculo e interpretação do RTR e ARTR 89

2.3.12. Considerações Finais 95

2.4. MONITORAMNETO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA 99

2.4.1. Introdução 99

2.4.2. Metodologia 104

Análise de Preservação dos Poços 104

Purga dos Poços 105

Coleta das Amostras 109

Variáveis Analisadas 112

Métodos Analíticos 112

Métodos Analíticos 114

2.4.3. Resultados e Discussão 117

Condições de Preservação dos Poços de Monitoramento 117

Condições Climáticas 121

Resultados Analíticos 128
Coliformes Termotolerantes 136
Condutividade Elétrica 138
Cor Verdadeira 141
DBO x DQO 142
Fósforo Total 146
Oxigênio Dissolvido 149
Óleos e Graxas 151
Fenóis Totais 153
pH 153
Turbidez 155
Metais Totais e Dissolvidos 158
Comparação dos Mapas de IQA Anual com Anos Anteriores 180
Resultados e Considerações para a Toxicidade das Águas Subterrâneas 185
Índice de Toxicidade 188
Média do Índice de Toxicidade por Estação do Ano 190
Índice de Toxicidade do Período de Estudo 192
2.4.4. Conclusões 194
2.5. MONITORAMENTO SEDIMENTOS 200
2.5.1. Métodos 202
2.5.2. RESULTADOS 209
Física dos Sedimentos Fluviais do Arroio Candiota 209
Química dos Sedimentos Fluviais do Arroio Candiota 220
Avaliação da Contaminação / Poluição 224
Índices de Contaminação/Poluição, Multi-índices 229
2.5.3. ÍNDICES INDIVIDUAIS 231
Índice de geoacumulação (Igeo) 231
Índice de Fator de Contaminação (CF) 236
Índice Fator de Enriquecimento (EF) 248
2.5.4. ÍNDICES INTEGRATIVOS 257
Indice de Carga de Poluição (PLI) 257
Indice de Grau de Contaminação (Cdeg) 260
Índice do Grau de Contaminação Modificado (mCdeg) 267
Índice de Nemerow (IN) 271
Índice de Risco Ecológico (PERI) 276
2.5.5. Estatísticas 281

Estatística Descritivas 281
Análise Multivariada 284
Análise de Cluster 284
Análise dos Componentes Principais (PCA) 287
2.5.6. RTR & ARTR 294
2.5.7. Conclusões e Considerações Finais 300
2.6. BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS 312
2.6.1. Fitoplâncton 312
Metodologia de Coleta, Preservação das Amostras e Análises 312
Resultados 313
2.6.2. Perifíton 328
Metodologia de Coleta, Preservação das Amostras e Análises 328
Resultados 329
2.6.3. Zooplâncton 338
Metodologia de coleta, preservação e de análise dos organismos do zooplâncton 338
Resultados e Discussão 340
Considerações finais 361
2.6.4. Macroinvertebrados bentônicos 363
Metodologia de coleta, preservação e de análise dos organismos 364
Resultados e Discussão. 367
Diversidade e Equabilidade 378
Índice Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera (EPT's) 381
Biological Monitoring Working Party - Indice BMWP 388
Conclusões 389
2.7. MONITORAMENTO DE ICTIOFAUNA 405
2.7.1. Introdução 405
2.7.2. Métodos 405
Pontos de Amostragem 405
Coleta, Preservação e Manuseio das Amostras 414
Índice de Qualidade (IQ) 415
Elementos Contaminantes 416
2.7.3. Resultados e Discussão 418
Índice de Qualidade (IQ) 418
Elementos Contaminantes 434
Arsênio (As) 436

Cádmio (Cd) 440
Chumbo (Pb) 444
Cobre (Cu) 448
Cromo (Cr) 452
Manganês (Mn) 456
Mercúrio (Hg) 460
Níquel (Ni) 464
Zinco (Zn) 468

3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO PARA O AMBIENTE TERRESTRE 474

3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 474
3.2. MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO 479
3.2.1. Introdução 479
3.2.2. Métodos 480
Amostragem 480
Levantamento florístico 488
Fitossociologia 488
3.2.3. Resultados e comentários 489
Composição florística 489
Análise fitossociológica 498
3.2.4. Índices de diversidade 503
3.2.5. Índice de similaridade 504
Considerações sobre as EAs 505
Clima regional: precipitação e riqueza de espécies 508
Espécies ameaçadas 509
Espécies exóticas e espécies exóticas invasoras 514
3.2.6. Qualidade ambiental das EAs 516
3.2.7. Conclusões 518
3.2.8. Considerações finais 519
3.2.9. Relatório fotográfico 520
Caracterização das Estações de Amostragem 520
3.2.10. Mapeamento da Cobertura Vegetal 548
Metodologia 548
Resultados 548
3.3. MONITORAMENTO DA AVIFAUNA 552
3.3.1. Introdução 552

3.3.2. Metodologia 552
3.3.3. Resultados 553
3.3.4. Considerações finais 561
3.4. MONITORAMENTO DA HERPETOFAUNA 569
3.4.1. Metodologia 569
Análise de dados 570
Resultados 570
Discussão 576
3.5. BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO AR- FLORA 582
3.5.1. Metodologia 582
3.5.2. Resultados 583
3.6. CONCLUSÃO 586
3.7. ANEXOS 588
3.8. MONITORAMENTO DA ATIVIDADE PECUÁRIA 593
3.8.1. Metodologia 593
3.8.2. Resultados e discussão: 596
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 604
5. ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA 617

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta os resultados das avaliações do período de primavera de 2023, verão, outono e inverno de 2024, do monitoramento ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, tendo como centro geográfico a Usina Termelétrica de Candiota, em Candiota, Rio Grande do Sul.

O monitoramento ambiental se constitui em um processo de coleta e análise de dados ambientais, buscando compreender e acompanhar as mudanças ao longo do tempo da área estudada. No caso, uma ferramenta importante para compreender as influências das atividades humanas, bem como para identificar tendências e padrões que podem informar e subsidiar a tomada de decisões, no contexto do processo de gestão ambiental, por parte da empresa proprietária da Usina Termelétrica de Candiota.

O principal objetivo do monitoramento ambiental é determinar o estado atual do meio: como a qualidade do ar, água, solo e biodiversidade circundante, a fim de compreender melhor as atuais circunstâncias ambientais. Esse monitoramento é realizado no ambiente aquático e terrestre.

2. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO AMBIENTE AQUÁTICO

O Programa de Monitoramento para o Ambiente Aquático: águas superficiais, águas subterrâneas, sedimentos e fauna e flora aquáticas fazem parte do conjunto de Planos Ambientais associados aos diversos compartimentos ambientais considerados frente a atividade monitorada. Esse relatório final apresenta os resultados compilados das coletas e análises realizadas no período de setembro de 2023 a dezembro de 2024.

O ambiente aquático tem uma rede de monitoramento comum para os compartimentos: Água Superficial, Sedimentos e Bioindicadores ambientais (Fitoplâncton, Perifíton, Zooplâncton, Macrofauna Bentônica e Ictiofauna).

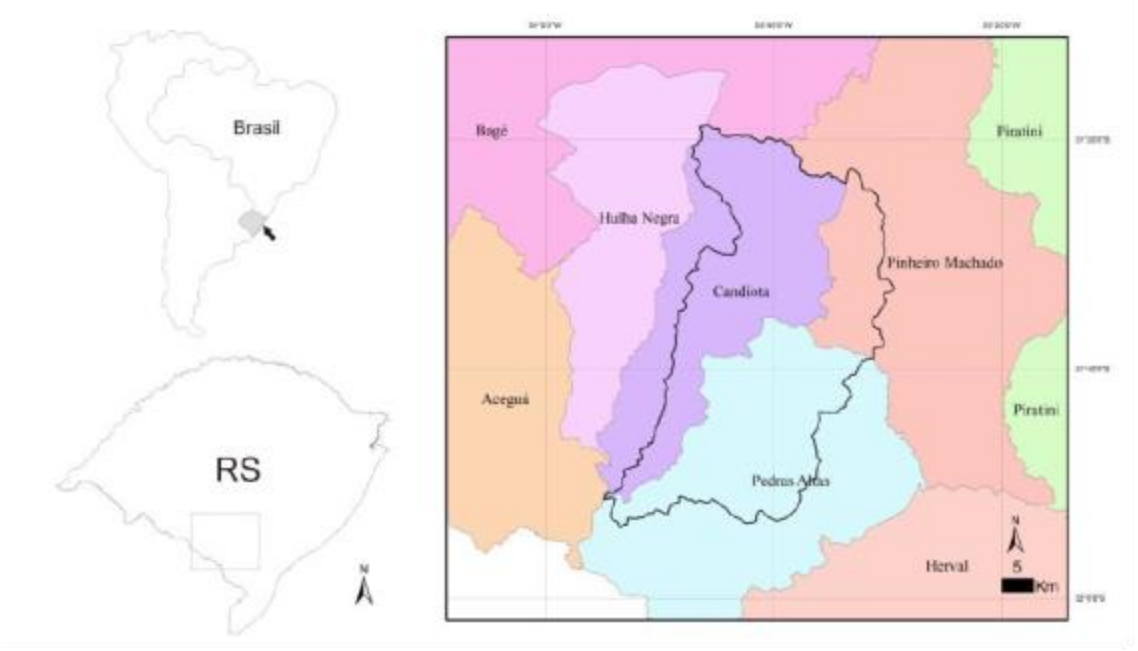
Para o ambiente terrestre, a rede de monitoramento, sempre que possível, é comum para os compartimentos: Fauna Local (Herpetofauna e Avifauna), Flora Local, Bioindicadores para a Qualidade do Ar e Solo com seu Estrato Vegetal para atividades pecuárias.

As estações amostrais e o monitoramento, para os diversos compartimentos, estão de acordo com o "PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA DE CANDIOTA, MUNICÍPIO DE CANDIOTA/RS", elaborado em agosto de 2006 por solicitação da CGTEE, e mais recentemente pelo termo de referência qual rege o contrato envolvendo o ano de 2023 e 2024, com intervalos de três meses.

2.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Arroio Candiota, situada entre as coordenadas geográficas 31º53'48.13" S; 53º54'54" W e 31º19'1.19" S; 53º29'1.69" W, abrange os municípios de Candiota, Pedras Altas e Pinheiro Machado. Na Figura 1, apresenta-se o mapa de situação da área, pertence a bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo, cujos principais usos da água se destinam a irrigação, abastecimento humano e dessedentação animal.

Figura 1 - Localização da área de estudos bacia hidrográfica do Arroio Candiota, modificado de Farias (2014).



O clima na região é do tipo Cfa (subtropical, com precipitações durante o ano inteiro, segundo a classificação de Köppen). A classificação do clima Cfa pode ser desmembrada. A letra “C” define climas mesotérmicos (temperatura média do mês mais frio inferior a 18 ºC e superior a -3ºC, ao menos um mês com média igual ou superior a 10ºC). A letra “f” se refere ao clima ser sempre úmido (mês menos chuvoso com precipitação superior a 60 mm). A letra “a” indica verões quentes (mês mais quente com média igual ou superior a 22ºC).

A pluviosidade média anual é 1122 mm e a chuva tende a ser bem distribuída ao longo no ano, porém nos meses de março e maio a quantidade de chuvas é menor enquanto nos meses de fevereiro, junho e novembro há picos de chuva, havendo pouca variação espacial na pluviometria da região.

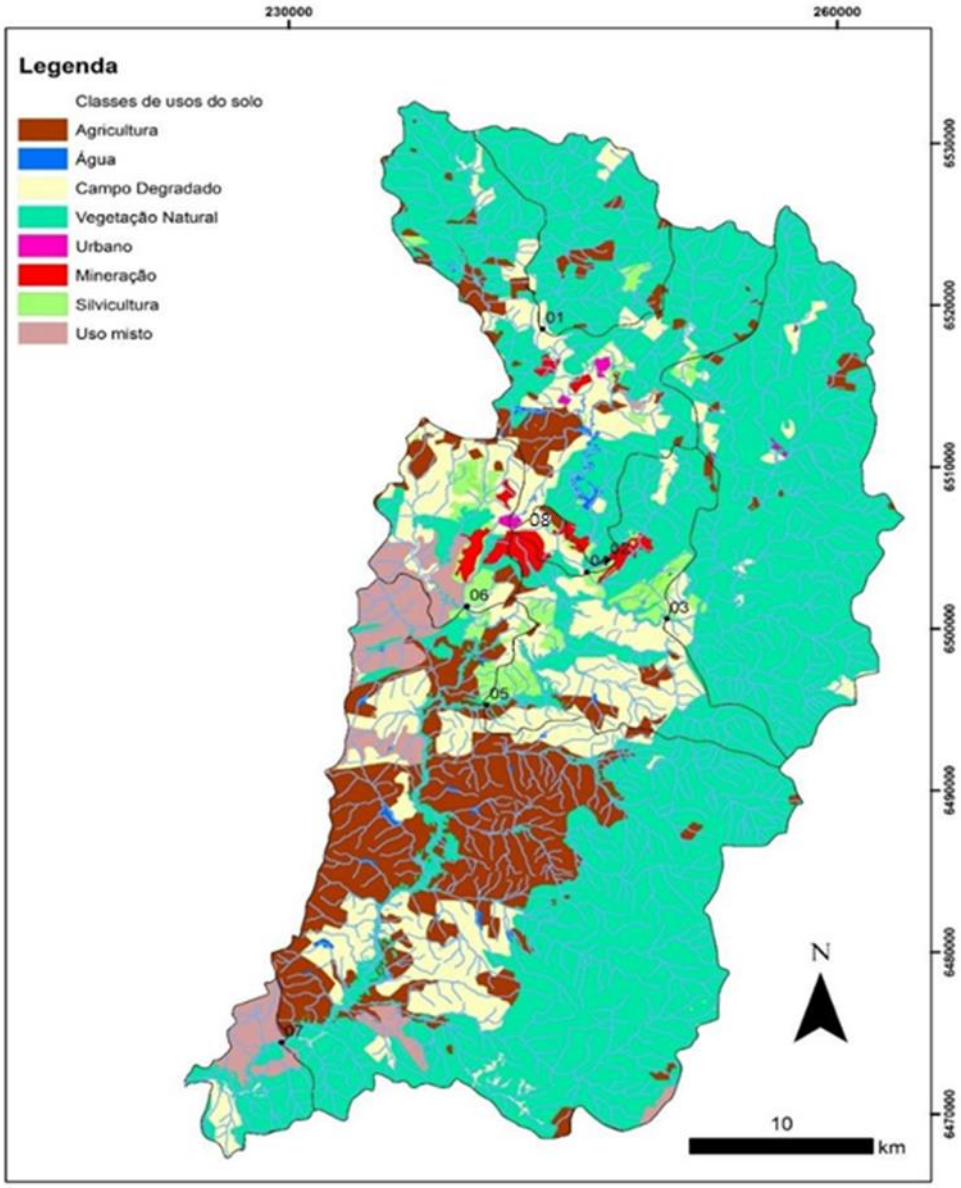
Essa descrição se baseia na média da pluviometria mensal, entre julho de 2005 e junho de 2013, de quatro estações meteorológicas. As estações Aeroporto (31°29'42.80"S, 53°41'38.00"O), Candiota (31°32'35.77"S, 53°42'55.87"O) e Aceguá (31°51'51.85"S, 54° 9'43.71"O) fazem parte da rede de monitoramento ambiental da Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica - Eletrobrás CGTEE. A Estação Bagé

(31º34’ 46.8” S; 54º01’19.8”O) compõe a malha de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

2.2. REDE DE MONITORAMENTO AMBIENTAL PARA O AMBIENTE AQUÁTICO

A localização das Estações Amostrais foi definida no PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL. A Figura 2 apresenta os pontos de monitoramento do ambiente aquático.

Figura 2 - Distribuição das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento, utilizando com fundo as classes de uso do solo, incluindo a estação 8 – no lançamento do efluente.



Abaixo, o Quadro 1 apresenta as estações amostrais e sua respectiva localização geográfica, além de características locais, identificadas nas amostragens em campo.

Quadro 1 - Localização das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Aquático

Estação Amostral	**Curso d´água**	**Descrição das Estações Amostrais**
P 1	Arroio Candiota	Estação à montante da BR 293, visando ser a estação amostral de referência Coordenadas UTM 22J 6518528 / 243952
P 2	Arroio Candiota	Estação à jusante da Barragem I, da Barragem Velha e de um Wetland que recebe o esgoto da vila, visando avaliar todas as atividades desenvolvidas à montante da contribuição dos efluentes hídricos da Usina. Coordenadas UTM 22J 6506688 / 246690
P 3	Arroio Candiotinha	Estação à montante do deságue no Arroio Candiota, visando avaliar as atividades das indústrias cimenteiras no corpo receptor, além do cultivo de eucalipto Coordenadas UTM 22J 6500592 / 250676
P 4	Arroio Candiota	Estação à jusante do deságue do esgoto da usina Arroio Candiotinha, visando avaliar as atividades desenvolvidas à jusante da contribuição dos efluentes hídricos da Usina Coordenadas UTM 22J 6503415 / 246365
P 5	Arroio Candiota	Estação à jusante do deságue do Arroio Candiotinha, visando avaliar as atividades da Usina no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6495108 / 240637
P 6	Arroio Poacá	Estação após contribuição da Sanga da Carvoeira, visando avaliar as atividades de mineração de carvão no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6501568 / 239615
P 7	Arroio Candiota	Estação após a foz do Arroio Poacá e à jusante de todas as fontes consideradas potencialmente geradoras de impactos ambientais Coordenadas UTM 22J 6474399 / 229614
P 8	Arroio Sem Nome	Estação amostral acrescentada por solicitação expressa em relato interpretativo do IBAMA – lançamento do efluente tratado da termelétrica Coordenadas UTM 22J 6505818,92 / 244627,54

2.3. MONITORAMENTO DA ÁGUA SUPERFICIAL

Responsabilidade técnica: Nelson Augusto Flores Machado - CREA Nº 48595

A água é a representação prática do que consiste no conceito de Saúde Única. Esse conceito defende a tese de que saúde humana, animal e ambiental são interligadas.[1] Portanto, a água seria o símbolo perfeito deste conceito, haja vista que é fundamental para a sobrevivência de todos os seres vivos, e está presente no desenvolvimento humano e atividades econômicas (SCHMITT, 2012). Dentre os diversos aspectos da água que se relacionam com o conceito de saúde única podemos citar: a água como veículo de transmissão de doenças; a acessibilidade a água como um instrumento de segregação socioeconômica; a sua quantidade no ambiente influenciando o equilíbrio de ecossistemas; matéria-prima de produtos industrializados e recurso para a execução de atividades econômicas.

Tendo em vista que a água é um dos principais recursos naturais disponíveis para a sociedade,[2] é importante compreender a dinâmica das águas, além de entender quais fatores interferem em sua qualidade e quantidade para que se possa planejar o seu uso.

O monitoramento da qualidade da água é um instrumento essencial para a gestão ambiental, uma vez que permite conhecer o comportamento da qualidade das águas de uma bacia hidrográfica no tempo e no espaço, permitindo que o diagnóstico possa indicar possíveis impactos dos diferentes usos do solo no seu entorno, compreendendo as respostas do ecossistema aquático aos impactos antrópicos na sua área de drenagem ou de influência.

Esse relatório final apresenta os resultados compilados relativos às coletas realizadas entre os meses de dezembro de 2023 e setembro de 2024, bem como a interpretação destes no monitoramento da água superficial da área de influência direta da Usina Termelétrica de Candiota.

---

1 DE SOUZA, D. A. *et al.* A importância da água dentro do conceito de saúde única: The importance of water within the one health concept. **Brazilian Journal of Health Review**, [*s. l.*], v. 5, n. 6, p. 24012–24029, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.34119/bjhrv5n6-172

2 COSTA, H. F. **Monitoramento da qualidade da água e do uso e cobertura da terra na bacia de contribuição da represa de São Pedro, Juiz de Fora (MG) no período de 2005 a 2015**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

2.3.1. Metodologia

As estações amostrais foram identificadas no Quadro 1. apresentado anteriormente. Os parâmetros analisados nas águas superficiais estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Parâmetros analisados nas Águas Superficiais

Condutividade Elétrica (µS.cm^{-1})
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})
Cor Aparente (U.C)
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O_2.L^{-1})
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})
Fósforo Total (mg P.L^{-1})
Nitrogênio Amoniacal (mg NH3-N.L^{-1})
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})
Arsênio Total (mg As.L-1)
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})
pH
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})
Sulfetos (mg.L^{-1})
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})
Temperatura (^{o}C)
Toxicidade Aguda e Crônica com *Selenastum capricornutum*
Toxicidade Aguda e Crônica com *Ceriodaphnia dubia*
Toxicidade Aguda e Crônica com *Pimephales promelas*
Turbidez (NUT)

2.3.2. Coleta e Preservação das Amostras

Os procedimentos de coleta apresentados foram baseados nas orientações da Norma NBR 9898/87 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.[3]

- A coleta foi realizada diretamente nos frascos de coleta, previamente lavados com HNO_3 0,1 M e três vezes com água deionizada;
- O frasco foi ambientado previamente com a água do ponto a ser amostrado;
- A amostra foi coletada mergulhando-se o frasco de coleta a aproximadamente 30 cm abaixo da superfície da água, com a boca voltada contra a corrente (coleta manual);
- Nos casos em que houve necessidade de coletar um grande volume de amostra para ser distribuída em vários frascos, foi empregado um recipiente de transposição, de material quimicamente inerte e garantida a homogeneidade das amostras nos diversos frascos.

O volume de amostra, tipo de frasco para armazenamento, preservação estão apresentados no Quadro 3 e os métodos analíticos estão descritos no Quadro 4

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT/NBR 9898: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – procedimento**. Rio de JaneiroAssociação Brasileira de Normas Técnicas, , 1987a.

Quadro 3 - Especificações técnicas para a preservação de amostras de água superficial

Parâmetro	Frasco	Volume Mínimo	Preservação
Condutividade	P, V	500 mL	Refrigerar a 4°C
Coliformes termotolerantes (*E. coli*)	V	Mais que 100 mL	Refrigerar a <10°C. Adicionar 0,3 mL para 120 mL de amostra de EDTA (372 mg/L).
Cor Aparente	V	300 mL	Refrigerar a 4°C
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5)	P, V	1000 mL	Refrigerar a 4°C
Fenóis totais	P, V	500 mL	H_2SO_4 conc. até pH<2. Refrigerar a 4°C
Fósforo Total	V	200 mL	H_2SO_4 conc. até pH<2. Refrigerar a 4°C
Nitrato	P, V	100 mL	Refrigerar a 4°C
Nitrogênio Amoniacal	P, V	1000 mL	Refrigerar a 4°C
Metais dissolvidos: Al, Fe, Cu	P, V	1000 mL	Refrigerar a 4°C e filtração em membrana de 0,45 µm
Metais totais: As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Zn	P,V	1000mL	HNO_3 conc. até pH<2. Refrigerar a 4°C
Metais totais: Hg	P, V	500 mL	2 mL sol. $K_2Cr_2O_7$ a 20% em sol. HNO_3 1:1. Refrigerar a 4°C
Oxigênio Dissolvido	-	-	Medir em campo.
pH	-	-	Medir em campo
Sólidos Dissolvidos Totais	P, V	1000 mL	Refrigerar a 4°C
Sulfetos	P, V	100 mL	Adicionar 4 gotas de acetato de zinco 2N/100 mL e NaOH até pH > 9. Refrigerar a 4 oC.
Surfactantes	P, V	250 mL	Refrigerar a 4°C
Temperatura	-	-	Medir em campo
Toxicidade crônica com *P. subcaptata*	P	5 L	Refrigeração por 48 horas e congelamento até 60 dias
Toxicidade crônica com *C. dubia*	P	5 L	Refrigeração por 48 horas e congelamento até 60 dias
Toxicidade crônica com *P. promelas*	P	20 L	Refrigeração por 48 horas e congelamento até 60 dias
Turbidez	P, V	200 mL	Refrigerar a 4°C e manter ao abrigo da luz
P= plástico, V=vidro			

Quadro 4 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de Água Superficial.

PARÂMETRO	MÉTODO	REFERÊNCIA
Condutividade	Condutometria	Standard Methods 22ed./2012 - 2510 B
Coliformes Termotolerantes	Substrato cromogênico	Standard Methods 22ed./2012 - 9223 B-2b
Cor aparente	Comparação visual	Standard Methods 22ed./2012 - 2120 B
Demanda Bioquimica de Oxigênio	Método Winkler	Standard Methods 22ed./2012 - 5210 B
Fenóis totais	Absorciometria	Standard Methods 22ed./2012 - 5530 B
Fósforo total	Absorciometria com ácido ascórbico	Standard Methods 22ed./2012 - 4500 P E
Nitrato	Cromatografia Iônica	EPA 9056 A / 2007
Nitrogênio amoniacal	Destilação e Nesslerização	Standard Methods 22ed./2012 - 4500 NH_3
Metais dissolvidos: Al, Fe, Cu	Espectrometria de Emissão atômica/Plasma	EPA 200.7/2001
Metais totais: As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Zn, Hg	Espectrometria de Emissão atômica/Plasma	EPA 200.7/2001
Óleos e graxas	Gravimetria-extração com soxhlet	Standard Methods 22ed./2012 - 5520 D
Oxigênio dissolvido	Método potenciométrico/oxímetro	Standard Methods 22ed./2012 - 4500 O
pH	Método potenciométrico/pHmetro	NBR 14339/1999
Sólidos dissolvidos totais	Gravimetria-secagem a 180 oC	Standard Methods 22ed./2012 - 2540 C
Sulfetos	Absorciometria-azul de metileno	Standard Methods 22ed./2012 - 4500 S^{-2} D
Surfactantes	Absorciometria-azul de metileno/MBAS	Standard Methods 22ed./2012 - 5540 C
Temperatura	Termometria	NBR 9898/87
Toxicidade Crônica com *Pimephales promelas*	Ensaios de Toxicidade aquática	ABNT NBR 15499/2022
Toxicidade Crônica com *Ceriodaphnia dubia*	Ensaios de Toxicidade aquática	ABNT NBR 13373:2022
Toxicidade Crônica com *Raphidocelis subcapta*	Ensaios de Toxicidade aquática	ABNT NBR 12648/2023

Os relatórios de Ensaio referentes a estas coletas estão em anexo, apresentando a metodologia e os limites de quantificação de cada método utilizado para todos os parâmetros.

2.3.3. Toxicidade das Águas Superficiais

Os parâmetros analisados, as condições de preservação e os prazos de encaminhamento ao laboratório analítico são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Parâmetros analisados, preservação e prazo de encaminhamento das amostras coletadas

Parâmetro	Frasco	Preservação	Prazo de Entrega
Toxicidade aguda e crônica	Container Plástico	Refrigeração inferior a 10ºC	<36h

2.3.4. Métodos Analíticos

As metodologias analíticas utilizadas para a avaliação da toxicidade das amostras de água superficial estão descritas no Quadro 6.

Quadro 6 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas superficiais.

PARÂMETRO	METODOLOGIA	REFERÊNCIA
Toxicidade crônica com o peixe *Pimephales promelas*	Ensaios de Toxicidade Crônica	ABNT NBR 15499/2022[4]
Toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*	Ensaios de Toxicidade Crônica	ABNT NBR 13373/2022[5]
Toxicidade crônica com a alga *Raphidocelis. subcaptata*	Ensaios de Toxicidade Crônica	ABNT NBR 12648/2023[6]

2.3.5. Índice de parâmetros mínimos para a preservação da vida aquática (IPMCA)

O IPMCA tem o objetivo de avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral. Leva em consideração a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos, seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e dois dos parâmetros considerados essenciais para a biota (pH e oxigênio dissolvido), CETESB, 2015.

O IPMCA é composto por dois grupos de parâmetros:

- grupo de substâncias tóxicas (cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes e fenóis). Neste grupo foram incluídos os parâmetros que identificam o nível de contaminação por substâncias potencialmente danosas às comunidades aquáticas.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT/NBR 15499: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica de curta duração - Método de ensaio com peixes**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, , 2022.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT/NBR 13373: Ecotoxicologia aquática — Toxicidade crônica — Método de ensaio com Ceriodaphnia spp (Crustacea, Cladocera)**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, , 2022.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT/NBR 12648: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas (Chlorophyceae)**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, , 2023.

- grupo de parâmetros essenciais (oxigênio dissolvido, pH e toxicidade).

Para cada parâmetro analisado foram estabelecidos três diferentes níveis, para os quais são feitas as ponderações numéricas de 1, 2 e 3. Esses diferentes níveis constam no Quadro 7, sendo que os de ponderação 1 correspondem aos padrões de qualidade de água, atualizados para a legislação CONAMA 357/2005[7]. Os níveis relativos às ponderações 2 e 3 foram obtidos das legislações americana (EPA) e francesa (CODE PERMANENT: ENVIRONMENT ET NUISANCES), as quais estabelecem limites máximos permissíveis de substâncias químicas, na água, para evitar efeitos crônicos e agudos à biota aquática, respectivamente.

Essas ponderações têm o seguinte significado:

- Ponderação 1: águas com características necessárias para manter a sobrevivência e a reprodução dos organismos aquáticos, retirados da CONAMA 357[8];
- Ponderação 2: águas com características necessárias para a sobrevivência dos organismos aquáticos, porém a reprodução pode ser afetada a longo prazo, obtidos da legislação americana e francesa;
- Ponderação 3: águas com características que podem comprometer a sobrevivência dos organismos, obtidos da legislação americana e francesa.

Em função dos níveis detectados nas amostras de água e suas respectivas ponderações, calcula-se o IPMCA da seguinte forma:

$$IPMCA = A \times B$$

Onde:

A = valor da maior ponderação do grupo de parâmetros essenciais;

B = Valor médio das três maiores ponderações do grupo de substâncias tóxicas. Este valor é um número inteiro e o critério de arredondamento deverá ser o seguinte: valores menores que 0,5 devem ser arredondados para baixo e valores maiores ou iguais a 0,5 devem ser arredondados para cima.

[7] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005.

[8] Ibid.

Utilizando essa metodologia, o valor do IPMCA pode variar de 1 a 9. Para efeito de classificação das águas, o IPMCA foi subdividido em quatro níveis, de acordo com o significado relativo às ponderações, conforme descritos abaixo:

IPMCA	Classificação da Água
1	Boa (Adequada)
2	Regular
3 e 5	Ruim
> = 5	Péssima

Quadro 7 - Parâmetros e ponderações utilizados para a determinação do IPMCA.

		Níveis	Ponderação
Parâmetros Essenciais	Oxigênio Dissolvido (mg.L^{-1})	> 5	1
		3 a 5	2
		< 3	3
	pH	6 a 9	1
		5 a 6 e 9 a 9.5	2
		< 5 e > 9.5	3
	Toxicidade	não tóxico	1
		Efeito crônico	2
		Efeito agudo	3
Substâncias Tóxicas	Cádmio Total (mg.L^{-1})	< 0.001	1
		0.001 a 0.005	2
		> 0.005	3
	Cromo Total (mg.L^{-1})	< 0.05	1
		0.05 a 1	2
		> 1	3
	Cobre Dissolvido (mg.L^{-1})	< 0.009	1
		0.009 a 0.5	2
		> 0.05	3
	Chumbo Total (mg.L^{-1})	< 0.01	1
		0.01 a 0.08	2
		> 0.08	3
	Mercúrio Total (mg.L^{-1})	< 0.0002	1
		0.0002 a 0.001	2
		> 0.001	3
	Níquel Total (mg.L^{-1})	< 0.025	1
		0.025 a 0.160	2
		> 0.160	3
	Fenóis Totais (mg.L^{-1})	< 0.003	1
		0.003 a 0.05	2
		> 0.05	3
	Surfactantes (mg.L^{-1})	< 0.5	1
		0.5 a 1	2
		> 1	3
	Zinco Total (mg.L^{-1})	< 0.18	1
		0.18 a 1	2
		> 1	3

2.3.6. Índice de Qualidade da Água

Para o cálculo do IQA, foi utilizado o método desenvolvido pela NSF (National Sanitation Foundation), modificado pelo COMITÊSINOS em 1990 para ser utilizado na Região Sul, que incorpora 8 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas tendo como determinante principal a utilização delas para abastecimento.

O IQA é determinado pelo produtório ponderado dos subíndices de qualidade correspondentes aos parâmetros constantes do Quadro 8, com seus respectivos pesos ponderais:

Quadro 8 - Parâmetros constantes do IQA

Parâmetro (qi)	**Peso Ponderal (wi)**
pH	0,13
Saturação do oxigênio	0,19
DBO5	0,11
Sólidos Totais	0,09
Fósforo Total	0,11
Nitrato	0,11
Turbidez	0,09
Coliformes termotolerantes	0,17

Modelo produtório para o cálculo do IQA:

$$IQA = \text{å } qi^{wi}$$

Onde:

wi = peso relativo do iésimo parâmetro

qi = qualidade relativa do iésimo parâmetro

i = número de ordem do parâmetro (1 a 8)

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas que, indicada pelo IQA, numa escala de 0 a 100, é classificada para abastecimento público, segundo a gradação do Quadro 9.

Quadro 9 - Faixas de Qualidade de água - CETESB

Resultado (IQA)	Faixas de Qualidade
80 -100	Ótima
52 - 79	Boa
37 - 51	Aceitável
20 - 36	Ruim
0 - 19	Péssima

2.3.7. Resultados e Discussão

O Quadro 10 até Quadro 13 apresentam os resultados analíticos para todo o período avaliado, obtidos para cada parâmetro físico, químico e microbiológico. Todos os resultados foram comparados com os Padrões de Qualidade para Águas Superficiais estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 de 2005. O Quadro 14 até Quadro 17 apresentam a classificação da qualidade das águas, definida pela Resolução CONAMA 357/2005. [9]

Metais como arsênio total, cádmio total, cobre dissolvido, chumbo total, cromo total e mercúrio total não foram detectados nas análises químicas realizadas com as amostras coletadas nas diferentes estações de coleta na bacia hidrográfica do arroio Candiota. Estes resultados se repetem a cada novo período de monitoramento e têm se mostrado assim no decorrer dos anos.

[9] Ibid.

Quadro 10 - Resultados analíticos das variáveis físicas, químicas e biológicas realizadas nas amostras coletadas em dezembro de 2023 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,259	0,15	0,305	0,169	0,235	1,31	0,459	0,247
Arsênio Total (mg As.L-1)	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500
Condutividade uS/cm à 25°C	42,3	82,6	67,3	69,8	79,7	380	122,2	392
Cor Aparente U.C	365	196	334	203	376	407	445	652
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O_2.L^{-1})	5,99	6,96	5,7	6,57	5,22	6,09	5,41	5,31
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	2400	71	1300	190	2400	91	2400	4300
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	1,4	0,88	0,758	0,932	0,666	1,1	0,712	0,28
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,108	0,11	0,0785	0,0785	0,107	0,118	0,21	0,146
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,197	0,0914	0,0481	0,107	0,1	0,539	0,0512	0,192
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	0,0196	< 0,00600	< 0,00600
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,951	0,883	< 0,5	0,877	1,04	1,09	1,6	< 0,5
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	100	72	100	70	50	128	118	234
Turbidez (ntu)	31,9	14,8	27,8	14,7	31,6	30,4	55,4	73,5
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,02	0,0308	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	0,0264	0,0636	0,0506
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	< 0,00100	< 0,00100	< 0,00100	< 0,00100	< 0,00100	0,002	0,007	< 0,00100
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	6,3	7,3	6,4	5,4	4,9	6,7	5,7	4,8
pH à 25ºC - Bancada	5	6,2	6,6	6,8	4,7	6,5	7,2	6,5
Sulfetos (mg.L^{-1})	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,04	< 0,005	0,04	0,05	0,005
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	< 0,40	0,55	0,41	0,25	0,6	< 0,20	1,03	0,64
Temperatura da amostra °C	23	25	24	24	25	24	25	23

Em dezembro de 2023, os dados pluviométricos, pesquisados no site do INMET, mostraram que ocorreu, no início do mês e nos dias que antecederam ao período das coletas, uma alta pluviosidade na estação automática de monitoramento, indicando maiores volumes de águas na região. A temperatura mínima foi de 28 ºC e a temperatura máxima 35 ºC, durante os trabalhos em campo. No momento das coletas, os arroios apresentaram-se com um alto volume de águas.

Diferente da primavera de 2022, nesta coleta os resultados mostraram maiores valores na grande maioria dos parâmetros analisados. Fósforo total representou bem essas diferenças, com valores maiores do que aqueles observados em 2022.

Um dos parâmetros relacionados à poluição orgânica como, por exemplo, a DBO_5, mostram os efeitos da alta pluviosidade na bacia do arroio Candiota. O aumento das taxas desse parâmetro indica que além dos esgotos presentes no sistema, também a lixiviação da matéria orgânica contribuiu para os resultados presentes. Também os teores de oxigênio dissolvido, principalmente das estações amostrais P4 em diante, foram influenciados pelo clima, com valores menores.

Coliformes termotolerantes também apresentaram maiores valores nesta coleta, com resultados que variaram entre 71 NPM.100 mL^{-1} na estação P2 a 4300 NPM.100 mL^{-1} na estação P8.

Também os surfactantes, que são utilizados para higiene e limpeza, estão presentes nos esgotos domésticos e industriais, nesta coleta, foram detectados com teores que variaram de < 0,020 a 1,03 nas estações P6 e P7, respectivamente.

Quanto aos metais, alumínio dissolvido e ferro dissolvido também apresentaram maiores valores, sendo a estação P6 com o maior valor (1,31 mg Al. L^{-1}) e a P1 com 1,4 mg Fe. L^{-1}.

Quadro 11 - Resultados analíticos das variáveis físicas, químicas e biológicas realizadas nas amostras coletadas em fevereiro de 2024 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,123	0,162	0,14	0,213	0,148	**2,16**	0,107	0,482
Arsênio Total (mg As.L-1)	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500
Condutividade uS/cm à 25°C	75,5	95	116,6	128,3	173,8	1461	242	636
Cor Aparente U.C	115	138	76,8	112	111	20,7	138	79,8
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O_2.L^{-1})	2,71	< 2,00	2,13	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	2,9
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	980	38	240	91	150	3	230	4,1
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,702	0,816	0,524	0,761	0,572	0,482	0,276	0,123
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,0775	0,0766	0,0839	0,113	0,0961	0,131	0,0654	0,643
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,162	0,11	0,0434	0,0901	0,17	**1,29**	0,299	0,102
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	**0,0328**	< 0,00600	< 0,00600
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,848	< 0,5	< 0,5	0,603	< 0,5	1,28	< 0,5	2,04
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	0,79	< 0,30	< 0,30
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	< 10	23,7	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	56	76	58	70	70	**872**	122	292
Turbidez (ntu)	11,6	11,1	5,31	8,6	7,35	3,72	18,5	4,98
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	0,0262	0,0709
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	< 0,00100	< 0,00100	< 0,00100	0,006	< 0,00100	< 0,00100	0,006	0,002
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	5,6	6,2	6,7	7,1	5,6	6,6	6,7	6,9
pH à 25ºC - Bancada	7,06	7,11	7,28	7,52	7,04	**4,18**	7,17	7,86
Sulfetos (mg.L^{-1} H_2S não dissociado)	0,02	0,0183	0,0141	< 0,001	0,02	**0,0751**	0,0191	< 0,001
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,40	< 0,20	< 0,20
Temperatura da amostra °C	28	29	29	26	29	27	31	30

Os dados pluviométricos para o mês de fevereiro de 2024, pesquisados no site do INMET, mostram que não ocorreu nenhuma precipitação desde o dia 21 de janeiro de 2024, nos 15 dias que antecederam as coletas, indicando menores volumes de águas na região. A temperatura mínima foi de 28 ºC e a temperatura máxima 37 ºC, durante os trabalhos em campo. No momento das coletas, os arroios apresentaram menores volumes de águas, quando comparado com o período anterior.

Os resultados mostraram maiores valores na grande maioria dos parâmetros analisados, comparando-se com o último verão. Fósforo total representa bem essas diferenças, com valores maiores do que aqueles observados em 2022. Além deste, também para a cor e para a condutividade elétrica da água os resultados foram bem maiores para este ano. Já para os coliformes termotolerantes os valores foram muito semelhantes nesta coleta, com resultados que variaram entre 4 NPM.100 mL^{-1} na estação P8 a 980 NPM.100 mL^{-1} na estação P1.

Quanto aos metais, alumínio dissolvido e ferro dissolvido também apresentaram maiores valores, sendo a estação P6 com o maior valor (2,16 mg Al. L^{-1}) e a P2 com 0,816 mg Fe. L^{-1}.

Quadro 12 - Resultados analíticos das variáveis físicas, químicas e biológicas realizadas nas amostras coletadas em junho de 2024 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,00908	0,175	0,354	0,126	0,158	**2,92**	0,171	0,0853
Arsênio Total (mg As.L-1)	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500
Condutividade uS/cm à 25°C	45,2	57,2	62,2	82,3	175,3	457	132,7	335
Cor Aparente U.C	89	149	120	143	130	< 10	160	24,6
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O_2.L^{-1})	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	260	57	250	2000	390	21	290	80
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,136	0,459	0,554	0,27	0,452	1,16	0,354	0,195
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,0403	0,0461	< 0,02	0,0357	0,0304	< 0,02	0,0626	0,0343
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,172	0,0377	0,0279	0,087	0,0552	**0,985**	0,0919	0,2
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	**0,0403**	< 0,00600	< 0,00600
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,847	0,893	0,629	0,68	0,55	0,928	< 0,5	0,509
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	32	44	44	116	78	**250**	68	150
Turbidez (ntu)	13,1	21,4	15,8	25,1	18,2	15	25,7	11,2
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,0157	0,0178	< 0,00600	0,0114	0,0117	0,0551	0,0248	0,0112
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	< 0,00100	0,002	0,014	0,003	0,018	< 0,00100	0,013	0,012
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	7,84	9,74	5,43	7,84	6,2	6,42	7,06	6,88
pH à 25ºC - Bancada	6,6	7,1	7,2	7,1	7,2	**4,2**	7	7,3
Sulfetos (mg.L^{-1} H_2S não dissociado)	0,014	0,00931	0,00792	0,00897	0,00797	**0,0188**	0,00515	0,0067
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	< 0,20	0,47	< 0,20	< 0,20	0,23	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Temperatura da amostra °C	18	16	18	18	17	18	16	18

Os dados pluviométricos pesquisados no site do INMET, mostraram que ocorreu uma baixa precipitação no mês de junho de 2024, porém, no mês anterior ocorreram altas precipitações pluviométricas, o que provocou enchentes em quase todos os municípios do Rio Grande do Sul, com muitas perdas de vidas e materiais. Este volume acumulado de chuvas aumentaram os níveis dos arroios que compõem a bacia do arroio Candiota. A temperatura mínima foi de 19 ºC e a temperatura máxima 25 ºC, durante os trabalhos em

campo. No momento das coletas, os arroios apresentaram altos volumes de águas, quando comparado com o período anterior.

Os resultados mostraram valores menores na grande maioria dos parâmetros analisados, comparando-se com o último outono. Os valores para a cor da água representam bem essas diferenças, com valores bem menores do que aqueles observados em 2023.

Além deste, também a cor e a condutividade elétrica da água os resultados foram bem menores para este ano. Também para os coliformes termotolerantes os valores foram muito menores nesta coleta, com resultados que variaram entre 57 NPM.100 mL^{-1} na estação P2 a 2000 NPM.100 mL^{-1} na estação P4.

Quanto aos metais, alumínio dissolvido e ferro dissolvido também apresentaram menores valores, sendo a estação P6 com o maior valor (2,92 mg Al. L^{-1}) e a P6 com 1,16 mg Fe. L^{-1}.

Já para fenóis totais, com exceção da estação amostral P1 e a P6, todas as demais apresentaram teores acima daqueles observados em maio de 2023. Também as concentrações de oxigênio dissolvido foram maiores neste junho de 2024.

Quadro 13 - Resultados analíticos das variáveis físicas, químicas e biológicas realizadas nas amostras coletadas em setembro de 2024 na bacia hidrográfica do Arroio Candiota.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,0399	0,0628	0,0831	0,0412	0,147	0,239	0,157	0,783
Arsênio Total (mg As.L-1)	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200	< 0,00200
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	< 0,00020	< 0,00020	< 0,005	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500	< 0,00500
Condutividade uS/cm à 25°C	43,4	65,9	57,7	99,6	83,5	275	138,2	929
Cor Aparente U.C	226	230	272	257	334	198	345	292
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O_2.L^{-1})	4,5	2,49	3,26	3,55	4,79	2,78	2,4	< 2,00
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	1000	130	1500	120	2400	610	1900	1
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,426	0,187	0,115	0,163	0,288	0,122	0,256	0,206
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	< 0,0500	0,313	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,0549	0,0374	0,0199	0,0396	0,0388	0,512	0,0563	0,116
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	0,0103	< 0,00600	< 0,00600
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,741	0,882	0,514	0,899	0,609	1,03	0,799	2,32
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	0,6
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	< 20	50	76	60	42	124	70	368
Turbidez (ntu)	18	19,4	27,5	17,7	28,8	19,7	36,8	23,1
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,00607	< 0,00600	< 0,00600	< 0,00600	0,0175	0,013	< 0,00600	0,0718
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	0,003	< 0,001	0,0023	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	10,6	8,05	7,95	9,78	8,34	8,34	6,61	8,05
pH à 25ºC - Bancada	6,52	6,69	6,97	6,55	6,37	6,12	6,76	3,41
Sulfetos (mg.L^{-1})	< 0,005	< 0,005	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	0,22	0,38	0,5	0,56	0,5	< 0,20	1,47	< 0,20
Temperatura da amostra °C	10	10	10	8	13	12	10	18

Os dados pluviométricos pesquisados no site do INMET, mostraram uma média precipitação para o mês de setembro de 2024. O volume acumulado de chuvas aumentou os níveis dos arroios que compõem a bacia do arroio Candiota. A temperatura mínima durante as coletas foi de 16 ºC e a temperatura máxima 24,6 ºC. No momento das coletas, os arroios apresentaram altos volumes de águas, exceto na estação P8.

Os resultados mostraram valores menores para alguns dos parâmetros analisados, comparando-se com o inverno do ano anterior. Exemplo disso são os valores para a cor da água e para a demanda bioquímica de oxigênio. Para os demais, uma diferença para mais foi observada para os teores de alumínio dissolvido, ferro dissolvido e para o fósforo total.

Também a condutividade elétrica da água apresentou menores resultados para este inverno, exceto na estação P6, assim como os coliformes termotolerantes cujos valores foram menores nesta coleta, com resultados que variaram entre 8,6 NPM.100 mL^{-1} na estação P6 a 920 NPM.100 mL^{-1} na estação P1.

Como já ressaltado anteriormente, o alumínio dissolvido e o ferro dissolvido apresentaram maiores valores, sendo a estação P7 com o maior valor (0,446 mg Al. L^{-1}) e a P6 com 1,05 mg Fe. L^{-1}.

Quadro 14 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em dezembro de 2023.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	3	1	3	1	3	1	3	4
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg $O_2.L^{-1}$)	3	3	3	3	3	3	3	3
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	3	1
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	1	4	1	1	1	3	4	3
Nitrogênio Amoniacal (mg $NH_3.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	1	1	1
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	4	3	4	3	3	4	4	4
Arsênio Total (mg As.L-1)	1	1	1	1	1	1	1	1
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cor Aparente U.C	3	3	3	3	3	3	3	3
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	3	3	3	3	3	3	3	1
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	3	1	1	1	1	3	1	3
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Oxigênio Dissolvido (mg $O_2.L^{-1}$)	1	1	1	2	3	1	2	3
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
pH	4	1	1	1	4	1	1	1
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Sulfetos (mg.L^{-1})	1	1	1	3	1	3	3	3
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	1	1	1	1	4	1	4	4
Turbidez	1	1	1	1	1	1	2	2
Classificação Geral	4	4	4	3	4	4	4	4

Quadro 15 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em fevereiro de 2024.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	2	1	2	1	1	1	2	1
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg $O_2.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	1	1	1
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	1	1	1	3	1	1	3	1
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	1	3	1	1	1	2	1	4
Nitrogênio Amoniacal (mg $NH_3.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	1	1	1
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	3	3	3	3	3	4	1	4
Arsênio Total (mg As.L-1)	1	1	1	1	1	1	1	1
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cor Aparente U.C	3	3	3	3	3	2	3	3
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	3	3	3	3	3	3	1	1
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	3	1	1	1	3	4	3	1
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	1	1	1	1	1	4	1	1
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Oxigênio Dissolvido (mg $O_2.L^{-1}$)	2	1	1	1	2	1	1	1
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	1	4	1	1	1	1	1	1
pH	1	1	1	1	1	4	1	1
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	1	1	1	1	1	4	1	1
Sulfetos (mg.L^{-1})	3	3	3	1	3	3	3	1
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Turbidez	1	1	1	1	1	1	1	1
Classificação Geral	**3**	**4**	**3**	**3**	**3**	**4**	**3**	**4**

Quadro 16 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em junho de 2024.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	2	1	2	3	2	1	2	1
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg $O_2.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	1	1	1
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	1	1	**4**	1	**4**	1	3	3
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	1	2	1	2	2	1	1	1
Nitrogênio Amoniacal (mg $NH_3.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	1	1	1
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	1	3	**4**	3	3	**4**	3	1
Arsênio Total (mg As.L-1)	1	1	1	1	1	1	1	1
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cor Aparente U.C	3	3	3	3	3	2	3	2
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	1	3	3	1	3	3	3	1
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	3	1	1	1	1	**4**	1	3
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	1	1	1	1	1	**4**	1	1
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Oxigênio Dissolvido (mg $O_2.L^{-1}$)	1	1	2	1	1	1	1	1
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
pH	1	1	1	1	1	**4**	1	1
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Sulfetos (mg.L^{-1})	3	3	3	3	3	3	3	3
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Turbidez	1	1	1	1	1	1	1	1
Classificação Geral	**3**	**3**	**4**	**3**	**4**	**4**	**3**	**3**

Quadro 17 - Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado no CONAMA 357/2005 em setembro de 2024.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg $O_2.L^{-1}$)	1	1	1	1	2	1	1	1
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	1	3	1	1	1	1	1	1
Nitrogênio Amoniacal (mg $NH_3.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	1	1	1
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	4	4	4	4	3	4	4	4
Arsênio Total (mg As.L-1)	1	1	1	1	1	1	1	1
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Cor Aparente U.C	3	3	3	3	3	3	3	3
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	3	3	3	3	3	3	3	1
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	3	1	1	1	1	4	1	3
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	1	1	1	1	1	4	1	1
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Oxigênio Dissolvido (mg $O_2.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	1	1	1
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
pH	1	1	1	1	1	4	1	1
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Sulfetos (mg.L^{-1})	3	3	3	3	3	3	3	3
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
Turbidez	1	1	1	1	1	1	1	1
Classificação Geral	4	4	4	4	3	4	4	4

Conforme mostram os resultados apresentados nas tabelas anteriores, as águas da bacia do arroio Candiota, nas estações amostrais analisadas neste período, não foram enquadradas como de classe 2, de acordo com a classificação para águas doces, proposta pelo CONAMA 357/2005.[10] Os parâmetros que não permitiram essa classificação foram: cor aparente, fósforo total, oxigênio dissolvido, pH, sulfetos, coliformes termotolerantes, DBO_5, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês total, níquel, óleos e graxas, fenóis, surfactantes e sólidos dissolvidos. Os primeiros parâmetros estão relacionados com a urbanização e seus esgotos domésticos, outros tantos com a agricultura, pecuária, além de outros usos, como por exemplo a mineração do carvão, a cimenteira.

Foram assim classificados os locais amostrais nos quatro períodos analisados:

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
dez/23	4	4	4	3	4	4	4	4
fev/24	3	4	3	3	3	4	3	4
jun/24	3	3	4	3	4	4	3	3
set/24	4	4	4	4	3	4	4	4

[10] Ibid.

Abaixo, as figuras seguintes mostram as variações destes parâmetros destacados anteriormente nas análises realizadas com as amostras coletadas no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.

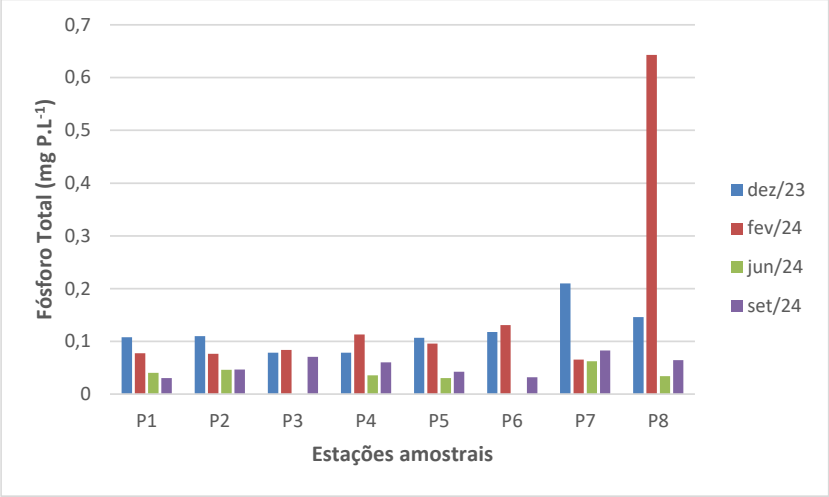
O fósforo é um nutriente cujo aumento de sua concentração no corpo hídrico, juntamente com o nitrogênio, influencia a produtividade e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos. Pode ocorrer de forma natural ou de forma artificial. Naturalmente, acontece de maneira lenta e contínua, devido a contribuição de nutrientes carreados pela ação das chuvas e das águas superficiais e, artificialmente, acontece através da intervenção antrópica, onde os nutrientes podem ter diversas origens, como por exemplo, efluentes domésticos e industriais, práticas agrícolas, entre outras.[11]

Na bacia hidrográfica do arroio Candiota, como mostra a Figura 3 abaixo, a estação P8 foi a que apresentou a pior qualidade, com classificação 4, conforme o CONAMA 357/2005,[12] em fevereiro de 2024, com uma concentração de fósforo total de 0,634 $mg.L^{-1}$. A P8 é a estação amostral que recebe o efluente final líquido da estação de tratamento de esgotos da Usina Termelétrica de Candiota.

Os meses de pior qualidade foram dezembro de 2023 para nas estações amostrais P2, P6, P7 e P8, fevereiro de 2024, para a P8 e setembro de 2024 para a P2. A P2 recebe a contribuição das barragens e do banhado onde é despejado o esgoto da vila, que no período chuvoso, drena seu conteúdo para o sistema. Os demais locais recebem diversas contribuições, além da pecuária, agricultura e outros usos do solo.

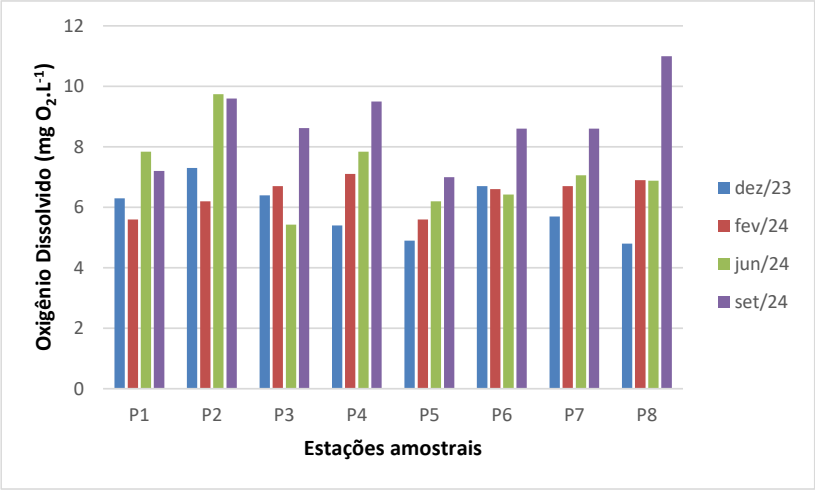
[11] ESTEVES, F. de A.; PEREIRA, F. M. Eutrofização Artificial. *Em*: ESTEVES, F. de A. (org.). **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011. p. 625–655.
[12] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005.

Figura 3 - Variação do fósforo total nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.



Já em dezembro de 2023, os teores do oxigênio dissolvido que classificou as estações P5 e P8 como classe 3, pode estar relacionado ao aumento da pluviosidade e com os altos volumes de água nos arroios do sistema, carreando substâncias orgânicas para o sistema, além do aumento na temperatura influenciando o metabolismo do ecossistema.

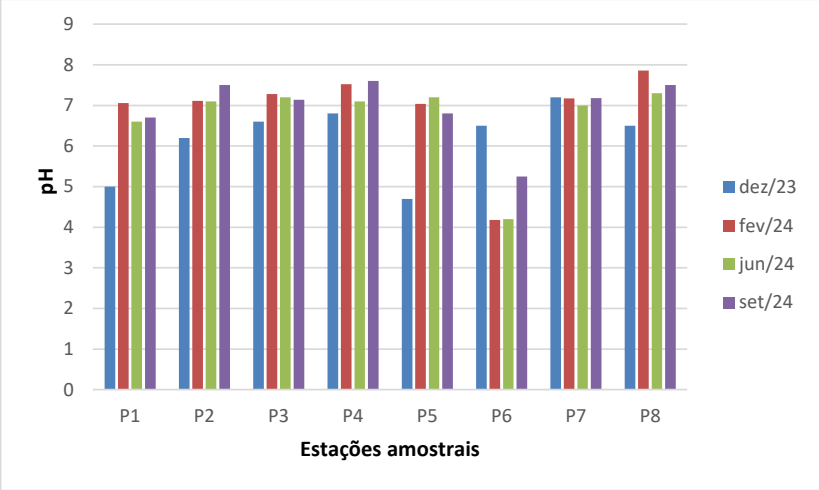
Figura 4 - Variação do oxigênio dissolvido nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.



Os valores de pH ácido foram observados nas estações amostrais P1 e P5 (dezembro de 2023 – classe 4) e P6 (fevereiro, junho e setembro de 2024 – classe 4). Streck et al. (2000) observaram, na Bacia do Arroio Candiota, RS, que, quando a contribuição de efluentes, ocorre de maneira diversificada, como efluentes domésticos e de outras fontes industriais, além da mineração de carvão, o pH, principalmente, pode ser neutralizado, ou então, torna-se mais básico, com valores de aproximadamente 8,0, o que

se observa nas demais estações amostrais, com pH próximo da neutralidade, exceto em P6.

Figura 5 - Variação do pH nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.

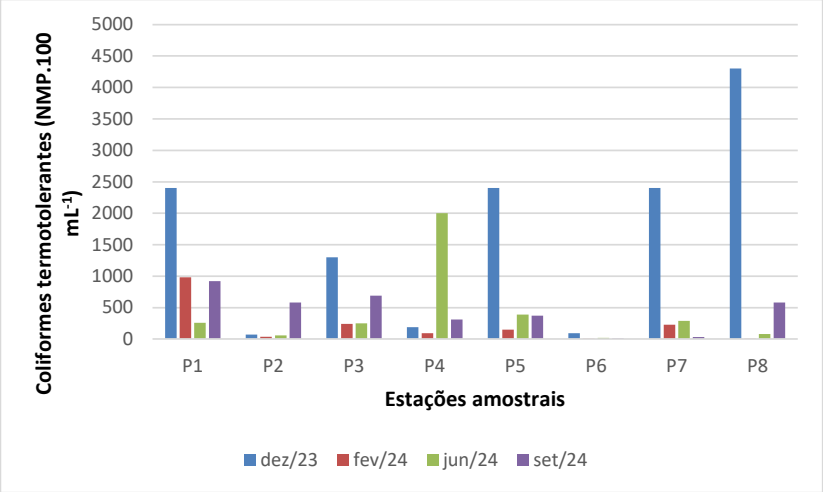


Os coliformes termotolerantes estão presentes nas águas provenientes de fezes humanas e de animais de sangue quente. Sua presença, por si só, não representa risco para a saúde humana, porém indica a possibilidade da presença de outros patógenos que têm a mesma origem e podem ser causadores de problemas à saúde.

Como se observa na Figura 6 abaixo, dezembro de 2023 foi o mês de mais altos valores, sendo a P8 com o maior deles, seguido das estações P1, P5, P7 classificadas como classe 3 ou 4.

O aumento das chuvas em dezembro de 2023 pode ter influenciado estes valores, uma vez que os esgotos podem ser carreados para os corpos hídricos. Já demanda bioquímica de oxigênio classificou apenas a estação P6 como de classe 3 em maio de 2023.

Figura 6 - Variação de coliformes termotolerantes nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.



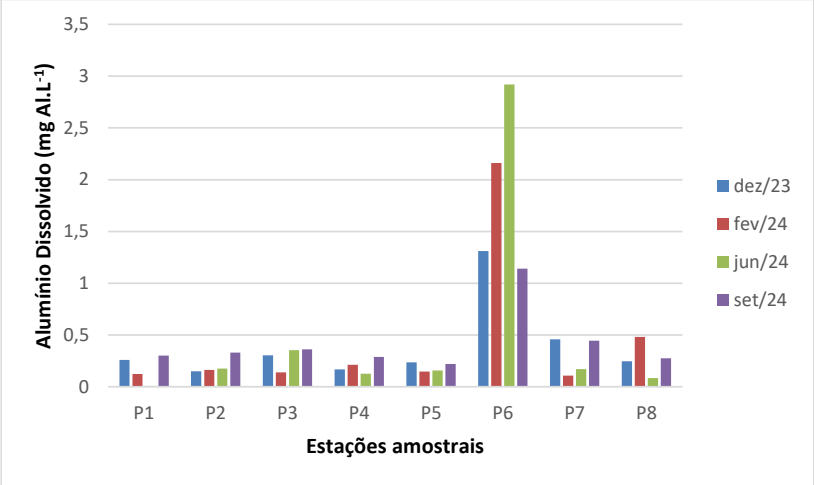
Também em dezembro de 2023, a DBO_5 classificou P1, P3, P5, P7 como de classe 3 e o P8 como de classe 4.

O alumínio também foi importante na caracterização limnológica do sistema e aparece sempre em altas concentrações. Este é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre (SANTOS, 2003). Ele não ocorre naturalmente na forma elementar, metálica, porém é amplamente distribuído na crosta terrestre combinado com o oxigênio, flúor, silício e outros constituintes. A ocorrência deste metal se dá na forma de silicatos como o feldspato e a mica, complexados com sódio e fluoreto como a criolita e pedra de baixita, a qual é composta por óxidos de alumínio hidratado, hidróxidos de alumínio e impurezas como sílica livre. Em geral, a redução do pH como resultado da chuva ácida ou da liberação de ácidos minerais, aumenta a mobilidade de formas monoméricas de alumínio.

Ainda, de acordo com essa autora acima citada, o alumínio dissolvido pode ocorrer em sistemas subterrâneos ou superficiais. A sua solubilidade, em equilíbrio com a fase sólida $Al(OH)_3$ é altamente dependente do pH. O complexo aquoso $Al(H_2O)_6^{3+}$ predomina em pH baixo (4,0). Isto explica os altos teores deste metal principalmente na estação amostral P6 em todos os meses amostrados.

O alumínio dissolvido classificou todas as estações amostrais como classe 3 ou 4 em dezembro de 2023 e em fevereiro de 2024, exceto em P7. Em junho de 2024 todas as estações amostrais foram classificadas como classe 3 ou 4, exceto P1 e P8. E em setembro de 2024 P5 foi classificada como de classe 3 e todas as demais como classe 4, como apresenta a Figura 7 abaixo.

Figura 7 - Variação do alumínio dissolvido nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.

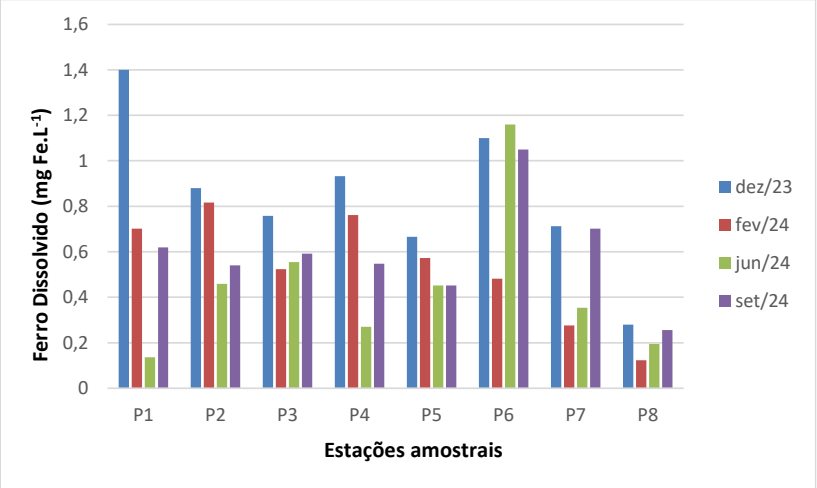


Conforme Esteves (1998), o Fe e o Mn são essenciais aos seres vivos; nas águas continentais as principais fontes destes elementos são o intemperismo de rochas e a erosão de solos ricos nestes, bem como fontes de origem antrópica. Pode ocorrer o efeito acumulativo e consequentemente o aumento da concentração do elemento, gerando um quadro de toxicidade no meio. Como elemento essencial, Allen considera a faixa de variação em água doce, 50 a 1000 µg L-1 de Ferro dissolvido, e em águas naturais que recebem descargas de drenagem ácida apresentam, geralmente, concentração elevada de ferro dissolvido (100000 a 1000000 µg L-1).[13]

Em Candiota, em dezembro de 2023, todas estações amostrais foram classificadas como de classe 3 para o ferro dissolvido, exceto a estação P8. Em fevereiro de 2024, novamente P8 e agora P7 foram a exceção sendo as demais classificadas como classe 3. Em junho de 2024, todos os pontos foram classificados como de classe 3, exceto P1, P4 e P8 e em setembro de 2024, somente P8 foi a exceção, conforme mostra a Figura 8, abaixo.

[13] Apud ROHDE, G. M. **Geoquímica Ambiental e Estudos de Impacto**. 3. ed. São Paulo: Signus, 2008.

Figura 8 - Variação do ferro dissolvido nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024

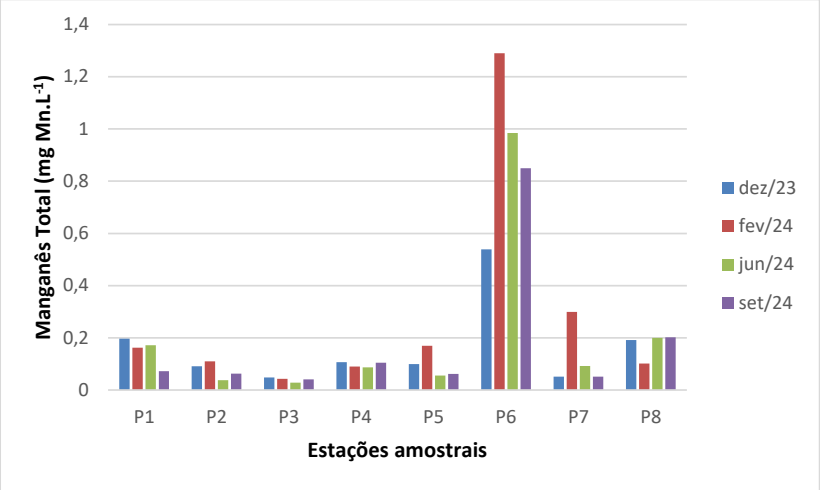


O manganês é um metal que ocorre naturalmente em diversos tipos de rochas. Não ocorre no ambiente como metal puro e sim combinado com outras substâncias como oxigênio, enxofre e cloro. Algumas partículas do material sólido podem se apresentar em suspensão no ar e alguns compostos podem se dissolver na água ou, ainda, baixos níveis destes compostos se encontram normalmente presentes em lagos, oceanos e rios.

De acordo com MARTINS (2003), alguns compostos são usados na fabricação de baterias, em suplementos alimentares, como ingredientes de cerâmicas, praguicidas e fertilizantes.

Em Candiota, o manganês total classificou em dezembro de 2023 as estações amostrais P1, P6 e P8 como classe 3. O mesmo ocorreu em fevereiro de 2024, sendo P1, P5, P6 e P7. Em junho e em setembro de 2024, P1, P6 e P8. P6 foi a estação amostral com os mais altos valores de manganês nos 4 meses analisados.

Figura 9 - Variação do manganês total nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.



O níquel total foi detectado apenas na estação P6 em fevereiro, junho e setembro de 2024, classificando-a como classe 4.

Óleos e graxas foram detectados apenas na estação amostral P2, em fevereiro de 2024, tendo sido classificada como de classe 4, conforme o CONAMA 357/2005.

Fenóis totais foram detectados apenas na estação amostral P7 em dezembro de 2023 (0,007 mg. L^{-1}), classe 3, conforme a classificação do CONAMA 357/2005 para as águas doces, depois em fevereiro nas estações P4 e P7, novamente. Em junho de 2024 ocorreu nas estações P3, P5, P7 e P8. A fonte específica dos fenóis na natureza é o alcatrão da hulha, um tipo de carvão que possui alta concentração de carbono. Fenóis são compostos orgânicos, tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos e aos microrganismos que tomam parte dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais.

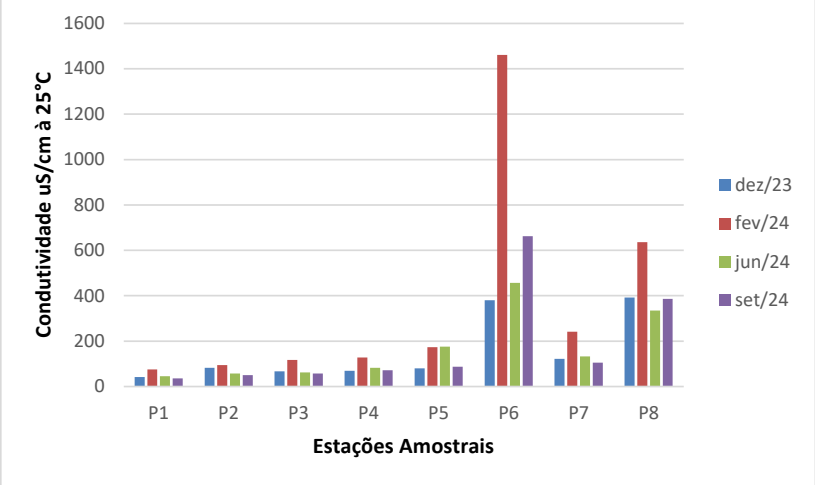
Surfactantes tensoativos são encontrados em detergentes e podem provocar o surgimento de espumas em ecossistemas aquáticos que recebem efluentes domésticos. Como principal efeito, podem prejudicar a flutuação de plantas aquáticas e animais nas superfícies de rios e lagos e provocar toxicidade da água, mortalidade dos peixes, além de reações alérgicas ao contato humano. Em Candiota, surfactantes foram detectados somente em dezembro de 2023, nas estações amostrais P5, P7 e P8.

Sólidos dissolvidos classificaram apenas o ponto P6 como de classe 4 em fevereiro de 2024.

Sulfetos são frequentemente encontrados em rejeitos de mineração e foram responsáveis pela classe 3 nas estações P4, P6, P7 e P8 em dezembro de 2023, em fevereiro de 2024, nas estações P1, P2, P3, P5, P6 e P7, e em junho e setembro de 2024 em todas elas. Além do oxigênio, a oxidação da pirita pode se dar pela presença do íon férrico ($Fe3^{+}$) em solução.

Outros parâmetros, além daqueles específicos para o enquadramento dos recursos hídricos estabelecidos pelo CONAMA 357/2005, como a condutividade elétrica da água (figura 10), apresentaram valores maiores novamente em todas as amostragens na estação P6, como já observado nos períodos de monitoramento anteriores. Já na estação P8, que representa o efluente final líquido na usina no sistema, os valores também foram elevados, porém não influenciaram as estações amostrais em sequência no corpo hídrico, uma vez que P5 e P7 apresentaram valores menores.

Figura 10 - Variação da condutividade elétrica da água nos locais amostrados na bacia hidrográfica do arroio Candiota no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024



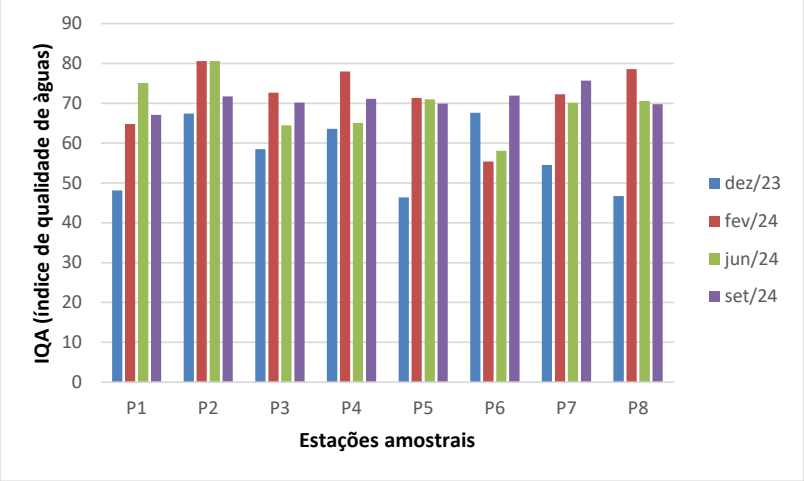
2.3.8. Índices de Qualidade das Águas – IQA

Para o cálculo do IQA, foi utilizado o método desenvolvido pela NSF (National Sanitation Foundation), modificado pelo COMITÊSINOS em 1990 para ser utilizado na Região Sul, que incorpora 8 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento (pH, saturação de oxigênio, Demanda bioquímica de oxigênio, Sólidos Totais, Fósforo Total, Nitrato, Turbidez e Coliformes Termotolerantes). Abaixo as faixas de qualidade baseadas naquelas utilizadas pela CETESB.

Resultado (IQA)	Faixas de Qualidade
80 – 100	Ótima
52 - 79	Boa
37 – 51	Aceitável
20 – 36	Ruim
0 – 19	Péssima

Os resultados foram compilados para o Índice de Qualidade de Água (IQA), e apresentados na figura 11, abaixo. Nota-se que dezembro de 2023 foi o mês de pior qualidade, mostrando os pontos P1, P6 e P8 como de qualidade aceitável. Os demais locais e meses foram classificados como de boa qualidade.

Figura 11 - Valores registrados do IQA (Índice de Qualidade de Água) para o período de dezembro de 2023 a setembro de 2024 no sistema.



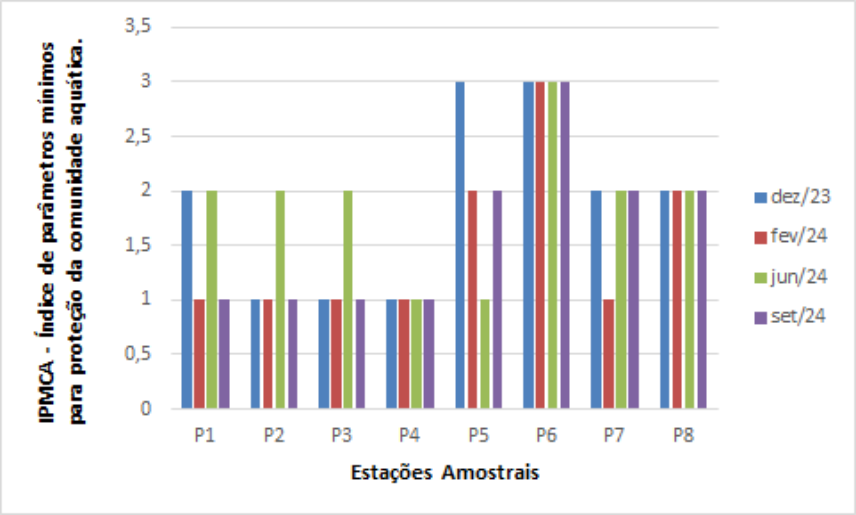
2.3.9. IPMCA

O IPMCA tem o objetivo de avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral. Leva em consideração a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos (Cádmio total, Cromo total, Cobre dissolvido, Chumbo total, Mercúrio total, Níquel total, Fenóis totais, Surfactantes e Zinco), seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e dois dos parâmetros considerados essenciais para a biota (pH e oxigênio dissolvido), CETESB, 2015.

IPMCA	Classificação da água
1	Boa (adequada)
2	Regular
3 e 4	Ruim
> = 5	Péssima (Inadequada)

Os resultados apresentados na figura 12 foram compilados dos quatro trimestres avaliados.

Figura 12 - Valores registrados do IPMCA (Índice de Parâmetros Mínimos para a Proteção das comunidades aquáticas) para o período de dezembro de 2023 a setembro de 2024 no sistema



Legenda: (1) Boa – adequada; (2) Regular; (3 e 4) Ruim; (≥5) Péssima - inadequada.

Note-se que a estação P6 foi classificada como de qualidade ruim em todos os meses, por apresentar, por vezes, toxicidade aguda ou crônica e pelo pH ácido, que normalmente se observa neste local. Em dezembro, esta baixa qualidade esteve relacionada com baixos teores de O_2 e pH ácido em P1 e P5. Já em junho de 2024, P1, P2, P3, P7 e P8 classificaram como de qualidade regular, por apresentarem toxicidade crônica. A estação amostral P8 apresentou qualidade regular em todos os meses analisados, em fevereiro, junho e setembro por apresentar toxicidade crônica. Já a estação P4, que está localizada a jusante da estação P8, apresentou nos quatro períodos uma qualidade boa para o IPMCA.

2.3.10. Resultados e Considerações para a Toxicidade das Águas Superficiais

Ensaios de toxicidade qualitativos (que avaliam apenas ocorrência ou não de toxicidade) para organismos-teste de três diferentes níveis tróficos foram realizados com as amostras de água superficiais coletadas nos meses de dezembro de 2023, fevereiro, junho e setembro de 2024 nas oito Estações Amostrais (EA) pré-determinadas na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota, RS. Os métodos utilizados para as avaliações da toxicidade estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas superficiais coletadas na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS.

PARÂMETRO	METODOLOGIA
Toxicidade crônica com o peixe *Pimephales promelas*	ABNT NBR 15499/2022[14]
Toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*	ABNT NBR 13373/2022[15]
Toxicidade crônica com a alga *Raphidocelis subcaptata*	ABNT NBR 12648/2023[16]

Os resultados dos ensaios de toxicidade realizados com as amostras de águas superficiais coletadas nas campanhas de dezembro/2023 a setembro/2024 são apresentados no Quadro 18.

Com o objetivo de interpretar de forma mais detalhada a qualidade ambiental da área monitorada, foi desenvolvido um índice de toxicidade baseado nos resultados qualitativos dos ensaios ecotoxicológicos. Este índice atribui pesos aos efeitos tóxicos observados nas amostras de águas superficiais, conforme o grau de toxicidade identificado (Tabela 2). A escala utilizada varia de 0 (melhor cenário possível, com

[14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022.
[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017.
[16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2023.

ausência total de toxicidade) a 9 (pior cenário possível, com toxicidade aguda observada em organismos-teste de três níveis tróficos).

Essa abordagem permite quantificar os resultados ecotoxicológicos e acompanhar as variações de toxicidade ao longo do tempo, fornecendo uma visão integrada da qualidade ambiental. O índice foi aplicado à área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, permitindo identificar tendências e padrões temporais em uma escala uniforme.

Quadro 18 - Resultados dos ensaios de toxicidade realizados com organismos-testes de três diferentes níveis tróficos quando expostos as amostras de águas superficiais coletadas na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS no período de dezembro/2023 a setembro/2024

Estação Amostral	***Primavera - Dezembro/2023***		
	Peixes	**Crustáceos**	**Algas**
EA 1	NE	NE	NE
EA 2	NE	NE	NE
EA 3	NE	NE	NE
EA 4	NE	NE	NE
EA 5	NE	NE	NE
EA 6	**TA**	NE	NE
EA 7	NE	NE	NE
EA 8	NE	NE	**TC**

Estação Amostral	***Verão - Fevereiro/2024***		
	Peixes	**Crustáceos**	**Algas**
EA 1	NE	NE	NE
EA 2	NE	NE	NE
EA 3	NE	NE	NE
EA 4	NE	NE	NE
EA 5	**TC**	NE	NE
EA 6	**TA**	**TA**	NE
EA 7	NE	NE	NE
EA 8	NE	NE	**TC**

Estação Amostral	***Outono - Junho/2024***		
	Peixes	**Crustáceos**	**Algas**
EA 1	NE	NE	**TC**
EA 2	**TC**	NE	NE
EA 3	NE	NE	**TC**
EA 4	NE	NE	NE
EA 5	NE	NE	NE
EA 6	**TA**	**TA**	**TC**
EA 7	**TC**	NE	**TC**
EA 8	NE	NE	**TC**

Estação Amostral	***Inverno - Setembro/2024***		
	Peixes	**Crustáceos**	**Algas**
EA 1	NE	NE	NE
EA 2	NE	NE	NE
EA 3	NE	NE	NE
EA 4	NE	NE	NE
EA 5	NE	NE	**TC**
EA 6	**TA**	NE	**TC**
EA 7	NE	NE	**TC**
EA 8	NE	NE	**TC**

EA = Estação Amostral; NE = Nenhum Efeito; TC = Toxicidade Crônica; TA = Toxicidade Aguda

Tabela 2 - Pesos atribuídos aos efeitos ecotoxicológicos para a definição do índice de toxicidade aplicado nas avaliações da toxicidade das amostras de águas superficiais.

EFEITO OBSERVADO	PESO ATRIBUÍDO
Ocorrência de toxicidade aguda	3 (para cada nível trófico)
Ocorrência de toxicidade crônica	2 (para cada nível trófico)

Assim, a partir da aplicação do índice de toxicidade, para cada Estação Amostral é apresentado: (a) média do índice de toxicidade observada no período de 2016 a 2024; (b) média do índice de toxicidade em função das estações do ano e, (c) o índice de toxicidade a cada campanha, considerando todo o período de estudo, destacando as campanhas do último ano do projeto (2023 a 2024).

Além de permitir uma visão geral da qualidade de cada estação amostral em relação ao parâmetro toxicidade para todo o período de monitoramento (2016 a 2024), o índice de toxicidade foi utilizado para caracterizar as estações amostrais nas campanhas realizadas de dezembro/2023 a setembro/2024.

Índice de toxicidade

O índice de toxicidade proposto tem como objetivo quantificar os efeitos ecotoxicológicos registrados em cada estação amostral, abrangendo o período de estudo de 2016 a 2024. A intensidade desse índice (valor) sofre influência não apenas o tipo de toxicidade observada (aguda ou crônica), mas também da frequência com que os efeitos tóxicos ocorreram ao longo do período avaliado. Assim, períodos com ausência de toxicidade diluem o valor do índice ao longo do tempo.

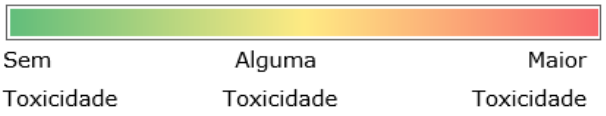
As médias calculadas para as amostras de águas superficiais coletadas entre 2016 e 2024 estão apresentadas no Quadro 2. Entre as estações amostrais, a EA 6 se destaca com a maior média do índice de toxicidade e a maior frequência ocorrência de amostras com resultados tóxicos, tanto no período histórico quanto nas últimas 4 campanhas realizadas. Localizada no Arroio Poacá, após a contribuição da Sanga da Carvoeira, esta estação evidencia, por sua posição geográfica, a influência das atividades de mineração de carvão sobre o corpo receptor.

Por outro lado, as estações EA 1, EA 2 e EA 4 apresentaram as menores médias do índice de toxicidade, assim como as menores frequências de ocorrência de toxicidade, considerando todo o período de estudo. A EA 8, que apresenta influência do efluente da

Usina Termelétrica de Candiota, destacou-se como a segunda estação com maior média no índice de toxicidade e frequência de amostras com ocorrência de efeitos tóxicos sobre os organismos aquáticos.

Quadro 19 - Médias do índice de toxicidade (em uma escala de 0 a 9), e frequência de ocorrência de toxicidade, observado nas amostras de águas superficiais coletadas na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS.

Estação Amostral	Média do Índice de Toxicidade	Frequência de Toxicidade (%) 2016 a 2024	Frequência de Toxicidade (%) 2023 a 2024
EA 1	0,06	3,1	25,0
EA 2	0,13	6,3	25,0
EA 3	0,19	9,4	25,0
EA 4	0,06	3,1	0,0
EA 5	0,22	9,4	50,0
EA 6	**3,75**	71,9	100,0
EA 7	0,31	12,5	50,0
EA 8	**0,91**	28,1	75,0



Média do Índice de toxicidade por estação do ano

O Quadro 20 apresenta (A) o índice de toxicidade das estações amostrais em função das estações do ano para as amostras de águas superficiais coletadas na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS, no período de dezembro/2023 a setembro/2024; e (B) as médias do índice de toxicidade para as estações do ano durante todo o período de monitoramento, de novembro/2016 a setembro/2024 (B). Para as amostras de águas superficial não foi possível identificar um claro padrão quanto a influência das estações do ano sobre a toxicidade das áreas amostradas. Seguindo o padrão dos dados históricos, os resultados das estações amostrais EA 6 e EA 8 se destacam em todas as épocas no ano, apresentando as médias do índice de toxicidade mais elevadas.

Nas campanhas realizadas de dezembro/2023 a setembro/2024 a EA 6 mantém-se como a estação amostral com maior toxicidade. Já a EA 8, que sofre influência do efluente

da termoelétrica, apresentou toxicidade em quase todas as campanhas, com exceção da realizada na primavera.

Um ponto de destaque foi as toxicidades observadas na estação EA 5 durante as campanhas de verão, em fevereiro de 2024, a primeira detecção de toxicidade nesta estação nos últimos seis anos, e inverno, em setembro de 2024.

Outro aspecto relevante foi o aumento da ocorrência de toxicidade na campanha de outono, realizada em junho de 2024, após um período intenso de chuvas no Estado do Rio Grande do Sul.

Quadro 20 - Índice de toxicidade das estações amostrais em função das estações do ano, calculado em uma escala de 0 a 9, para às amostras de águas superficiais coletadas na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS, no intervalo de dezembro/2023 a setembro/2024 (A) e, (B) Média do índice de toxicidade para cada estação do ano durante o período de novembro/2016 a setembro/2024 (B).

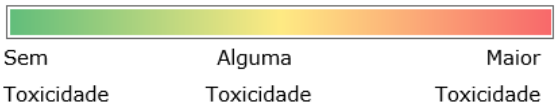
A

Estação Amostral	P	V	O	I
EA 1	0,0	0,0	2,0	0,0
EA 2	0,0	0,0	2,0	0,0
EA 3	0,0	0,0	2,0	0,0
EA 4	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 5	0,0	2,0	0,0	2,0
EA 6	3,0	6,0	8,0	5,0
EA 7	0,0	0,0	4,0	2,0
EA 8	0,0	2,0	2,0	2,0

B

P	V	O	I
0,0	0,0	0,3	0,0
0,0	0,0	0,3	0,3
0,3	0,3	0,3	0,0
0,0	0,0	0,3	0,0
0,0	0,3	0,0	0,6
3,3	3,9	4,8	3,1
0,0	0,3	0,5	0,5
0,3	1,6	0,8	1,0

P: Primavera, V: Verão, O: Outono, I: Inverno



Índice de toxicidade do período de estudo

O Quadro 21 apresenta um panorama com o índice de toxicidade observado para cada uma das amostras de águas superficiais coletadas na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, avaliadas ao longo dos últimos 8 anos (2016 a 2024), com destaque para as campanhas de dezembro/2023 a setembro/2024. Os dados demonstram que nas campanhas de dezembro/2023 a setembro/2024 a EA6, que sofre uma influência

direta das atividades de mineração de carvão no corpo receptor, manteve sua característica histórica como a estação amostral onde se observa toxicidade com maior frequência (100% das campanhas durante este último período). A EA 8, que sofre uma influência do efluente da Usina Termelétrica de Candiota, ampliou a frequência de campanhas com amostras com toxicidade, apresentando toxicidade crônica para algas nas campanhas de verão, outono e inverno. Historicamente a EA 8 apresentou toxicidade em 28% das campanhas, sendo a segunda estação amostral em frequência e intensidade de toxicidade. A exceção da EA 4 todas as estações amostrais apresentaram alguma toxicidade nas campanhas de dezembro/2023 a setembro/2024, mesmo aquelas que, historicamente, apresentavam pouco ou nenhuma toxicidade.

Em relação ao parâmetro toxicidade para o enquadramento dos corpos hídricos monitorados na Classe 2 da Resolução CONAMA 375/2005, se faz necessário a ausência de toxicidade crônica nos pontos amostrados. Nas campanhas realizadas de dezembro/2023 a setembro/2024 esta condição não foi atendida para a Estação Amostral 1 (outono), a Estação Amostral 2 (outono), Estação Amostral 3 (outono), Estação Amostral 5 (verão e inverno), Estação Amostral 6 (primavera, verão, outono e inverno), a Estação Amostral 7 (outono e inverno) e Estação Amostral 8 (verão, outono e inverno).

Quadro 21 - Índices de toxicidade (em uma escala de 0 a 9) observado nas amostras de águas superficiais coletadas na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS, no período de novembro/2016 a setembro/2024, com destaque para as campanhas realizadas de dezembro/2023 a setembro/2024.

	2016	2017			2018				2019				2020				2021				2022				2023				2024			
	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I
EA 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
EA 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0
EA 3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0
EA 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EA 5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
EA 6	0	0	6	0	6	7	6	0	6	8	6	6	6	6	0	4	0	0	6	2	2	2	0	6	3	2	0	2	3	6	8	5
EA 7	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2
EA 8	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	0	0	0	0	0	6	0	2	2	2

EA = Estação Amostral; P = Primavera; V = Verão; O = Outono; I = Inverno

2.3.11. Análise matemática da qualidade das águas - cálculo e interpretação do RTR e ARTR

Com os dados brutos dos resultados das análises físicas e químicas das águas nos diferentes locais amostrais e épocas, foram criados dois índices matemáticos como ferramentas para o entendimento das diferenças possíveis entre estes ambientes e as possíveis influências da mineração.

Para isso foram calculados o RTR (Razão de referência) e o ARTR (Valor agregado de referência). Este método matemático é uma importante ferramenta de comparação entre locais amostrais seja considerando cada elemento ou variável que descreve o local de estudo ou o conjunto de variáveis.

O RTR de uma variável é a razão expressa no seu quociente entre o valor da variável encontrada no local de estudo (numerador) e o valor estabelecido como referência (denominador), seja de um local de referência ou de uma condição de referência. Isto porque não se tem uma estação amostral dita “branco”, isto é isenta, de influência antropogênica, na bacia hidrográfica do arroio Candiota.

Como exemplo, pode-se utilizar a estação 1 como referência: então tomando os dados obtidos nesta estação 1 na primeira campanha, como mostra o quadro abaixo, então é igualada à unidade:

	P1	RTR 1BH
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,259	1,00
Arsênio Total (mg As.L-1)	0,002	1,00
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	0,0002	1,00
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	0,006	1,00
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	0,005	1,00
Condutividade uS/cm à 25°C	42,3	1,00
Cor Aparente U.C	365	1,00
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	0,006	1,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (	5,99	1,00
Coliformes termotolerantes (NMP.1	2400	1,00
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	1,4	1,00
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,108	1,00
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,197	1,00
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	0,0001	1,00
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	0,006	1,00
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,951	1,00
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	0,3	1,00
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	10	1,00
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	100	1,00
Turbidez (ntu)	31,9	1,00
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,02	1,00
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	0,001	1,00
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	6,3	1,00
pH à 25ºC - Bancada	5	1,00
Sulfetos (mg.L^{-1})	0,005	1,00
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	0,4	1,00
Temperatura da amostra ^{o}C	23	1,00
		27,00
Valor Agregado de referencia		1,00

Tomando dentro da estação 1, os coliformes termotolerantes, como exemplo o cálculo do RTR para o local 1, que é o local de referência é citado da seguinte maneira:

RTR coliformes termotolerantes = coliformes termotolerantes da estação 1 / Coliformes Termotolerantes da estação de referência (neste caso é a própria estação 1)

Então fica:

RTR = 2400/2400 = 1

E assim é calculado para cada variável.

Ao final da coluna há o somatório de todos os RTR calculados para cada variável que caracteriza a estação amostral ou a unidade amostral, e este somatório é dividido pelo número de variáveis ou de RTR calculados, este então passa a ser o ARTR, o valor agregado do local ou da estação amostral.

O somatório é igual a 27, e o número de variáveis é 27, então, ARTR = 27/27 = 1, então o ARTR do Local é igual a 1.

Na Tabela 3 até Tabela 7, estão apresentados os resultados para essa análise para dezembro de 2023 (primavera), fevereiro de 2024 (verão), junho de 2024 (outono) e setembro de 2024 (inverno).

Note-se que os valores hachurados nas tabelas a seguir apresentadas representam aqueles responsáveis pelas diferenças entre os diferentes locais e o local de referência (P1).

Tabela 3 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados na primavera (dezembro de 2023).

	P1	RTR 1BH	P2	RTR 2BH	P3	RTR 3BH	P4	RTR 4BH	P5	RTR 5BH	P6	RTR 6BH	P7	RTR 7BH	P8	RTR 8BH
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,259	1,00	0,15	0,58	0,305	1,18	0,169	0,65	0,235	0,91	1,31	5,06	0,459	1,77	0,247	0,95
Arsênio Total (mg As.L-1)	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00
Condutividade uS/cm à 25°C	42,3	1,00	82,6	1,95	67,3	1,59	69,8	1,65	79,7	1,88	380	8,98	122,2	2,89	392	9,27
Cor Aparente U.C	365	1,00	196	0,54	334	0,92	203	0,56	376	1,03	407	1,12	445	1,22	652	1,79
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (	5,99	1,00	6,96	1,16	5,7	0,95	6,57	1,10	5,22	0,87	6,09	1,02	5,41	0,90	5,31	0,89
Coliformes termotolerantes (NMP.1	2400	1,00	71	0,03	1300	0,54	190	0,08	2400	1,00	91	0,04	2400	1,00	4300	1,79
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	1,4	1,00	0,88	0,63	0,758	0,54	0,932	0,67	0,666	0,48	1,1	0,79	0,712	0,51	0,28	0,20
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,108	1,00	0,11	1,02	0,0785	0,73	0,0785	0,73	0,107	0,99	0,118	1,09	0,21	1,94	0,146	1,35
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,197	1,00	0,0914	0,46	0,0481	0,24	0,107	0,54	0,1	0,51	0,539	2,74	0,0512	0,26	0,192	0,97
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,0196	3,27	0,006	1,00	0,006	1,00
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,951	1,00	0,883	0,93	0,5	0,53	0,877	0,92	1,04	1,09	1,09	1,15	1,6	1,68	0,5	0,53
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	100	1,00	72	0,72	100	1,00	70	0,70	50	0,50	128	1,28	118	1,18	234	2,34
Turbidez (ntu)	31,9	1,00	14,8	0,46	27,8	0,87	14,7	0,46	31,6	0,99	30,4	0,95	55,4	1,74	73,5	2,30
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,02	1,00	0,0308	1,54	0,006	0,30	0,006	0,30	0,006	0,30	0,0264	1,32	0,0636	3,18	0,0506	2,53
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	0,001	1,00	0,001	1,00	0,001	1,00	0,001	1,00	0,001	1,00	0,002	2,00	0,007	7,00	0,001	1,00
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	6,3	1,00	7,3	1,16	6,4	1,02	5,4	0,86	4,9	0,78	6,7	1,06	5,7	0,90	4,8	0,76
pH à 25ºC - Bancada	5	1,00	6,2	1,24	6,6	1,32	6,8	1,36	4,7	0,94	6,5	1,30	7,2	1,44	6,5	1,30
Sulfetos (mg.L^{-1})	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,04	8,00	0,005	1,00	0,04	8,00	0,05	10,00	0,005	1,00
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	0,4	1,00	0,55	1,38	0,41	1,03	0,25	0,63	0,6	1,50	0,2	0,50	1,03	2,58	0,64	1,60
Temperatura da amostra °C	23	1,00	25	1,09	24	1,04	24	1,04	25	1,09	24	1,04	25	1,09	23	1,00
		27,00		25,88		24,79		30,24		25,86		50,70		50,28		40,57
Valor Agregado de referencia		1,00		0,96		0,92		1,12		0,96		1,88		1,86		1,50

Os maiores valores para ARTR que indicam, por ordem decrescente, os pontos de pior qualidade para os de melhor qualidade no mês de dezembro de 2023 são:

ARTR P6 (1,87) > ARTR P7 (1,86) > ARTR P8 (1,50) > ARTR P4 (1,12) > ARTR P1 (1,00) > ARTR P2 (0,96) > ARTR P5 (0,95) > ARTR P3 (0,92)

Para o ponto 6, os parâmetros que mostraram os maiores valores, influenciando uma ARTR de 1,87 foram alumínio dissolvido, condutividade elétrica e a cor.

Tabela 4 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no verão (fevereiro de 2024).

	P1	RTR 1BH	P2	RTR 2BH	P3	RTR 3BH	P4	RTR 4BH	P5	RTR 5BH	P6	RTR 6BH	P7	RTR 7BH	P8	RTR 8BH
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1}	0,123	1,00	0,162	1,32	0,14	1,14	0,213	1,73	0,148	1,20	**2,16**	17,56	0,107	0,87	0,482	3,92
Arsênio Total (mg As.L-1)	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00
Condutividade uS/cm à 25°C	75,5	1,00	95	1,26	116,6	1,54	128,3	1,70	173,8	2,30	1461	19,35	242	3,21	636	8,42
Cor Aparente U.C	115	1,00	138	1,20	76,8	0,67	112	0,97	111	0,97	20,7	0,18	138	1,20	79,8	0,69
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00
Demanda Bioquímica de Oxigê	2,71	1,00	2	0,74	2,13	0,79	2	0,74	2	0,74	2	0,74	2	0,74	2,9	1,07
Coliformes termotolerantes (N	980	1,00	38	0,04	240	0,24	91	0,09	150	0,15	3	0,00	230	0,23	4,1	0,00
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,702	1,00	0,816	1,16	0,524	0,75	0,761	1,08	0,572	0,81	0,482	0,69	0,276	0,39	0,123	0,18
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,0775	1,00	0,0766	0,99	0,0839	1,08	0,113	1,46	0,0961	1,24	0,131	1,69	0,0654	0,84	0,643	8,30
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,162	1,00	0,11	0,68	0,0434	0,27	0,0901	0,56	0,17	1,05	**1,29**	7,96	0,299	1,85	0,102	0,63
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	**0,0328**	5,47	0,006	1,00	0,006	1,00
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,848	1,00	0,5	0,59	0,5	0,59	0,603	0,71	0,5	0,59	1,28	1,51	0,5	0,59	2,04	2,41
Nitrogênio Amoniacal (mg NH	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,79	2,63	0,3	1,00	0,3	1,00
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	10	1,00	23,7	2,37	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00
Sólidos Dissolvidos Totais (mg	56	1,00	76	1,36	58	1,04	70	1,25	70	1,25	**872**	15,57	122	2,18	292	5,21
Turbidez (ntu)	11,6	1,00	11,1	0,96	5,31	0,46	8,6	0,74	7,35	0,63	3,72	0,32	18,5	1,59	4,98	0,43
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,0262	4,37	0,0709	11,82
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	0,001	1,00	0,001	1,00	0,001	1,00	0,006	6,00	0,001	1,00	0,001	1,00	0,006	6,00	0,002	2,00
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1}	5,6	1,00	6,2	1,11	6,7	1,20	7,1	1,27	5,6	1,00	6,6	1,18	6,7	1,20	6,9	1,23
pH à 25ºC - Bancada	7,06	1,00	7,11	1,01	7,28	1,03	7,52	1,07	7,04	1,00	**4,18**	0,59	7,17	1,02	7,86	1,11
Sulfetos (mg.L^{-1})	0,02	1,00	0,0183	0,92	0,0141	0,71	0,001	0,05	0,02	1,00	**0,0751**	3,76	0,0191	0,96	0,001	0,05
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	0,2	1,00	0,2	1,00	0,2	1,00	0,2	1,00	0,2	1,00	0,4	2,00	0,2	1,00	0,2	1,00
Temperatura da amostra °C	28	1,00	29	1,04	29	1,04	26	0,93	29	1,04	27	0,96	31	1,11	30	1,07
		27,00		27,72		24,53		31,35		26,97		91,16		38,33		58,55
Valor Agregado de referencia		1,00		1,03		0,91		1,16		1,00		3,38		1,42		2,17

Os maiores valores para ARTR que indicam, por ordem decrescente, os pontos de pior qualidade para os de melhor qualidade no mês de fevereiro de 2024 são:

ARTR P6 (3,37) > ARTR P8 (2,16) > ARTR P7 (1,42) > ARTR P4 (1,16) > ARTR P2 (1,02) > ARTR P1 (1,00) > ARTR P5 (0,99) > ARTR P3 (0,91)

Para o ponto P6, os parâmetros que mostraram os maiores valores do que aqueles da referência foram: alumínio dissolvido, manganês total, níquel total, Fósforo total, sólidos dissolvidos totais e a condutividade. Já para o ponto 8, os parâmetros que mostraram os maiores valores, influenciando uma ARTR de 2,16 foram alumínio dissolvido, condutividade elétrica, fósforo total, sólidos dissolvidos, turbidez, zinco total.

Tabela 5 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no outono (junho de 2024).

	P1	RTR 1BH	P2	RTR 2BH	P3	RTR 3BH	P4	RTR 4BH	P5	RTR 5BH	P6	RTR 6BH	P7	RTR 7BH	P8	RTR 8BH
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,00908	1,00	0,175	19,27	0,354	38,99	0,126	13,88	0,158	17,40	**2,92**	321,59	0,171	18,83	0,0853	9,39
Arsênio Total (mg As.L-1)	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00
Condutividade uS/cm à 25°C	45,2	1,00	57,2	1,27	62,2	1,38	82,3	1,82	175,3	3,88	457	10,11	132,7	2,94	335	7,41
Cor Aparente U.C	89	1,00	149	1,67	120	1,35	143	1,61	130	1,46	10	0,11	160	1,80	24,6	0,28
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (	2	1,00	2	1,00	2	1,00	2	1,00	2	1,00	2	1,00	2	1,00	2	1,00
Coliformes termotolerantes (NMP.1	260	1,00	57	0,22	250	0,96	2000	7,69	390	1,50	21	0,08	290	1,12	80	0,31
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,136	1,00	0,459	3,38	0,554	4,07	0,27	1,99	0,452	3,32	1,16	8,53	0,354	2,60	0,195	1,43
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,0403	1,00	0,0461	1,14	0,02	0,50	0,0357	0,89	0,0304	0,75	0,02	0,50	0,0626	1,55	0,0343	0,85
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,172	1,00	0,0377	0,22	0,0279	0,16	0,087	0,51	0,0552	0,32	**0,985**	5,73	0,0919	0,53	0,2	1,16
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	**0,0403**	6,72	0,006	1,00	0,006	1,00
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,847	1,00	0,893	1,05	0,629	0,74	0,68	0,80	0,55	0,65	0,928	1,10	0,5	0,59	0,509	0,60
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	32	1,00	44	1,38	44	1,38	116	3,63	78	2,44	**250**	7,81	68	2,13	150	4,69
Turbidez (ntu)	13,1	1,00	21,4	1,63	15,8	1,21	25,1	1,92	18,2	1,39	15	1,15	25,7	1,96	11,2	0,85
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,0157	1,00	0,0178	1,13	0,006	0,38	0,0114	0,73	0,0117	0,75	0,0551	3,51	0,0248	1,58	0,0112	0,71
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	0,001	1,00	0,002	2,00	0,014	14,00	0,003	3,00	0,018	18,00	0,001	1,00	0,013	13,00	0,012	12,00
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	7,84	1,00	9,74	1,24	5,43	0,69	7,84	1,00	6,2	0,79	6,42	0,82	7,06	0,90	6,88	0,88
pH à 25ºC - Bancada	6,6	1,00	7,1	1,08	7,2	1,09	7,1	1,08	7,2	1,09	**4,2**	0,64	7	1,06	7,3	1,11
Sulfetos (mg.L^{-1})	0,014	1,00	0,00931	0,67	0,00792	0,57	0,00897	0,64	0,00797	0,57	**0,0188**	1,34	0,00515	0,37	0,0067	0,48
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	0,2	1,00	0,47	2,35	0,2	1,00	0,2	1,00	0,23	1,15	0,2	1,00	0,2	1,00	0,2	1,00
Temperatura da amostra °C	18	1,00	16	0,89	18	1,00	18	1,00	17	0,94	18	1,00	16	0,89	18	1,00
		27,00		50,59		79,46		53,16		66,41		381,72		62,85		54,16
Valor Agregado de referencia		1,00		1,87		2,94		1,97		2,46		14,14		2,33		2,01

Os maiores valores para ARTR que indicam, por ordem decrescente, os pontos de pior qualidade para os de melhor qualidade no mês de junho de 2024 são:

ARTR P6 (14,13) > ARTR P3 (2,94) > ARTR P5 (2,45) > ARTR P7 (2,32) > ARTR P8 (2,00) > ARTR P4 (1,96) > ARTR P2 (1,87) > ARTR P1 (1,00)

Nesta amostragem, o ponto P6 teve o maior valor para o ARTR pelas variáveis alumínio dissolvido, condutividade elétrica, Cor, ferro total e manganês total além do níquel e de sólidos dissolvidos.

Tabela 6 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no inverno (setembro de 2024).

	P1	RTR 1BH	P2	RTR 2BH	P3	RTR 3BH	P4	RTR 4BH	P5	RTR 5BH	P6	RTR 6BH	P7	RTR 7BH	P8	RTR 8BH
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	**0,301**	1,00	**0,331**	1,10	0,362	1,20	0,288	0,96	0,22	0,73	1,14	3,79	0,446	1,48	0,275	0,91
Arsênio Total (mg As.L-1)	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00	0,002	1,00
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00	0,0002	1,00
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00	0,005	1,00
Condutividade uS/cm à 25°C	35,5	1,00	50,6	1,43	57,2	1,61	72,2	2,03	86,7	2,44	662	18,65	105,3	2,97	386	10,87
Cor Aparente U.C	188	1,00	249	1,32	200	1,06	173	0,92	188	1,00	158	0,84	499	2,65	192	1,02
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (	2	1,00	2	1,00	2,02	1,01	2	1,00	3,46	1,73	2	1,00	2,3	1,15	2,02	1,01
Coliformes termotolerantes (NMP.1	920	1,00	580	0,63	690	0,75	310	0,34	370	0,40	9	0,01	33	0,04	580	0,63
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	**0,619**	1,00	**0,54**	0,87	0,592	0,96	0,547	0,88	0,452	0,73	1,05	1,70	0,702	1,13	0,256	0,41
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,0306	1,00	0,0469	1,53	0,0708	2,31	0,0603	1,97	0,0427	1,40	0,0319	1,04	0,0829	2,71	0,0644	2,10
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,0723	1,00	0,0632	0,87	0,0411	0,57	0,105	1,45	0,0618	0,85	0,85	11,76	0,0518	0,72	0,202	2,79
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00	0,0001	1,00
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,006	1,00	0,0306	5,10	0,006	1,00	0,006	1,00
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,694	1,00	0,64	0,92	0,576	0,83	0,68	0,98	0,656	0,95	0,855	1,23	0,634	0,91	0,888	1,28
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,3	1,00	0,58	1,93	0,3	1,00	0,3	1,00
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	20	1,00	48	2,40	40	2,00	64	3,20	96	4,80	196	9,80	82	4,10	148	7,40
Turbidez (ntu)	18,7	1,00	25,9	1,39	22	1,18	22,9	1,22	20,9	1,12	20,7	1,11	53,1	2,84	22,4	1,20
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,006	1,00	0,00986	1,64	0,0141	2,35	0,02	3,33	0,00973	1,62	0,0567	9,45	0,0096	1,60	0,0241	4,02
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	0,001	1,00	0,001	1,00	0,001	1,00	0,001	1,00	0,001	1,00	0,001	1,00	0,001	1,00	0,001	1,00
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	7,2	1,00	9,6	1,33	8,62	1,20	9,5	1,32	7	0,97	8,6	1,19	8,6	1,19	11	1,53
pH à 25ºC - Bancada	6,7	1,00	7,5	1,12	7,14	1,07	7,6	1,13	6,8	1,01	5,25	0,78	7,18	1,07	7,5	1,12
Sulfetos (mg.L^{-1})	0,00394	1,00	0,001	0,25	0,00316	0,80	0,001	0,25	0,001	0,25	0,001	0,25	0,001	0,25	0,001	0,25
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	0,2	1,00	0,2	1,00	0,2	1,00	0,2	1,00	0,3	1,50	0,2	1,00	0,2	1,00	0,2	1,00
Temperatura da amostra °C	18	1,00	16	0,89	15	0,83	16	0,89	18,9	1,05	17	0,94	16	0,89	13	0,72
		27,00		29,71		30,73		32,89		32,56		79,58		36,71		48,28
Valor Agregado de referencia		1,00		1,10		1,14		1,22		1,21		2,95		1,36		1,79

No inverno novamente a estação P6 se destacou por apresentar principalmente alumínio dissolvido, condutividade elétrica, manganês total e fósforo total.

Os maiores valores para ARTR que indicam, por ordem decrescente, os pontos de pior qualidade para os de melhor qualidade no mês de setembro de 2024 são:

ARTR P6 (2,94) > ARTR P8 (1,78) > ARTR P7 (1,35) > ARTR P4 (1,22) > ARTR P5 (1,20) > ARTR P3 (1,13) > ARTR P1 (1,10) > ARTR P1 (1,0)

Ordenando-se os valores de ARTR, volta-se com a análise de um a um dos RTR's calculados. Desta forma pode-se estabelecer quem e como variou e os parâmetros responsáveis por estes resultados. Na Tabela 9, abaixo apresentada, pode-se notar em cada época de coleta, os locais de melhor e de pior qualidade em todo o sistema.

Tabela 7 - Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados.

primavera		***verão***		***outono***		***inverno***	
Estações	ARTR	Estações	ARTR	Estações	ARTR	Estações	ARTR
P6	1,87	P6	3,37	P6	14,13	P6	2,95
P7	1,86	P8	2,16	P3	2,94	P8	1,79
P8	1,50	P7	1,42	P5	2,45	P7	1,36
P4	1,12	P4	1,16	P7	2,32	P4	1,22
P1	1,00	P2	1,02	P8	2,00	P5	1,21
P2	0,95	P1	1,00	P4	1,96	P3	1,14
P5	0,95	P5	0,99	P2	1,87	P2	1,10
P3	0,92	P3	0,91	P1	1,00	P1	1,00

Em todas as épocas, há uma alternância entre os locais com melhor qualidade. Na primavera e no verão, P3 e P5 foram os locais de melhor qualidade, no outono e no inverno foram as estações P1 e P2. Já as estações amostrais que são consideravelmente diferentes da estação de referência P1, são P6 e P8, que apresentam valores de ARTR superiores a esta. No outono, que se caracterizou pelas enchentes que ocorreram no RS, estas estações apresentaram os maiores valores, considerando esta época como a de mais baixa qualidade ambiental para estes locais, entre os períodos estudados.

2.3.12. Considerações Finais

A área monitorada neste programa, e que está relatada neste documento, compreende oito estações amostrais distribuídas de uma forma a investigar o estado de qualidade ambiental e da água da bacia hidrográfica do arroio Candiota, pelo período de um ano. Na descrição das estações amostrais escolhidas é relacionado cada um dos usos do solo que podem influenciar esta qualidade final. Estes usos estão relacionados principalmente à lavoura de soja, pecuária, cultivo de eucalipto, mineração de carvão, fábrica de cimento, esgoto doméstico, industrial e hospitalar, entre outros.

São assim descritas cada uma das estações amostrais deste programa:

- Na estação de referência P1 - que está localizada à montante da BR 293, entre esta e a linha férrea, onde se observa ainda a montante, agricultura e pecuária e a jusante, a mina de carvão Seival, utilizada para abastecer a Pampa Sul;

- Na estação P2 – localizada a montante da usina termelétrica, existe ali a influência da Barragem I, da Barragem Velha e de um Wetland que recebe o esgoto da

vila. Com o aumento das chuvas, esse ambiente verte suas águas no arroio Candiota. Esta estação visa avaliar todas as atividades desenvolvidas à montante da contribuição dos efluentes hídricos da Usina;

- Na estação P3 - Estação à montante do deságue no Arroio Candiota, localizada no arroio Candiotinha, com área de drenagem ocupada intensamente por plantio de eucaliptos e com a presença da planta de produção de cimentos Votorantim, à beira da BR. Visa avaliar as atividades das indústrias cimenteiras no corpo receptor, além do cultivo de eucalipto;

- Na estação P4 - Estação à jusante do deságue do esgoto da usina, localizada no arroio Candiota, visando avaliar as atividades desenvolvidas à montante e a jusante da contribuição dos efluentes hídricos da Usina;

- Na estação P5 - Estação localizada no arroio Candiota, à jusante do deságue do Arroio Candiotinha, cuja matriz predominante é a agrícola, com o cultivo da soja e do eucalipto e à jusante do desague do efluente final líquido da Usina;

- Na estação P6 - Estação localizada no Arroio Poacá, após a confluência da Sanga da Carvoeira, visando avaliar as atividades de mineração de carvão no corpo receptor;

- Na estação P7 - Estação localizada após a foz do Arroio Poacá, no arroio Candiota, à jusante de todas as fontes consideradas potencialmente geradoras de impactos ambientais;

- Na estação P8 - Estação amostral acrescentada por solicitação expressa em relato interpretativo do IBAMA – localizada logo após o lançamento do efluente tratado da termelétrica no arroio sem nome, que desagua posteriormente no arroio Candiota.

Os dados físicos, químicos e biológicos levantados no período de primavera de 2023 ao inverno de 2024 mostraram, de uma forma geral, que os locais à montante do despejo dos efluentes finais líquidos da usina termelétrica de Candiota apresentaram melhores condições ambientais.

Metais como arsênio total, cádmio total, cobre dissolvido, chumbo total, cromo total e mercúrio total não foram detectados nas análises químicas realizadas com as amostras coletadas nas diferentes estações de amostragem na bacia hidrográfica do arroio Candiota. Já o alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês total e o níquel total foram os metais importantes.

Alumínio e ferro dissolvidos foram detectados em concentrações maiores do que aquelas que enquadrariam as estações amostrais como de classe 2, em todas as épocas exceto em um ou outro local, assim como o manganês total e o níquel. O manganês total classificou em dezembro de 2023 as estações amostrais P1, P6 e P8 como classe 3. O mesmo ocorreu em fevereiro de 2024, sendo P1, P5, P6 e P7. Em junho e em setembro de 2024, P1, P6 e P8. P6 foi a estação amostral com os mais altos valores de manganês nos 4 meses analisados. O níquel total foi detectado apenas na estação P6 em fevereiro, junho e setembro de 2024, classificando-a como classe 4.

As demais variáveis destacadas e que apresentaram diferenças entre os locais foram o fósforo total, oxigênio dissolvido, pH, coliformes termotolerantes, fenóis, surfactantes, sólidos dissolvidos e a condutividade elétrica da água.

Para o fósforo total, os meses de pior qualidade foram dezembro de 2023 nas estações amostrais P2, P6, P7 e P8, fevereiro de 2024, para a P8 e setembro de 2024 para a P2. A P2 recebe a contribuição das barragens e do banhado onde é despejado o esgoto da vila, que no período chuvoso, drena seu conteúdo para o sistema. Os demais locais recebem diversas contribuições, além da pecuária, agricultura e outros usos do solo.

Já em dezembro de 2023, os teores do oxigênio dissolvido que classificou as estações P5 e P8 como classe 3, pode estar relacionado ao aumento da pluviosidade e com os altos volumes de água nos arroios do sistema, carreando substâncias orgânicas para o mesmo, além do aumento na temperatura influenciando o metabolismo do ecossistema.

Os valores de pH ácido foram observados nas estações amostrais P1 e P5 (dezembro de 2023 – classe 4) e P6 (fevereiro, junho e setembro de 2024 – classe 4).

Para os coliformes termotolerantes, dezembro de 2023 foi o mês de mais altos valores, sendo a P8 com o maior deles, seguido das estações P1, P5, P7 classificadas como classe 3 ou 4. O aumento das chuvas em dezembro de 2023 pode ter influenciado estes valores, uma vez que os esgotos podem ser carreados para os corpos hídricos.

Fenóis totais foram detectados apenas na estação amostral P7 em dezembro de 2023 e depois em fevereiro nas estações P4 e P7, novamente. Em junho de 2024 ocorreu nas estações P3, P5, P7 e P8. Já os surfactantes foram detectados somente em dezembro de 2023, nas estações amostrais P5, P7 e P8.

Os sólidos dissolvidos classificaram apenas o ponto P6 como de classe 4 em fevereiro de 2024.

Outros parâmetros, além daqueles específicos para o enquadramento dos recursos hídricos estabelecidos pelo CONAMA 357/2005, como a condutividade elétrica da água, apresentaram valores maiores novamente em todas as amostragens na estação P6, como já observado nos períodos de monitoramentos anteriores. Já na estação P8, que representa o efluente final líquido na usina no sistema, os valores também foram elevados, porém não influenciaram as estações amostrais em sequência no corpo hídrico, uma vez que P5 e P7 apresentaram valores menores.

O Índice de Qualidade de Água (IQA) mostrou dezembro de 2023 como o mês de pior qualidade, com as estações amostrais P1, P6 e P8 como de qualidade aceitável. Os demais locais e meses foram classificados como de boa qualidade. Já o índice de preservação das comunidades aquáticas trouxe a estação P6 classificada como de qualidade ruim em todos os meses, por apresentar, por vezes, toxicidade aguda ou crônica e pelo pH ácido, que normalmente se observa neste local.

No que se refere à toxicidade das águas superficiais no período, os dados demonstram que nas campanhas de dezembro/2023 a setembro/2024 a estação amostral P6, que sofre uma influência direta das atividades de mineração de carvão no corpo receptor, manteve sua característica histórica como a estação amostral onde se observa toxicidade com maior frequência. A estação amostral P8, que sofre uma influência do efluente da Usina Termelétrica de Candiota, ampliou a frequência de campanhas com amostras com toxicidade, apresentando toxicidade crônica para algas nas campanhas de verão, outono e inverno. Historicamente a EA 8 apresentou toxicidade em 28% das campanhas, sendo a segunda estação amostral em frequência e intensidade de toxicidade. A exceção da EA 4 todas as estações amostrais apresentaram alguma toxicidade nas campanhas de dezembro/2023 a setembro/2024, mesmo aquelas que, historicamente, apresentavam pouco ou nenhuma toxicidade.

Em todas as épocas, há uma alternância entre os locais com melhor qualidade. Na primavera e no verão, P3 e P5 foram os locais de melhor qualidade, no outono e no inverno foram as estações P1 e P2. Já as estações amostrais que são consideravelmente diferentes da estação de referência P1, são P6 e P8, que apresentam valores de ARTR superiores a esta. No outono, que se caracterizou pelas enchentes que ocorreram no RS, estas estações apresentaram os maiores valores, considerando esta época como a de mais baixa qualidade ambiental para estes locais, entre os períodos estudados.

2.4. MONITORAMNETO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Responsabilidade técnica: Dr. Fábio Herbert Jones – CREA RS241891

2.4.1. Introdução

A água subterrânea é um dos bens mais preciosos, e importantes, que existe no planeta, tendo um percentual significativo no abastecimento de água doce para consumo humano. Muitos municípios são dependentes da água subterrânea para beber e higienizar, irrigar, utilizar na indústria e na pecuária. Essa realidade se acentua principalmente em áreas com baixa precipitação de água meteórica, influenciando em recursos hídricos superficiais limitados; ou devido à elevada procura por parte da agropecuária e populações em crescimento (USEPA, 2023). Além disso, as águas subterrâneas são essenciais para o suprimento de áreas úmidas e águas superficiais alimentadas por nascentes.

A boa qualidade das águas subterrâneas é extremamente relevante para a saúde e economia do país, principalmente em locais onde não existe saneamento de esgotos, tratamento e abastecimento público de água. O solo, frequentemente, funciona como uma espécie de filtro para as águas subterrâneas, retendo e depurando grande parte das impurezas que são depositadas em sua superfície. Contudo, dependendo do nível de alteração da qualidade ambiental, nem sempre o solo consegue reter essa contaminação (o qual é dependente também das características físicas e químicas do próprio solo). A contaminação antrópica pode ser oriunda de diversas fontes como, por exemplo, a deposição de poluentes atmosféricos, a aplicação de defensivos e fertilizantes utilizados na agricultura, a disposição de resíduos sólidos industriais e urbanos, a introdução ou vazamento de esgotos domésticos e industriais, os vazamentos em postos de gasolina, os poços profundos mal instalados ou abandonados, as operações mineiras, e interferências não intencionais, tais como derramamentos de produtos químicos ou fugas de tanques de armazenamento, entre outros (Moreira-Nodermann, 1987; CETESB, 2001; USEPA, 2023).

O monitoramento ambiental das águas subterrâneas é primordial para a identificação de alterações físicas e químicas das águas. Na área de estudo, que

compreende o espaço das instalações atuais e pretéritas da Usina Termelétrica de Candiota, são analisados possíveis alterações na água subterrânea associada à geração de energia elétrica através do uso do carvão mineral. Entre esses produtos podemos elencar o carvão mineral, óleo combustível, lubrificantes em geral, produtos químicos diversos, materiais metálicos, pilhas e baterias, lâmpadas diversas, madeira tratada, esgoto sanitário, entre outros. A região em que está localizada a termelétrica também sobre influência da ocupação do entorno, como por exemplo, de áreas utilizadas para atividades agropecuárias, de esgotamento sanitário de área urbana adjacente, assim como influência natural da geologia local.

Este estudo tem por objetivo apresentar os resultados de monitoramento ambiental obtidos durante um ano de amostragem, a qual foi dividida em quatro campanhas amostrais no período dezembro 2023 a setembro 2024, para águas subterrâneas na área da Usina Termelétrica de Candiota, situada no município de Candiota/RS.

As campanhas amostrais foram separadas em intervalos trimestrais sendo representativas de cada estação do ano (Quadro 22), e buscam atender as determinações do monitoramento ambiental exigido pelo IBAMA, na área denominada aqui como praça de trabalho da Usina Termelétrica de Candiota. A área próxima à termelétrica, denominada de praça de trabalho, é o local em que há o estoque de insumos, a manutenção, o estoque e conserto de peças, bem como o transporte e circulação para as atividades que utilizam rotineiramente estas áreas e seus equipamentos.

Quadro 22 - Período das campanhas amostrais de água subterrânea 2023/2024.

Período	Campanha - 1	Campanha - 2	Campanha - 3	Campanha - 4
Estação	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Purga	01 e 02/12/2023	02 e 03/02/2024	07 e 08/06/2024	13 e 14/09/2024
Amostragem	03/12/2023	04/02/2024	09/06/2024	15/09/2024

As águas subterrâneas foram estudadas, visando o monitoramento contínuo e estabelecer a sua qualidade em dezesseis poços existentes na área. No início do monitoramento no ano de 2013-2014, a malha de monitoramento possuía vinte poços para amostragem de água subterrânea, sendo que onze estavam localizados na área da Usina

Fase B e Fase C (PM1, PM-2, PM-3, PM-4, PM-6, PM-7, PM-8, PM-9, PM-10, PM-11 E PM-12), enquanto quatro estavam situados na área conhecida como almoxarifado (PM-5, PM-13, PM-14, e PM-15), e cinco na área denominada de Candiota 1 (PM-16, PM-17, PM-18, PM-19, e PM-20).

Segundo Viero (2014) responsável pelo estudo das águas subterrâneas em 2013-2014, dois destes poços foram abandonados por não reunirem condições de serem amostrados, sendo esses os poços PM-15 (Almoxarifado) o qual foi soterrado por obras de terraplanagem, e o PM-18 (Candiota 1) apresentando danos irreversíveis na estrutura devido à escavação próxima do poço.

No ano de 2016, novembro, em que foram retomados os estudos que compõem o monitoramento ambiental, daqueles dezoito poços que estavam em condições de serem amostrados, com exceção dos poços PM-15 (Almoxarifado) e o PM-18 (Candiota 1), foram identificados mais dois poços que não tinham condições de amostragem (PM-8 e PM-11) devido às condições de preservação e avarias os quais impossibilitaram a projeção do amostrador.

As localizações dos dezesseis poços de monitoramento de água subterrânea em condições de amostragem através das coordenadas UTM (Tabela 8) e o perímetro delimitador das áreas denominadas de Usina Fase B e Fase C, Almoxarifado e Candiota 1 estão apresentados na Figura 13. Analisando as diferenças altimétricas no relevo da área de estudo através de imagens de satélite é possível inferir o escoamento superficial das águas meteóricas e o provável caminho das águas subterrâneas representados na Figura 13 com setas azuis.

Tabela 8 - Localização UTM dos poços de monitoramento da água subterrânea nas áreas da Usina Termelétrica de Candiota

Área	Poço	UTM - E (m)	UTM - N (m)	Zona
Usina Fase B e Fase C	PM-1	245195,82	6506043,27	22 J
	PM-2	245144,47	6506281,07	22 J
	PM-3	244683,33	6505880,15	22 J
	PM-4	245358,92	6506299,68	22 J
	PM-6	245082,28	6506526,44	22 J
	PM-7	245673,49	6506557,58	22 J
	PM-9	244986,59	6506089,14	22 J
	PM-10	245627,95	6506227,75	22 J
	PM-12	244876,72	6506066,47	22 J
Almoxarifado	PM-5	244813,75	6505698,77	22 J
	PM-13	245142,03	6505722,07	22 J
	PM-14	245090,69	6505757,72	22 J
Candiota 1	PM-16	246367,73	6505638,09	22 J
	PM-17	246437,59	6505598,26	22 J
	PM-19	246207,34	6505747,34	22 J
	PM-20	246362,77	6505724,51	22 J

Figura 13 - Mapa apresentando a localização das áreas monitoradas e dos poços de coleta de água subterrânea na Usina Termelétrica de Candiota. As setas azuis representam as diferenças altimétricas relativas orientadas da maior para a menor cota e os possíveis percursos das águas meteóricas e subterrâneas no local



2.4.2. Metodologia

Cada campanha amostral é composta pelas etapas de pré-campo, campo e pós-campo. A etapa de pré-campo compreende todas as atividades de manutenção e logística para as campanhas amostrais. Atividades que correspondem à reserva de veículos, reserva da hospedagem, reuniões com o grupo de campo, manutenção, calibração e limpeza dos equipamentos elétricos e eletrônicos usados em campo, verificação e limpeza de todo material de campo, aquisição de materiais e frascos para a realização das coletas, aviso prévio das datas do campo para a termelétrica, pedido de acesso aos locais onde se encontram os poços de monitoramento, retirada e carregamento dos veículos.

A etapa de campo compreende todas as atividades diretas para a amostragem, tais como o deslocamento até a área amostral, a predeterminação da rota amostral dos poços, a análise das condições dos poços, as observações das condições do tempo, a realização da purga dos poços, medidas de campo, a coleta das amostras e sua preservação, e a logística de retorno.

A etapa de pós-campo compreende o encaminhamento das amostras para os laboratórios, na limpeza dos equipamentos utilizados e seu armazenamento em local adequado, finalização da logística e entrega dos veículos, recebimento dos resultados das análises físicas, químicas e biológicas, tratamento e análise dos dados, elaboração de relatório parcial.

Análise de Preservação dos Poços

Os poços já existem e a determinação da localização foi produto de um estudo geoambiental os quais foram devidamente georreferenciados por coordenadas UTM.

Previamente a realização da purga foi verificada a integridade dos poços a partir dos seus componentes tais como revestimento interno, filtro, pré-filtro, proteção sanitária, tampão, sistema de proteção, selo, preenchimento e guias centralizadoras. Estas condições serão devidamente descritas em caderneta de campo e devidamente fotografadas, assim como as condições e possíveis interferências do seu entorno. Estas informações foram inseridas em forma de planilha e apresentadas e discutidas nos

relatórios parciais. As fotos foram selecionadas e inseridas em uma "plate" de modo que ilustrem as condições dos poços de uma forma geral.

Purga dos Poços

A rede de poços foi avaliada, levando em conta os critérios e considerações para a seleção de um método adequado de purga descritos no item 5 da ABNT NBR 15847/2010 (ABNT sugerida inclusive pela portaria da FEPAM 29/2017).[17] Os critérios descritos englobam a verificação das normas estabelecidas pelos órgãos reguladores Federal, Estadual ou Municipal, revisão de dados históricos, considerações embasadas no projeto do poço, avaliação das condições hidráulicas do poço, qualidade do poço, geoquímica da subsuperfície, as particularidades hidrogeológicas. A análise desses critérios auxilia a determinar a estratégia mais apurada para a realização da purga no programa.

Além disso, o item 6 referente aos Critérios de Rebaixamento do Nível da Água durante a Purga da NBR 15847/2010 relata que os "dados gerados em trabalhos anteriores de desenvolvimento e purga do poço de monitoramento devem ser considerados na definição e seleção do melhor procedimento de amostragem a ser utilizado".

Com base nessa análise de critérios do item 5 e 6 da ABNT referida, e devido aos poços possuírem diferentes diâmetros, profundidades e condutividades hidráulicas, é recomendado manter o padrão de purga e de amostragem de trabalhos pretéritos na área estudada com o objetivo de manter a comparabilidade dos dados anteriores.

Sendo assim, o método da Purga de Volume Determinado (item 7.1 da NBR 15847/2010) é o que melhor qualifica para a coleta em frente à heterogeneidade dos poços de estudo. As vantagens desse método são (item 7.1.3 da NBR 15847/2010):

a) pode ser usado com praticamente todos os tipos de bombas ou equipamentos de amostragem por captura;

b) não requer medições químicas para que se determine se a purga já está completa;

[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT/NBR 15847: Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento — Métodos de purga**. Rio de JaneiroAssociação Brasileira de Normas Técnicas, , 1987b.

c) não requer controle contínuo dos parâmetros físico-químicos para que se determine se a purga já está completa.

Dessa maneira, os parâmetros físico-químicos como pH, potencial de oxirredução (Eh), condutividade elétrica e oxigênio dissolvido não são obrigatórios segundo a ABNT, apenas recomendados. Segundo Jardim (2014),

> os dados de potencial redox precisam ser analisados com cautela, uma vez que nem sempre a cinética permite que as condições de equilíbrio termodinâmico sejam estabelecidas em ambientes complexos e que se alteram constantemente, como é o caso de sistemas aquáticos naturais.

Isso aponta a problemática da medição de Eh em águas subterrâneas em frente a sua instabilidade.

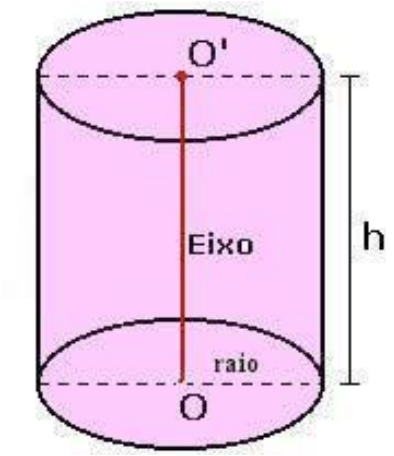
Apesar do método de purga de volume determinado, com base nas primeiras pesquisas desenvolvidas sobre amostragem de águas subterrâneas, indicar a necessidade de se retirar por volta de 3 a 5 vezes o volume de água presente no poço para assegurar que a água seja representativa, a Nota 2 do Item 7.1.1 da NBR 15847/2010 referente à Descrição do Método salienta que

> estudos subsequentes concluíram que não há uma recomendação segura quanto ao número de vezes que o volume d'água contido no poço deva ser removido, de maneira a se garantir uma amostra representativa em todas as áreas a serem monitoradas, pois dependem das características hidrogeológicas específicas e que, portanto, devem ser consideradas nesta definição, com base no julgamento profissional.

Sendo assim, o volume de água purgado será determinado em campo em frente às variáveis climáticas que interferem na profundidade do nível freático, e, contudo, interfere diretamente na aquisição do volume de água do poço e na decisão do número de vezes que deve ser purgado o volume.

Após a constatação de situação adequada para a amostragem foi procedido a purga do poço, isto é, a eliminação total da água estagnada que estava no poço, mas sem esgotar o poço totalmente. Para tanto, uma trena eletrônica foi utilizada para determinar a posição inicial do nível freático e com a mesma trena desligada, foi medida a profundidade do poço (que é previamente conhecida, mas deve ser checada a cada amostragem). Ao conhecer a altura da coluna de água com base no diâmetro do poço, calculou-se a quantidade de água a ser retirada para certificar-se do esvaziamento do mesmo apenas

com a água parada, evitando-se retirar a água que estará entrando no poço naquele momento. Portanto, antes de iniciar a purga, a quantidade de água parada na coluna de água foi determinada (água no interior do poço). Esse volume de água a purgar pode ser determinado através da equação abaixo:



$$V = \pi \ r^2 * h$$

Onde:

V → é o volume de água (m^3);

π → é igual a 3,14;

r → é o raio do poço (m) = D÷2;

D → é o diâmetro do poço (m);

h → é profundidade da coluna d'água (m).

Este procedimento foi desenvolvido em cada um dos poços monitores que apresentem condições de purga e de coleta de amostras de água. A purga foi executada mediante o volume calculado e com um método de retirada da água estagnada que:

a) evite o distúrbio na coluna d'água;

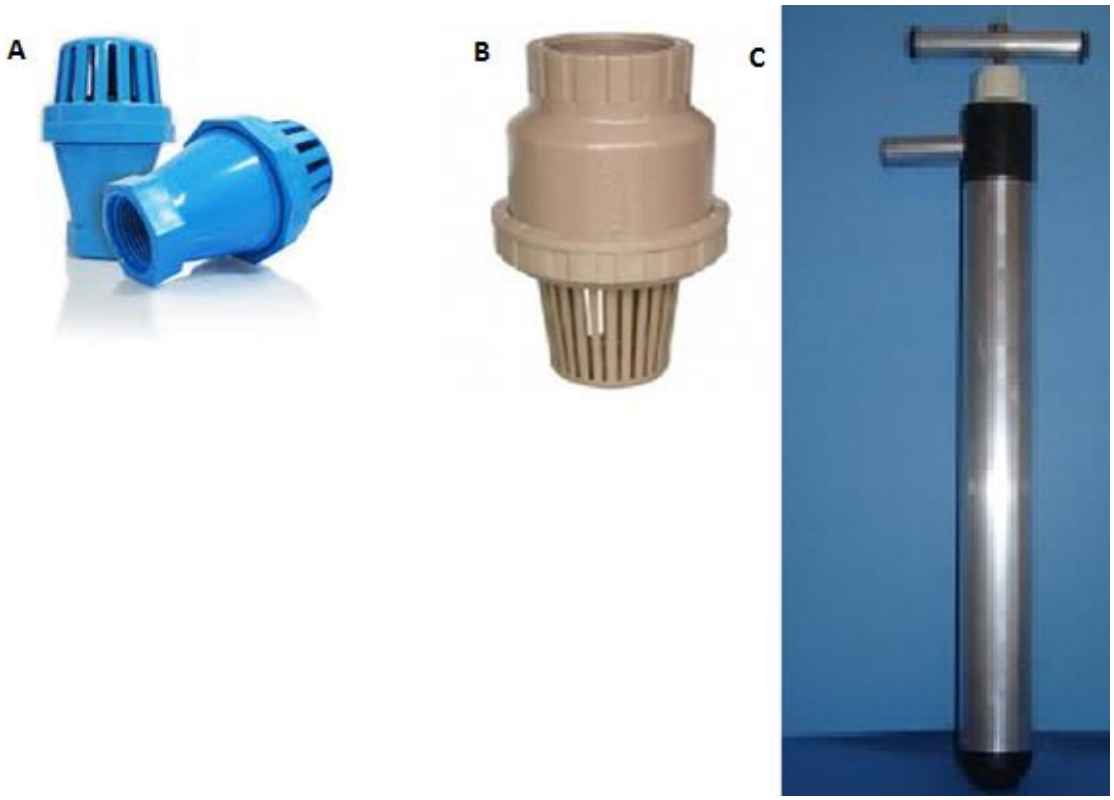
b) evite a mistura de águas de zonas distintas e o aumento de turbidez;

c) o fluxo de água do aquífero renove a água que passa pela seção filtrante;

d) amostras obtidas sejam representativas, sem necessidade de altas taxas de purga do poço, somente da água estagnada.

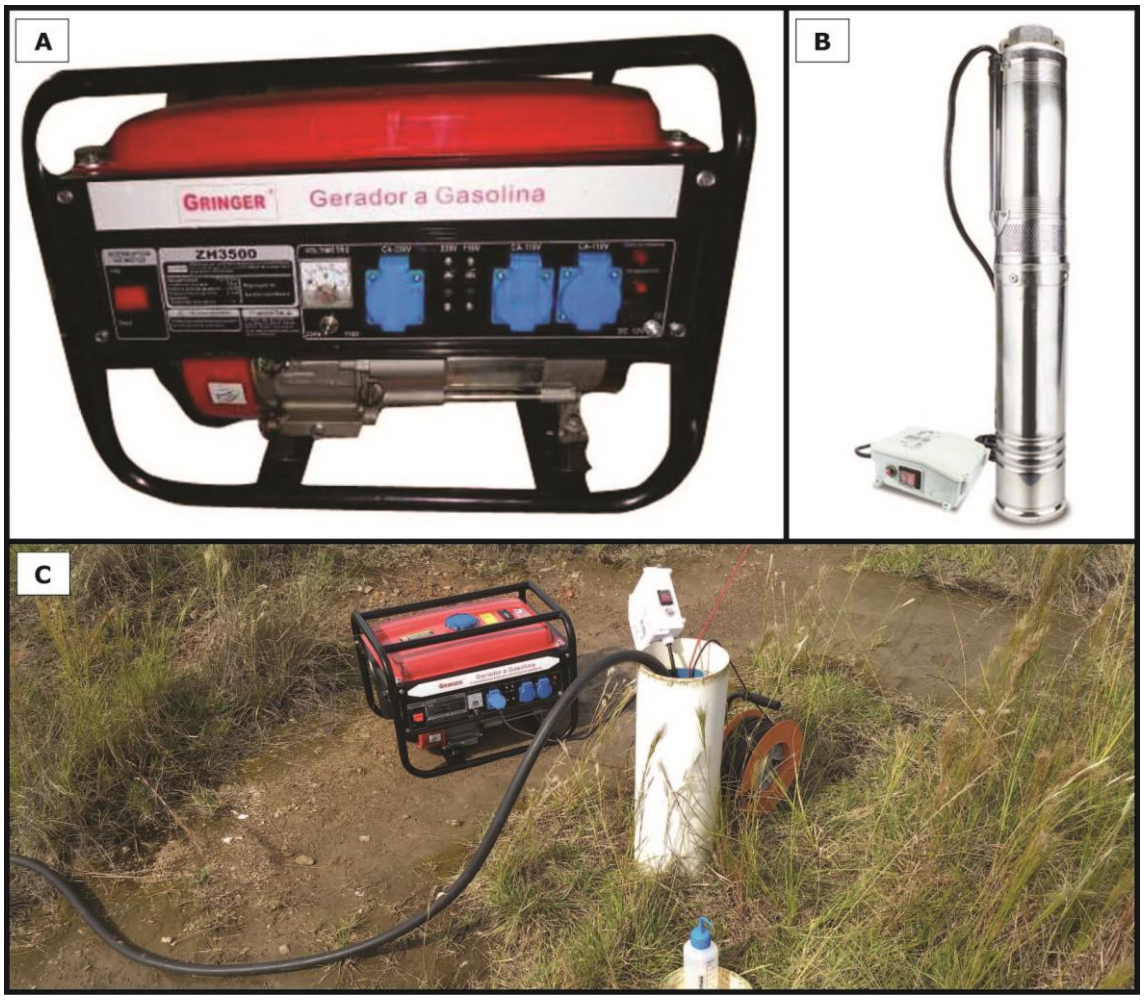
Para alcançar estas exigências enunciadas acima, utilizou-se uma "bomba de dreno manual" com mangueiras acopladas à válvula de pé (Figura 14). A utilização da válvula de pé, devidamente higienizada a cada amostragem, impede que a retirada da água estagnada retorne ao poço por qualquer bombeamento irregular ocasionando turbidez. A Figura 14 apresenta a bomba de dreno manual bem como as válvulas utilizadas. O equipamento de captação deve ser introduzido e removido de forma lenta e cautelosa no poço para evitar a movimentação de partículas sólidas eventualmente existentes no poço e no pré-filtro.

Figura 14 - Válvula de pé para colocação na mangueira para executar a purga do poço de vários tamanhos em função da variação da circunferência dos poços (A e B). Bomba de dreno manual, para o recalque da água estagnada do poço, visando o mínimo de turbidez possível (c).



Para alguns poços de maior diâmetro, foi utilizado para purga uma bomba de água submersível e um gerador de energia (Figura 15). A bomba de água submersível é do tipo caneta de ½ HP e 1,5" com entrada de 220 Volts modelo 4SGM2/4A - Tander Profissional. A bomba é ligada no gerador de energia Gringer, modelo ZH3500, com 3000 watts de potência com saída em 110 e 220 Volts. A Figura 15-C ilustra o sistema utilizado em poços com maior volume onde temos o gerador alimentando a bomba submersa a qual tem uma mangueira conectada para a saída da água, colocada dentro do poço junto com o medidor de profundidade do nível de água. Os poços em que foram utilizada a bomba submersa são PM-1, PM-5, PM-7 e PM-10. Todo equipamento é devidamente higienizado após a cada purga realizada. A purga sempre é realiza pelo menos 24 horas antes da coleta com o objetivo de garantir a recuperação e estabilização do poço de monitoramento.

Figura 15 - (A) Gerador Gringer ZH3500 para ligar a bomba submersível; (B) Bomba de água submersível 1/2HP e 1,5" Tander profissional; (C) Amostragem poço PM-10 apresentando o sistema utilizado para o esgotamento de poços com maior volume de água devido ao maior diâmetro do poço para o monitoramento de água subterrânea da Termelétrica de Candiota



Coleta das Amostras

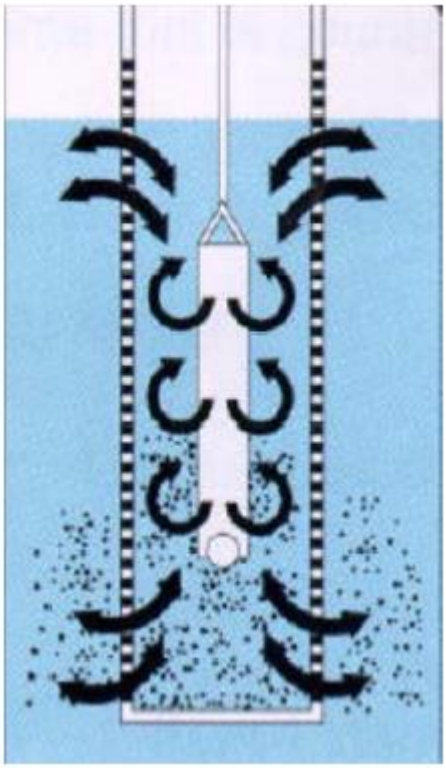
Após o tempo de recarga dos poços (pelo menos 24 horas depois da purga), iniciou-se o processo de amostragem das águas subterrâneas. Primeiramente foi anotado em planilha/caderneta de campo as condições do tempo e a temperatura do ar no local do poço no momento do início da coleta. Para realizar a coleta de água subterrânea foi utilizado um amostrador descartável do tipo "bailer". A Figura 16 apresenta de forma esquemática a utilização do amostrador do tipo "bailer" no momento que o instrumento

atinge a camada hídrica do poço para a realização da amostragem. Este tipo de amostrador é constituído por um tubo longo de diferentes diâmetros, aberto nas extremidades. Na parte do fundo, possui uma esfera que trabalha com uma válvula, que abre devido à pressão da água para entrar no tudo preenchendo o amostrador, e que fecha quando é içado para fora do poço, ou quando a pressão da água contida no poço é menor do que a da água coletada e contida dentro do amostrador. A parte superior do amostrador é constituída de um olhal para que possa ser amarrada uma corda, e assim, seja permitido inserir vagarosamente o amostrador no poço, como também para retirar o amostrar contendo a amostra de maneira vagarosa. Os “bailers” são confeccionados com materiais específicos (polietileno, PVC, aço inox e Teflon®), e adequados às características químicas dos líquidos a serem amostrados, desde água até os mais diversos tipos de contaminantes orgânicos em fase livre ou dissolvida.

Em tese, os amostradores do tipo “bailer” coletam amostras sem alterar a química das mesmas, uma vez que se enchem e esvaziam sem provocar qualquer sucção ou introdução de pressão na amostra. Contudo, no campo não é exatamente assim que ocorre, a quantidade de vezes que o “bailer” é introduzido e retirado do poço faz com que o nível d’água suba e desça, causando fluxo de água para dentro e para fora da secção filtrante. Esta reversão do sentido do fluxo faz com que as partículas finas presas ao revestimento, na seção filtrante e nas imediações do poço aumentem a turbidez da água. O aumento da turbidez está associado ao aumento das concentrações de metais e do tempo de filtragem com filtros para metais. Por ser um método manual, a qualidade do processo está diretamente ligada à habilidade do técnico, podendo ser afetada pela velocidade com que o “bailer” é introduzido no poço. Desse modo, existe a necessidade de cuidado máximo na coleta durante a introdução e a retirada do "bailer” no poço. Devido a esses cuidados pronunciados, a coleta é realizada por técnicos de nível superior extremamente qualificados e experientes no processo. Ao fazer a primeira amostragem foram medidas a temperatura da do ar e a temperatura água no momento da coleta, o oxigênio dissolvido e o pH, assim como foi coletado os coliformes termotolerantes e foi realizada a observação da turbidez da água. Sequentemente, foram realizadas diversas amostragens até que se conseguiu preencher a série de frascos e bombonas para os ensaios analíticos realizados posteriormente em laboratório. Os frascos de amostragem foram devidamente identificados e armazenados em caixa de isopor adequada e com bom estado de

preservação. O resfriamento das amostras, dentro de caixas de isopor, foi realizado com gelo para manter a temperatura ideal de conservação do material coletado (~4°C).

Figura 16 - Amostrador (descartável de polietileno) do tipo “bailer” utilizado para amostragem de água subterrânea nos poços de monitoramento de Candiota (Modificado de Soriano Junior, R.; Reis, F.A.G.V./Análise comparativa entre métodos de amostragem de águas subterrâneas)



Todo equipamento perene usado no poço foi adequadamente higienizado antes do manuseio e do prosseguimento da sequência da amostragem em outro poço monitor. Esses materiais são reconhecidamente inertes ao contaminante-alvo ou analito-alvo e demais componentes internos do poço. Tubos amostradores do tipo “bailer” utilizados na amostragem foram separados para o descarte após o término da coleta em cada poço.

As coletas de amostras atenderam ao estabelecido na ABNT NBR 15847/2010, assim como foram consideradas como base de consulta a Portaria nº 29/2017 e a Diretriz Técnica nº. 04/2021 – DIRTEC, ambas emitidas pela FEPAM, a respeito da sua aplicação nos serviços de monitoramento de águas subterrâneas.

Variáveis Analisadas

Muitas das variáveis analisadas serviram de parâmetros para estabelecer a qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Quadro 23). Além das variáveis apresentadas no Quadro 23, foram medidas as variáveis de poço tais como nível estático (m) e profundidade (m), como também as variáveis de temperatura do ar (°C) e de temperatura da água (°C).

Quadro 23 - Variáveis analisadas para a qualidade da água subterrânea para a área de estudo da Usina Termelétrica de Candiota.

Variáveis (Água Subterrânea)		
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	Al Dissolvido (mg·L^{-1})	Al Total (mg·L^{-1})
Condutividade (µS·cm^{-1})	As Dissolvido (mg·L^{-1})	As Total (mg·L^{-1})
Cor Real (U.C)	Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	Cd Total (mg·L^{-1})
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	Pb Total (mg·L^{-1})
DQO (mg·L^{-1} O_2)	Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	Cu Total (mg·L^{-1})
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	Cr Total (mg·L^{-1})
Fósforo Total (mg·L^{-1})	Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	Fe Total (mg·L^{-1})
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	Mn Total (mg·L^{-1})
OD (mg·L^{-1})	Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	Hg Total (mg·L^{-1})
pH	Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	Ni Total (mg·L^{-1})
Turbidez (NTU)	Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	Zn Total (mg·L^{-1})

Métodos Analíticos

Na Tabela 9 são apresentados os métodos utilizados para a obtenção das variáveis medidas em laboratório para o monitoramento das águas subterrâneas na área da Usina Termelétrica de Candiota, assim como suas unidades, graus de incerteza e limites quantitativos.

Tabela 9 - Métodos de aquisição de dados laboratoriais para os parâmetros avaliados para o monitoramento ambiental da área da usina termoelétrica. Onde L.Q. é o limite de quantificação.

Análises Realizadas em Laboratório				
Parâmetros	**Unidade**	**Incerteza**	**L.Q.**	**Referência do Método Analítico**
Coliformes	(NMP·100mL^{-1})		1	SMWW, 23ª edição, método 9223B:2017
Condutividade	(µS·cm^{-1} à 25°C)	1,76852	1,0	SMWW, 23ª edição, método 2510B:2017
Cor Real	(U.C.)	6	10,0	SMWW, 23ª edição, método 2120C:2017
DBO_5	(mg O_2·L^{-1})	1,337256	2	SMWW, 23ª edição, método 5210B:2017
DQO	(mg O_2·L^{-1})	3,13088	6	SMWW, 23ª edição, método 5220B:2017
Fenóis Totais	(mg C_6H_6OH·L^{-1})	0,0000067	0,0001	EPA 8270E:2018
Fósforo Total	(mg P·L^{-1})	0,01	0,02	EPA método 200.7:2001
Óleos e Graxas	(mg O&G·L^{-1})	0,2	10	SMWW, 23ª edição, método 5520D:2017
OD	(mg O_2·L^{-1})	3,035	0,2	SMWW, 23ª edição, método 4500-O C:2017
pH	-		-	SMEWW, 23ª edição, método 4500 - H + B
Turbidez	(NTU)	0,085316	2,0	SMWW, 23ª edição, método 2130B:2017
Al Dissolvido	(mg Al·L^{-1})	0,0176	0,1	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
As Dissolvido	(mg As·L^{-1})	0,00177	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Cd Dissolvido	(mg Cd·L^{-1})	0,005724	0,005	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Pb Dissolvido	(mg Pb·L^{-1})	0,00142	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Cu Dissolvido	(mg Cu·L^{-1})	0,00444	0,03	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Cr Dissolvido	(mg Cr·L^{-1})	0,000825	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Fe Dissolvido	(mg Fe·L^{-1})	0,0479	0,3	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Mn Dissolvido	(mg Mn·L^{-1})	0,0419	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Hg Dissolvido	(mg Hg·L^{-1})	0,000017604	0,0001	EPA 7470A:1994
Ni Dissolvido	(mg Ni·L^{-1})	0,00227	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Zn Dissolvido	(mg Zn·L^{-1})	0,00364	0,05	SMWW, 23ª edição, método 3120B:2017
Al Total	(mg Al·L^{-1})	0,018	0,1	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
As Total	(mg As·L^{-1})	0,0002	0,002	EPA 3015A:2007
Cd Total	(mg Cd·L^{-1})	0,005724	0,005	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
Pb Total	(mg Pb·L^{-1})	0,001	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
Cu Total	(mg Cu·L^{-1})	0,004	0,03	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
Cr Total	(mg Cr·L^{-1})	0,0008	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
Fe Total	(mg Fe·L^{-1})	0,059	0,3	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
Mn Total	(mg Mn·L^{-1})	0,061	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
Hg Total	(mg Hg·L^{-1})	0,000017604	0,0001	EPA 7470A:1994
Ni Total	(mg Ni·L^{-1})	0,003	0,01	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017
Zn Total	(mg Zn·L^{-1})	0,004	0,05	SMWW, 23ª edição, método 3030B:2017

As amostras foram conduzidas ao laboratório Ceimic localizado no Município de Porto Alegre (o qual é devidamente credenciado), observando o acondicionamento dos materiais amostrados, bem como as técnicas de conservação com a temperatura de condução de 4°C e dentro da validade para cada tipo de amostra (Quadro 24).

Quadro 24 - Métodos de preservação e validades dos parâmetros analíticos para a realização de ensaios e aquisição de dados neste monitoramento ambiental.

Variável	Unidade	Frasco	Preservação	Validade
DBO	mg/L	P	Refrigeração a 4°C	< 24 horas
DQO	mg/L	V	Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Fenois Total	mg/L	V	H2SO4 conc. Até pH<2 e Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Fosforo Total	mg/L	V	H2SO4 conc. Até pH<2 e Refrigeração a 4°C	< 24 horas
pH			Medida em Campo e Laboratório	< 24 horas
Condutividade	µS/cm	V	Medida em Campo e Laboratório	< 24 horas
Côr	mg/LPt-Co	V	Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Turbidez	NTU	P	Refrigeração a 4°C e manter ao abrigo da luminosidade	< 24 horas
Óleos e Graxas	mg/L	V	HCl +1 até pH ≤ 2 e Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Metais Totais (Al, Fe, Cu, As, Cd, Ni, Mn, Pb, Zn, Cr e Hg)	mg/L	P	HNO3 concentração até pH< 2 e Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Coliformes Termotolerantes (*E. Coli*)		V	Refrigeração < 10 °C Adicionar 0,3 mL para 120 mL de amostra	< 24 horas
Toxicidade Cronica		P	2mL sol. K2CrO7 a 20% em sol HNO3, 1:1 Refrigeração a 4°C	< 24 horas
Toxicidade Aguda		P	2mL sol. K2CrO7 a 20% em sol HNO3, 1:1 Refrigeração a 4°C	< 24 horas

Métodos Analíticos

Os resultados das análises de água subterrânea para as variáveis físicas, químicas e microbiológicas foram interpretados com base na legislação vigente que dispõem sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas empregadas pela Resolução 396 de 2008 do CONAMA.[18] Essa resolução possui quatro referências qualitativas as quais determinam os limites máximos das variáveis para o consumo humano (C.H.), dessedentação de animais (D.A.), irrigação e recreação.

No entanto, a Resolução 396 de 2008 do CONAMA apresenta, praticamente, limites quantitativos para as variáveis químicas de metais totais para os dados desse estudo. Assim, a necessidade de suprir os limites quantitativos para as demais variáveis, utilizou-se outras resoluções para classificação da qualidade das águas para o consumo humano. Para os metais dissolvidos se utilizou a mesma classificação dos metais totais estabelecidos na Resolução 396 de 2008 do CONAMA para águas subterrâneas, uma vez que os metais totais são a soma da fração dissolvida e da fração particulada.

Para os limites e a classificação dos demais parâmetros (quando existentes) foram utilizadas diversas referências tais quais a Resolução 396 de 2008 do CONAMA para águas subterrâneas, os padrões das águas subterrâneas referidos no livro de hidrogeologia

[18] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008 — 4ª Câmara - Meio Ambiente e Patrimônio Cultural**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. 2008. Disponível em: https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-no-396-de-3-de-abril-de-2008/view. Acesso em: 26 jul. 2024.

de 2008 da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB), a Resolução 1469 de 2000 do Ministério da Saúde. Para complementação de algumas variáveis ainda se utilizou as orientações para Classe 1 da Resolução 357 de 2005 do CONAMA para águas superficiais. Essa resolução foi usada nesse estudo uma vez que se entende a maior exigência de qualidade das águas subterrâneas para o consumo humano. Também foram utilizados limites estipulados em legislações internacionais. Os limites mais rigorosos dentro das resoluções mencionadas foram utilizados para classificação das variáveis estudadas. A Tabela 10 resume os parâmetros de classificação utilizados para cada variável analisada.

Além disso, serão utilizados para modo de discussão limites de referências nacionais e internacionais para alguns parâmetros. Esses limites são buscados em legislações nacionais e estrangeiras como no caso da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), da *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* (ANZECC), da *Kentucky Pollutant Discharge Elimination System* (KPDES), da *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), da *Environmental Protection Agency* (EPA-Irlanda), da *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME), da *World Health Organization* (WHO), ou de publicações em artigos científicos.

A apresentação dos dados foi realizada previamente por meio de relatórios parciais que representam cada campanha amostral realizada e os quais foram compostos pela descrição dos procedimentos técnicos de coleta e preservação das amostras; data de realização da amostragem; registro fotográfico; posição georreferenciada dos locais de coleta, em GPS, juntamente com um mapa mostrando os referidos pontos (no formato JPG); parâmetros amostrados; condições meteorológicas do período de amostragem; descrição dos equipamentos utilizados na amostragem; profissionais envolvidos na realização dos trabalhos; cópia das ART's dos profissionais responsáveis pelas coletas e análises previstas no contrato; identificação do laboratório responsável pela realização das análises; laudos analíticos assinados por profissional habilitado para cada campanha contendo identificação da amostra analisada, metodologias analíticas utilizadas, modelo do instrumental analítico utilizado, limite de detecção do método; laudos analíticos assinados pelo técnico responsável habilitado, indicando o n° do registro no conselho profissional e o respectivo n° da ART pela execução das análises; tabela contendo os

valores dos parâmetros analisados; interpretação dos resultados, referenciando cada local de amostragem isoladamente, bem como o comparativo com o "Ponto Branco"; relatórios técnicos assinados pelo técnico responsável habilitado, indicando o n° do registro no conselho profissional e cópia da respectiva ART pela execução dos serviços.

Tabela 10 - Referências de classificação para cada variável analisada.

Água Subterrânea	Classificação			Referência
Variável	396/CPRM	M.S./357	VI	(a) CONAMA 396-2008 - C.H.; (b) CPRM 2008 - água subterânea; (c) MS 1469-2000 - C.H.; (d) CONAMA 357-2005 - classe 1; (VI) Valores internacionais - drinking.
Nível Estático (m)	-	-	-	
Profundidade (m)	-	-	-	
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	-	ausente (c)	ausente	
Condutividade (µS·cm^{-1})	-	-	500	
Cor Real (U.C)	-	15 (c)	15	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	5 (b)	3 (d)	3	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	10 (b)	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	0,003 (a)	0,003 (d)	-	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	1 (b)	0,025 (d)	-	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	-	ausente (d)	-	
OD (mg·L^{-1})	0-5 (b)	>6 (d)	-	
pH	5,5-8,5 (b)	6 a 9 (d)	6,5-8,5	
Temperatura àgua (°C)	-	-	-	
Temperatura ar (°C)	-	-	-	
Turbidez (NTU)	5 (b)	5 (c)	5	
Metais	396	357	VI	CONAMA 396-2008 - consumo humano; CONAMA 357-2005 - classe 1 (metais dissolvidos); (VI) Valores internacionais - drinking.
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	-	0,1	-	
Al Total (mg·L^{-1})	0,2	-	0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	-	0,01	-	
As Total (mg·L^{-1})	0,01	-	0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	-	0,001	-	
Cd Total (mg·L^{-1})	0,005	-	0,002	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	-	0,01	-	
Pb Total (mg·L^{-1})	0,01	-	0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	-	0,009	-	
Cu Total (mg·L^{-1})	2	-	2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	-	0,05	-	
Cr Total (mg·L^{-1})	0,05	-	0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	-	0,3	-	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,3	-	0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	-	0,1	-	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,1	-	0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	-	0,0002	-	
Hg Total (mg·L^{-1})	0,001	-	0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	-	0,025	-	
Ni Total (mg·L^{-1})	0,02	-	0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	-	0,18	-	
Zn Total (mg·L^{-1})	5	-	3	

Este relatório apresenta a compilação, integração e análise dos dados coletados no período de um ano amostral. Tabelas, gráficos e mapas são apresentados a modo de facilitar a busca e entendimento dos dados. Comparações com dados de anos anteriores

foram realizados a modo de visualizar a evolução da qualidade ambiental da água subterrânea.

2.4.3. Resultados e Discussão

Condições de Preservação dos Poços de Monitoramento

A Tabela 11 apresenta as medições *in loco* e as descrições do estado de preservação dos poços da última campanha amostral (Campanha de inverno, setembro de 2024), além de observações das amostras quando necessário. A *plate* de fotos da Figura 17 apresenta imagens sobre as condições de preservação dos poços e a qualidade das amostras (melhor documentado nos relatórios parciais trimestrais).

Em campanhas passadas, os poços receberam melhorias na sua proteção, assim como obtiveram alguns reparos, e atualmente todos estão em boas condições de conservação (Tabela 11).

As tampas da tubulação geomecânica azul agora apresentam cadeado ajudando na segurança e proteção dos poços. A reposição/substituição das tampas externas, assim como os reparos nas estruturas das tubulações evitam a entrada direta da água meteórica, diminuindo possíveis contaminações diretamente ao poço ou entrada de animais.

Tabela 11 - Resultados obtidos *in loco* para os poços monitores da Campanha 4 do ano 2023/2024 referente ao mês de setembro. Apresentam-se as observações do estado de conservação dos poços. As cores representam o nível de qualidade de preservação dos poços em que verde representa boas condições, amarelo condiz com uma qualidade intermediária apresentando algumas degradações externas dos poços, e a cor vermelha significa péssimas condições de preservação.

Poço	N.E. (m)	Prof. (m)	h (m)	D (m)	Vestag (L)	Vesgot (L)	T água (°C)	T ar (°C)	OD ($mg \cdot L^{-1}$)	pH
PM-1	2,01	8,88	6,87	0,100	53,96	54,00	17,7	17,9	4,82	5,6
	Obs.: Poço possui pequena rachadura na tubulação externa, mas apresenta **bom estado de conservação**. Água um pouco turva na purga. Água cristalina na coleta.									
PM-2	0,40	5,34	4,94	0,051	10,09	7,00	18,2	21,9	2,31	6,7
	Obs.: Poço **em bom estado de conservação.** Água cristalina na purga. Água cristalina na coleta.									
PM-3	1,50	3,59	2,09	0,100	16,41	20,00	17,9	15,9	6,55	6,4
	Obs.: Poço em **boas condições de preservação**. Água cristalina na purga. Água cristalina na coleta.									
PM-4	0,63	2,52	1,89	0,100	14,84	22,00	18,1	22,2	2,72	6,8
	Obs.: Poço **em bom estado de conservação**. Água turva na purga. Água cristalina na coleta.									
PM-5	3,00	9,65	6,65	0,100	52,23	54,00	18,1	19,3	4,75	5,60
	Obs.: Poço em **boas condições de preservação.** Água um pouco turva no início da purga, após ficou cristalina. Água cristalina na coleta, porém com cheiro fétido.									
PM-6	0,53	4,63	4,10	0,100	32,20	33,00	17,3	19,8	7,28	5,2
	Obs.: Apesar do poço possuir pequenos danos devido à queimada, ele permanece em **boas condições de preservação**. Água um pouco turva no início da purga. Água um pouco turva na coleta.									
PM-7	0,20	9,87	9,67	0,110	91,90	93,00	19,2	24,5	7,21	5,6
	Obs.: Poço em **bom estado de conservação**. Água turva na purga. Água cristalina na coleta.									
PM-8	Obs.: Poço soterrado.									
PM-9	0,66	4,14	3,48	0,110	33,07	34,00	17,3	17,0	7,32	5,8
	Obs.: Poço em **bom estado de conservação**. Água turva no início da purga, após ficou cristalina. Água cristalina na coleta.									
PM-10	5,65	12,14	6,49	0,100	50,97	53,00	20,8	24,0	5,07	4,4
	Obs.: Poço em **boas condições de conservação**. Água turva no início da purga. Água cristalina na coleta.									
PM-11	Obs.: Poço destruído.									
PM-12	1,54	3,78	2,24	0,051	4,58	11,00	17,9	18,0	4,14	6,5
	Obs.: Poço **em boas condições de preservação**. Água bastante turva na purga. Água cristalina no início da coleta, após ficou gradativamente turva.									
PM-13	1,26	4,36	3,10	0,051	6,33	11,30	19,0	22,3	5,68	6,8
	Obs.: Poço em **bom estado de conservação**. Água um pouco turva no início da purga, após ficou cristalina. Água cristalina na coleta.									
PM-14	1,11	5,96	4,85	0,051	9,91	10,50	21,6	23,9	4,23	6,3
	Obs.: Poço em **bom estado de conservação**. Água turva no início da purga, após ficou cristalina. Água cristalina na coleta.									
PM-15	Obs.: Poço soterrado por obras de terraplanagem (Vieiro, 2014).									
PM-16	1,08	3,17	2,09	0,051	4,27	11,00	20,3	24,6	5,17	6,00
	Obs.: Poço em **boas condições de preservação.** Água turva na purga. Água cristalina na coleta.									
PM-17	1,54	2,81	1,27	0,051	2,59	12,00	17,9	16,8	3,09	5,6
	Obs.: Poço em **bom estado de conservação**. Água turva na purga. Água cristalina na coleta.									
PM-18	Obs.: Poço com danos irreversíveis na estrutura por escavação próxima (Vieiro, 2014).									
PM-19	0,59	4,63	4,04	0,051	8,25	12,00	20,9	22,1	4,64	6,0
	Obs.: Poço em **boas condições de preservação.** Água cristalina na purga. Água cristalina na coleta. Próximo ao local, ocorre um depósito de rejeito de mármore levado por caminhões da prefeitura municipal.									
PM-20	0,52	2,39	1,87	0,051	3,82	4,00	19,9	19,2	2,82	6,2
	Obs.: Poço em **bom estado de conservação**. Não possui proteção contra colisões, no entanto, não se faz necessário devido estar localizado em meio a mata. Água bastante turva na purga. Água cristalina na coleta.									

Figura 17 - *Plate* de fotos apresentando as condições de preservação para cada poço de monitoramento da qualidade da água subterrânea.



Figura continua na próxima página.



Quase a totalidade dos poços está contemplada com estruturas de proteção contra impactos com suas arestas formando uma geometria próxima a um cubo (tipo mesa) sendo

algumas removíveis e outras fixas. As estruturas possuem cores de sinalização de alerta (faixas intercaladas em amarelo e preto). Essas estruturas são extremamente importantes para a proteção dos poços contra a colisão principalmente de veículos e maquinários. A maioria dos danos nos poços era ocasionada principalmente por colisão de veículos, principalmente em locais aonde a vegetação poderia encobrir visualmente os poços. Esse sistema ameniza bastante esse risco. Apenas o poço PM-20 não apresenta essa proteção, no entanto, não se faz necessário devido o poço estar extremamente protegido pela mata e árvores no local.

Condições Climáticas

O gráfico da Figura 18 (Campanha amostral 1), da Figura 19 (Campanha amostral 2), da

Figura 20 (Campanha amostral 3) e da Figura 21 (Campanha amostral 4) apresenta as variações de temperatura máxima e mínima em relação à temperatura média diária, como também as medições de precipitação pluviométrica nos períodos entre coletas. Os dados utilizados são referentes à estação automática do INMET de Bagé.

Durante a campanha amostral de primavera (C1) verifica-se no gráfico que o pico mais expressivo do nível de precipitação ultrapassou 100 mm·dia^{-1}, e a média de precipitação por dia no período foi de 8,0 mm·dia^{-1}. Essa média foi superior ao intervalo de primavera do ano 2022 que registrou 3,1 mm·dia^{-1}. A temperatura média durante a C1 foi de 16,9°C, sendo que a média das temperaturas máximas é de 22,9°C (com temperatura máxima registrando 35,4°C) e a média das temperaturas mínimas é de 12,0°C (com temperatura mínima registrando 0,5°C). Em comparação com o ano anterior, as temperaturas tiveram um pequeno aumento de modo geral. A atual campanha de primavera obteve uma média pluviométrica mais que o dobro em relação à campanha anterior (inverno de 2023). A diferença é devida as chuvas mais regulares e expressivas durante a campanha de primavera. A alta média pluviométrica facilitou a recarga dos poços, não tendo problemas na quantidade de água amostral na coleta. A maior média de temperatura durante essa campanha (Tmédia = 16,9°C) não implicaram efetivamente na queda de disponibilidade de água na área, sendo assim compensadas pelo volume e distribuição das chuvas. As condições climáticas diminuíram as dificuldades no momento da coleta, e permitiram uma coleta completa na primeira amostragem em todos os pontos. Apesar dessas condições meteorológicas refletirem uma menor evaporação da água em comparação com a campanha anterior, assim como uma maior evapotranspiração das plantas no local, não foi o suficiente para gerar alguma preocupação em relação ao volume necessário para as amostras.

Durante a campanha amostral de verão (C2) observa-se no gráfico que o pico mais expressivo do nível de precipitação ultrapassa 40 mm·dia^{-1}, e a média de precipitação por dia no período foi de 4,3 mm·dia^{-1}, também superando a média para a mesma estação do ano anterior. A temperatura média durante a C2 foi de 22,5°C, sendo que a média das temperaturas máximas foi de 28,6°C (com temperatura máxima registrando 34,5°C) e a média das temperaturas mínimas foi de 17,3°C (com temperatura mínima registrando 11,2°C). A campanha de verão obteve uma média pluviométrica mais que o dobro em relação à campanha anterior (primavera). A diferença é devida as chuvas mais regulares

e expressivas durante a C2. A alta média pluviométrica facilitou a recarga dos poços, não tendo problemas na quantidade de água amostral na coleta. A maior média de temperatura durante essa campanha (Tmédia = 16,9°C) não implicou efetivamente na queda de disponibilidade de água na área, sendo assim compensadas pelo volume e distribuição das chuvas. As condições climáticas diminuíram as dificuldades no momento da coleta, e permitiram uma coleta completa na primeira amostragem em todos os pontos. Apesar dessas condições meteorológicas refletirem uma menor evaporação da água em comparação com a campanha anterior, assim como uma maior evapotranspiração das plantas no local, isso não foi o suficiente para gerar alguma preocupação em relação ao volume necessário para as amostras.

Durante a campanha amostral de outono (C3) verifica-se no gráfico que o pico mais expressivo do nível de precipitação está próximo de 65 $mm \cdot dia^{-1}$, e a média de precipitação por dia no período foi de 5,3 $mm \cdot dia^{-1}$, sendo maior que o verificado no outono do ano anterior (4,5 $mm \cdot dia^{-1}$). A temperatura média durante a C3 foi de 20,0°C, sendo que a média das temperaturas máximas foi de 24,9°C (com temperatura máxima registrando 35,3°C) e a média das temperaturas mínimas foi de 15,9°C (com temperatura mínima registrando 1,6°C). A campanha de outono teve uma média pluviométrica mais elevada que o verão (5,3 e 4,3 respectivamente). A diferença foi devida as chuvas mais regulares e de maior intensidade volumétrica durante o outono. A maior média pluviométrica, aliada a sua boa distribuição no outono, refletiu no aumento da recarga dos poços, aumentando o volume e disponibilidade de água subterrânea de um modo geral, sendo possível contemplar a amostragem por completo. A média de temperatura menor durante a campanha de outono (Tmédia = 20,0°C) colaborou com a menor evaporação da água no solo em comparação com a campanha anterior, assim como menor evapotranspiração das plantas no local.

Durante a campanha amostral de inverno (C4) observa-se no gráfico que o pico mais expressivo do nível de precipitação foi próximo de 80 $mm \cdot dia^{-1}$, e a média de precipitação por dia no período foi de 3,8 $mm \cdot dia^{-1}$. A temperatura média durante a C4 foi de 13,0°C, sendo que a média das temperaturas máximas é de 18,2°C (com temperatura máxima registrando 27,9°C) e a média das temperaturas mínimas foi de 8,9°C (com temperatura mínima registrando -1,1°C). A campanha de inverno teve uma média pluviométrica menos elevada que o outono (3,8 e 5,3 respectivamente), porém

bastante significativa para o período. Nota-se que agosto foi o mês de maior intensidade volumétrica. A média pluviométrica elevada, aliada uma distribuição razoável, porém eficaz no inverno, influenciou na recarga de água nos poços de maneira positiva. O grande volume de água para a época implicou em boa disponibilidade de água subterrânea de um modo geral, sendo possível contemplar a amostragem de campo por completo. Os menores valores encontrados para média de temperatura durante a campanha de inverno (Tmédia = 13 °C) influenciaram em menores taxas de evaporação da água no solo, assim como menor em menores taxas de evapotranspiração das plantas no local.

Figura 18 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral de primavera (C1) do projeto anual de 2023/2024 (dados obtidos do site do INMET).

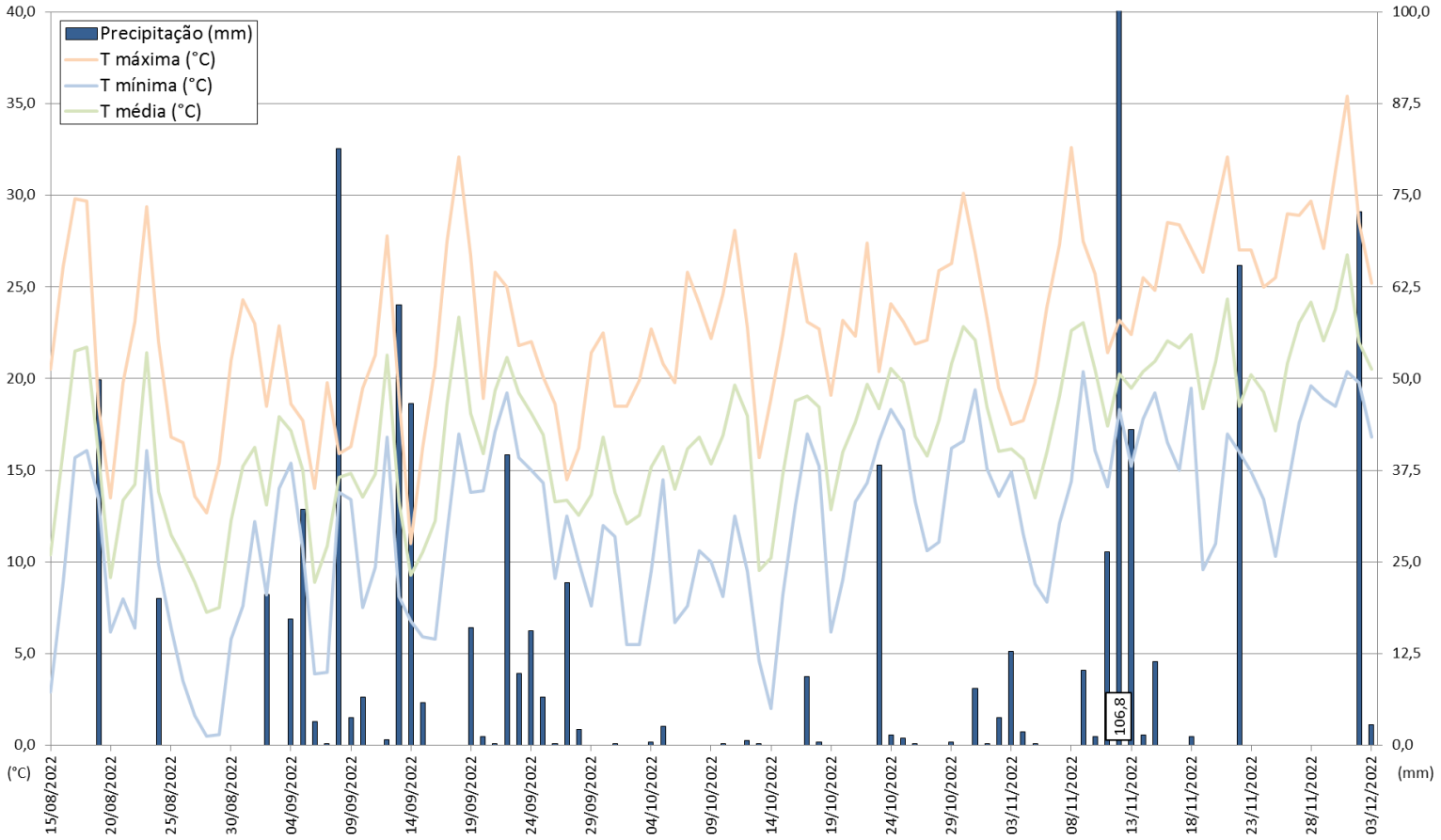


Figura 19 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral de verão (C2) do projeto anual de 2023/2024 (dados obtidos do site do INMET).

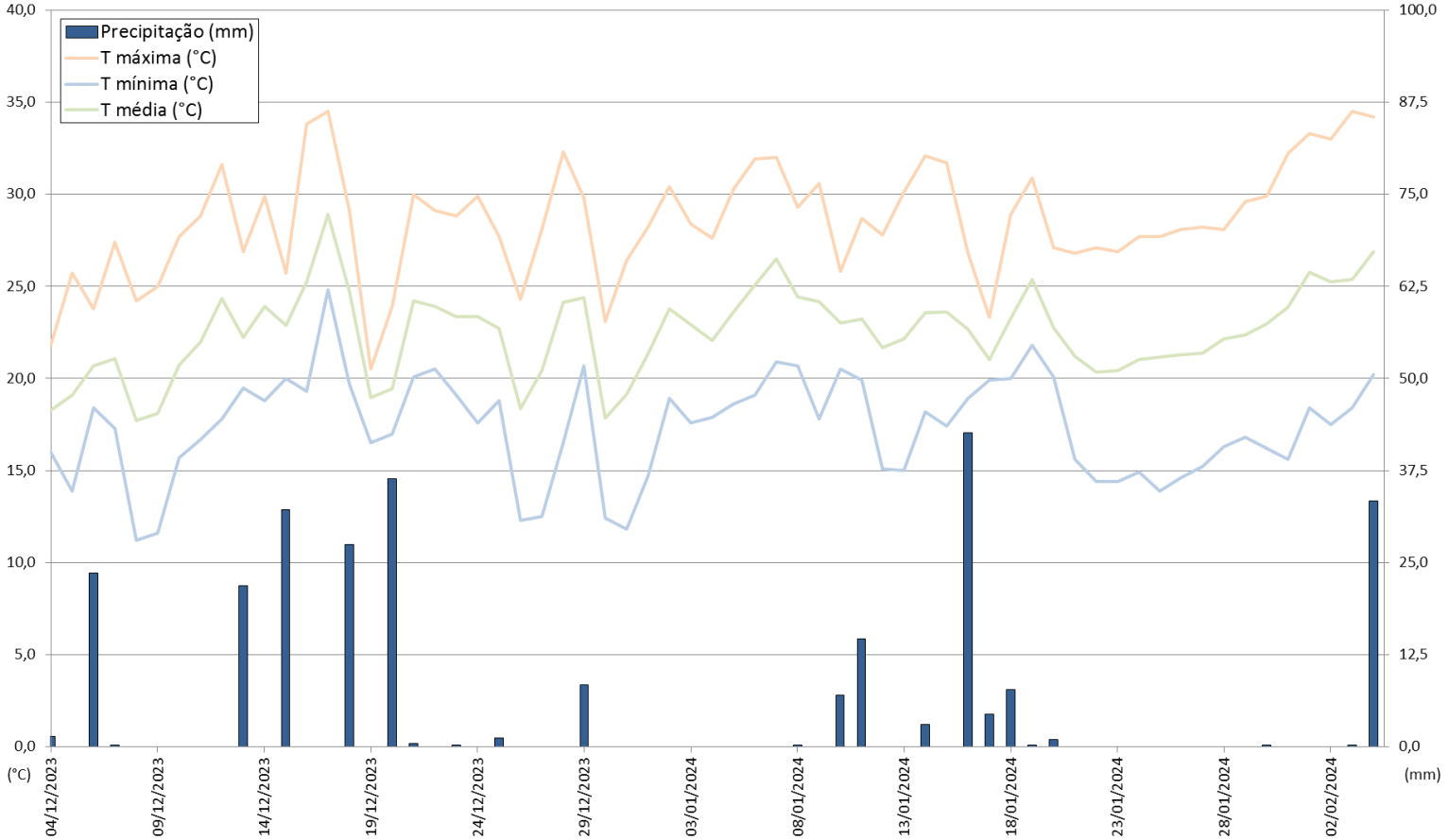


Figura 20 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral de outono (C3) do projeto anual de 2023/2024 (dados obtidos do site do INMET).

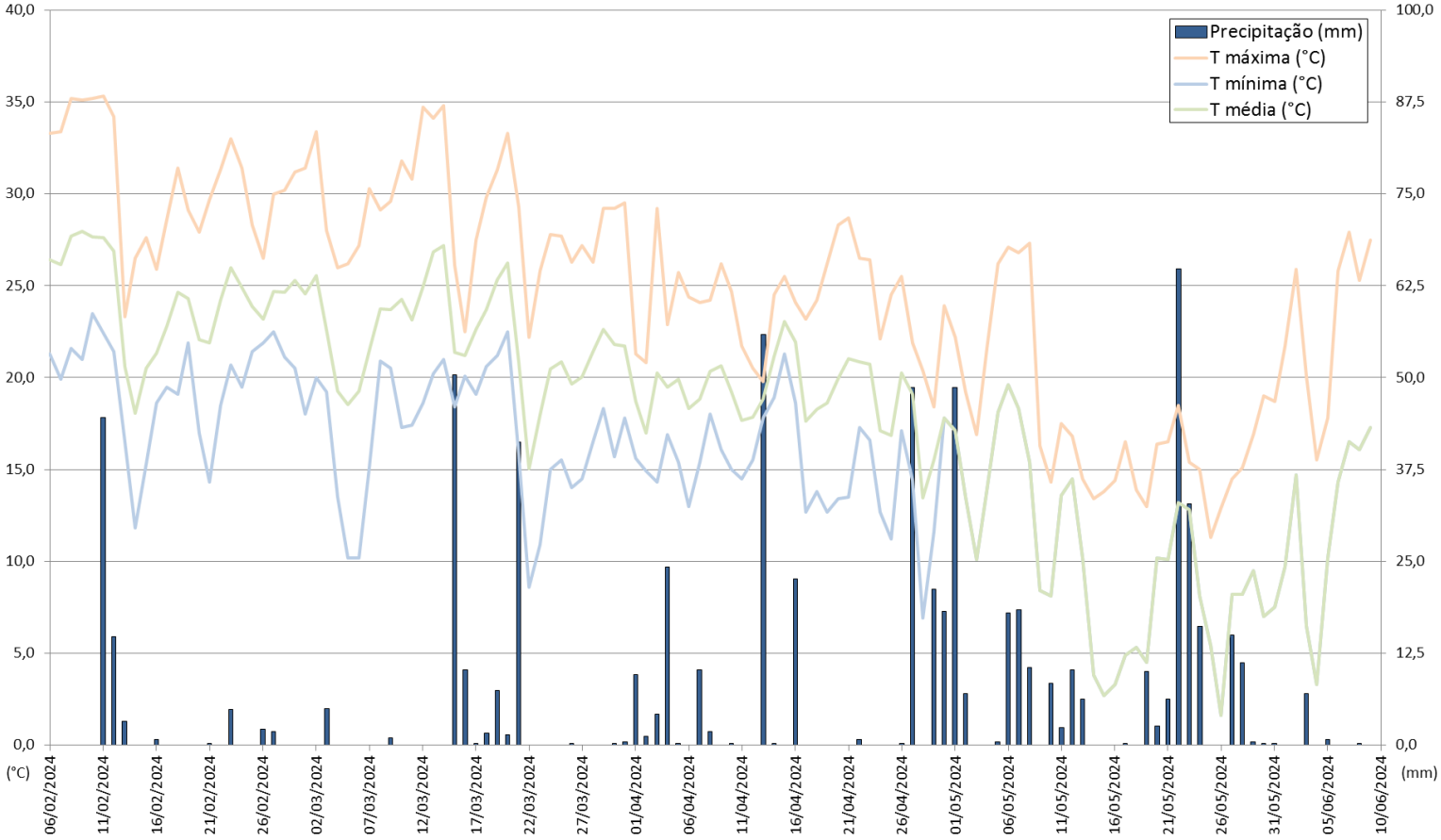
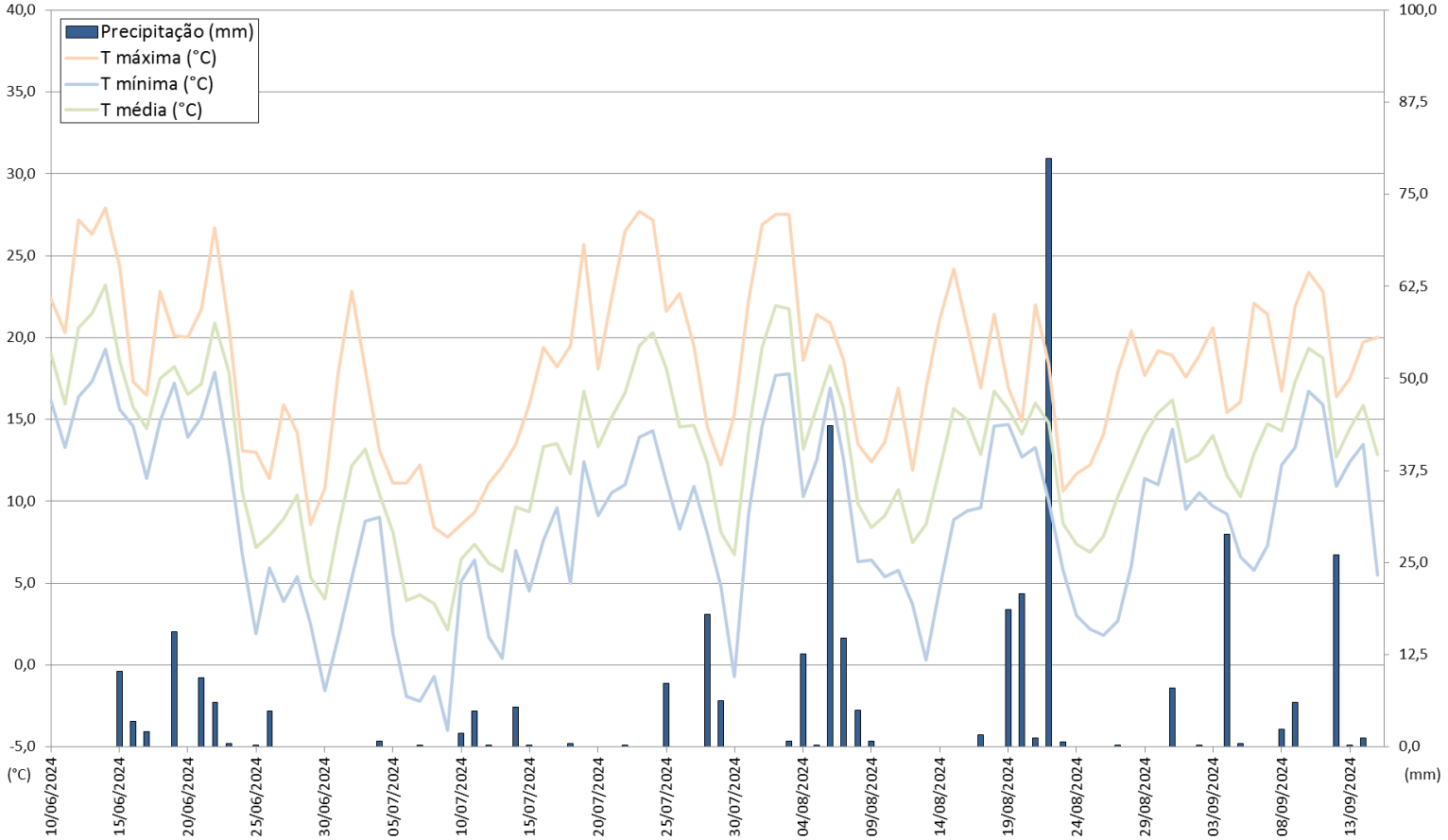


Figura 21 - Gráfico apresentando temperaturas médias, máximas e mínimas (°C), e níveis de precipitação (mm) diários para o período entre as campanhas amostrais na região de Candiota para obtenção de dados da campanha amostral de inverno (C4) do projeto anual de 2023/2024 (dados obtidos do site do INMET).



Resultados Analíticos

A Tabela 12 apresenta os dados físicos dos poços medidos *in loco* tais como o nível estático (m) e a profundidade (m), assim como a temperatura da água (°C) e a temperatura do ar (°C) no momento da amostragem para cada ponto de monitoramento de água subterrânea.

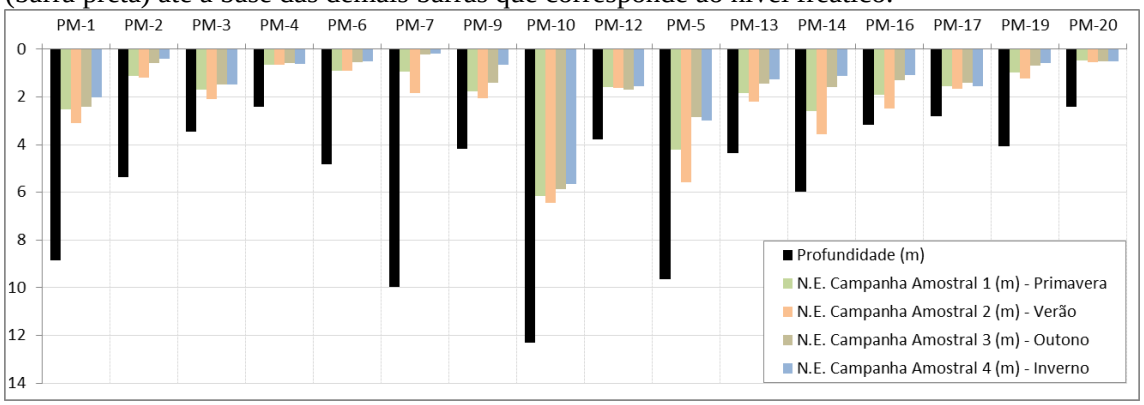
Tabela 12 - Resultados obtidos para nível estático, profundidade, temperatura da água e temperatura do ar nos pontos dos poços monitores nas áreas de Praça de Trabalho da Usina denominadas como Usina Fase B e Fase C, Almoxarifado e Candiota 1.

Localização	Usina Fase B e Fase C									Almoxarifado			Candiota 1			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-5	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Campanha Amostral 1 - Primavera (dezembro/2023)																
Nível Estático (m)	2,54	1,14	1,71	0,66	0,90	0,93	1,78	6,16	1,60	4,23	1,85	2,60	1,90	1,57	0,97	0,49
Profundidade (m)	8,83	5,40	3,60	2,42	4,89	10,04	4,12	12,47	3,72	9,60	4,38	6,00	3,20	2,83	4,60	2,43
Temperatura Água (°C)	19,6	22,8	19,9	21,2	20,1	19,4	21,5	19,5	19,9	18,7	21,2	21,5	23,1	18,8	19,2	18,7
Temperatura Ar (°C)	19,9	20,4	19,9	22,0	20,5	23,5	20,0	24,0	26,1	22,9	23,5	23,9	21,6	20,1	22,1	21,1
Campanha Amostral 2 - Verão (fevereiro/2024)																
Nível Estático (m)	3,10	1,18	2,11	0,66	0,90	1,85	2,05	6,43	1,64	5,59	2,20	3,57	2,49	1,68	1,24	0,54
Profundidade (m)	8,77	5,27	3,60	2,26	4,89	10,05	4,15	12,36	3,77	9,67	4,33	6,00	3,10	2,85	4,46	2,41
Temperatura Água (°C)	25,2	25,7	28,8	25,2	20,1	23,3	24,4	24,5	25,5	23,6	26,7	26,2	26,3	24,9	25,6	25,5
Temperatura Ar (°C)	31,9	28,9	40,5	26,3	20,5	29,0	31,9	31,4	38,2	30,1	31,8	34,5	33,8	32,1	34,0	26,8
Campanha Amostral 3 - Outono (junho/2024)																
Nível Estático (m)	2,40	0,57	1,50	0,60	0,54	0,22	1,40	5,88	1,69	2,86	1,43	1,60	1,32	1,41	0,70	0,50
Profundidade (m)	8,87	5,38	3,06	2,46	4,92	9,87	4,24	12,20	3,82	9,66	4,33	5,88	3,17	2,80	2,62	2,40
Temperatura Água (°C)	21,7	21,5	21,5	21,0	20,0	21,7	21,4	23,6	21,2	22,6	20,5	18,8	23,6	21,2	23,2	23,0
Temperatura Ar (°C)	19,9	20,2	24,1	20,6	20,8	18,9	20,3	19,3	22,3	21,7	21,0	20,0	22,0	23,8	23,2	21,5
Campanha Amostral 4 - Inverno (setembro/2024)																
Nível Estático (m)	2,01	0,40	1,50	0,63	0,53	0,20	0,66	5,65	1,54	3,00	1,26	1,11	1,08	1,54	0,59	0,52
Profundidade (m)	8,88	5,34	3,59	2,52	4,63	9,87	4,14	12,14	3,78	9,65	4,36	5,96	3,17	2,81	4,63	2,39
Temperatura Água (°C)	17,7	18,2	17,9	18,1	17,3	19,2	17,3	20,8	17,9	18,1	19,0	21,6	20,3	17,9	2,9	19,9
Temperatura Ar (°C)	17,9	21,9	15,9	22,2	19,8	24,5	17,0	24,0	18,0	19,3	22,3	23,9	24,6	16,8	22,1	19,2

O gráfico da Figura 22 apresenta os dados da profundidade do poço para cada ponto amostral e seus respectivos níveis estáticos da água subterrânea para cada campanha amostral contemplando as quatro estações do ano. Em que a Campanha 1 representa a primavera; a Campanha 2, verão; a Campanha 3, outono; e a Campanha 4, inverno. Essas informações, aliadas aos diâmetros dos poços, ajudam a compreender a capacidade e a disponibilidade volumétrica de água para amostragem. Disponibilidade essa que sofre interferência das variações de temperatura e do volume pluviométrico na região. Podemos observar no gráfico que os poços PM-5 e PM-14 obtiveram as maiores variações do seu nível freático durante o ano de monitoramento. O poço PM-5 teve o maior nível de coluna d'água durante a Campanha 3 na estação de outono, e o menor nível na Campanha 2 durante a estação de verão. O poço PM-14 teve o maior nível de coluna d'água durante a estação de inverno (Campanha 4), e o menor nível durante a estação de verão (Campanha 2). Diferentemente do ano de estudo de 2022/2023 em que as variações dos poços não são seguiam uma regra clara em relação ao nível da água,

apresentando situações bem variáveis em relação ao nível freático, esse ano de 2023/2024 teve uma tendência mais convencional para a grande maioria dos poços. Essa tendência foi observada através de medições de maiores níveis freáticos durante o inverno (e consequentemente, maiores volumes de água); e menores, no verão.

Figura 22 - Gráfico apresentando as profundidades dos poços e os seus níveis estáticos de água subterrânea para as quatro campanhas amostrais. A barra preta indica a profundidade do poço, já as demais barras indicam (no limite das suas bases) onde está o nível estático no relativo poço. Assim, a coluna d'água corresponde o intervalo que vai da base de referência da profundidade (barra preta) até a base das demais barras que corresponde ao nível freático.



A Tabela 13, a Tabela 14 e a Tabela 15, apresentam os resultados brutos obtidos das análises para a área de monitoramento Usina Fase B e Fase C; já a Tabela 16, para a área do Almoxarifado; e a Tabela 17 e Tabela 18, para a área do Candiota I. Nessas tabelas estão preenchidas com a cor vermelha as medições que ultrapassaram os limites mais rigorosos segundo as referências usadas como critério para esse estudo. A escolha de resoluções complementares para água subterrânea se deve ao fato de cobrir o máximo de parâmetros possíveis com o rigor legal, já que a água subterrânea é uma reserva muito preciosa para a vida e seus futuros usos. O oxigênio dissolvido acima do intervalo comum para água subterrânea foi destacado com a cor azul devido a sua maior oxigenação do que o padrão.

Tabela 13 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Células destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão.

Usina Fase B e Fase C	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			Referência
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-1	PM-2	PM-3	PM-1	PM-2	PM-3	PM-1	PM-2	PM-3	396/CPRM	M.S./357	VI	(a) CONAMA 396-2008 - C.H.; (b) CPRM 2008 - água subterânea; (c) MS 1469-2000 - C.H.; (d) CONAMA 357-2005 - classe 1; (VI) Valores internacionais - drinking.
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	<1	550,0	<1	<1	920,0	<1	<1	<1	1,0	6,3	23,0	1,0		ausente (c)	ausente	
Condutividade (µS·cm^{-1})	370,90	523,90	701,50	344,50	539,00	769,60	351,80	448,40	711,60	299,50	422,30	515,00	-	-	500	
Cor Real (U.C)	39,10	38,40	<10	79,80	902,00	<10	<10	30,70	<10	73,70	25,30	12,30	-	15 (c)	15	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	2,62	2,52	2,33	<2	<2	<2	2,4	<2	<2	<2	<2	<2	5 (b)	3 (d)	3	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	<6	<6	<6	15,30	13,40	17,90	10,20	<6	<6	6,99	<6	<6	10 (b)	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003 (a)	0,003 (d)	-	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,099	0,132	<0,02	<0,02	0,078	0,022	<0,02	0,021	1 (b)	0,025 (d)	-	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	17	-	ausente (d)	-	
OD (mg·L^{-1})	3,33	4,19	3,21	2,11	2,23	2,15	3,42	2,28	2,99	4,82	2,31	6,55	0-5 (b)	>6 (d)	-	
pH	5,42	6,58	6,41	5,89	7,06	6,23	5,81	6,84	6,63	5,60	6,70	6,40	5,5-8,5 (b)	6 a 9 (d)	6,5-8,5	
Turbidez (NTU)	3,89	2,86	<1	7,87	80,80	<1	15,70	39,40	1,96	11,50	8,57	5,82	5 (b)	5 (c)	5	
Metal Dissolvido														357		CONAMA 357-2005 - classe 1 (metais dissolvidos).
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,114	0,026	<0,006	0,041	0,014	0,0349	0,035	<0,006	<0,006	0,130	0,023	<0,006		0,1		
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,01		
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002		0,001		
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,01		
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		0,009		
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,05		
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	0,089	<0,006	0,025	4,870	<0,006	0,026	1,080	<0,006	0,037	0,012	<0,006		0,3		
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,364	0,745	<0,006	0,164	0,827	0,018	0,106	0,613	<0,006	0,243	0,124	<0,006		0,1		
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,0002		
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	0,0126	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,009	<0,006	<0,006		0,025		
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,033	0,013	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,016	<0,006	<0,006	0,026	0,0078	0,0086		0,18		
Metal Total														396	VI	CONAMA 396-2008 - consumo humano; (VI) Valores internacionais - drinking.
Al Total (mg·L^{-1})	162,880	0,045	0,020	0,315	0,055	0,0605	0,276	0,196	<0,006	0,345	0,264	0,016		0,2	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,006	<0,006	<0,006		0,01	0,01	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002		0,005	0,002	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,01	0,01	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		2	2	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,05	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,013	0,323	<0,006	0,279	10,207	<0,006	0,490	5,662	<0,006	0,284	0,409	<0,006		0,3	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,394	0,291	<0,006	0,161	0,689	0,022	0,101	0,592	<0,006	0,273	0,149	<0,006		0,1	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,001	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	0,0133	<0,006	<0,006	0,008	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,011	<0,006	<0,006		0,02	0,02	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,034	0,013	0,007	0,008	<0,006	<0,006	0,015	<0,006	<0,006	0,021	0,009	<0,006		5	3	

Tabela 14 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Células destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão

Usina Fase B e Fase C	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			Referência
Variável	PM-4	PM-6	PM-7	PM-4	PM-6	PM-7	PM-4	PM-6	PM-7	PM-4	PM-6	PM-7	396/CPRM	M.S./357	VI	
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	2400,0	1800,0	<1	1,0	2	2,0	<1	3,1	<1	1,0	1000,0	<1		ausente (c)	ausente	(a) CONAMA 396-2008 - C.H.; (b) CPRM 2008 - água subterânea; (c) MS 1469-2000 - C.H.; (d) CONAMA 357-2005 - classe 1; (VI) Valores internacionais - drinking.
Condutividade (µS·cm^{-1})	370,00	49,60	80,40	482,80	55,20	83,10	586,60	58,20	67,30	326,70	58,40	77,10	-	-	500	
Cor Real (U.C)	85,20	315,00	15,40	92,10	599,00	46,80	15,40	319,00	13,10	215,00	484,00	68,30	-	15 (c)	15	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	<2	2,33	2,2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	5 (b)	3 (d)	3	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	<6	<6	<6	20,90	<6	<6	<6	10,20	<6	6,29	8,73	6,3	10 (b)	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003 (a)	0,003 (d)	-	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	<0,02	<0,02	<0,02	0,076	0,061	0,065	0,027	<0,02	<0,02	<0,02	0,033	<0,02	1 (b)	0,025 (d)	-	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	ausente (d)	-	
OD (mg·L^{-1})	2,61	4,56	3,73	2,75	4,03	5,30	2,75	6,43	6,01	2,72	7,28	7,21	0-5 (b)	>6 (d)	-	
pH	6,53	5,07	5,42	6,62	5,16	5,45	6,75	5,14	5,37	6,80	5,20	5,60	5,5-8,5 (b)	6 a 9 (d)	6,5-8,5	
Turbidez (NTU)	17,40	38,10	1,42	16,70	61,00	23,90	78,70	59,20	<1	55,00	79,30	6,62	5 (b)	5 (c)	5	
Metal Dissolvido														357		CONAMA 357-2005 - classe 1 (metais dissolvidos).
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,127	0,615	0,054	0,0177	0,624	0,815	<0,006	0,138	<0,006	<0,006	0,223	0,105		0,1		
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,01		
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002		0,001		
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,01		
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		0,009		
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,05		
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,083	0,204	<0,006	1,100	0,345	0,858	0,521	0,191	<0,006	0,181	0,221	0,052		0,3		
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,274	0,010	0,059	1,318	0,014	0,055	0,647	0,014	0,027	0,378	0,025	0,048		0,1		
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,0002		
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,025		
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	0,011	0,015	<0,006	<0,006	0,013	0,013	0,012	<0,006	<0,006	0,0187	0,030		0,18		
Metal Total													396		VI	CONAMA 396-2008 - consumo humano; (VI) Valores internacionais - drinking.
Al Total (mg·L^{-1})	0,184	1,127	0,106	0,037	1,326	0,513	<0,006	1,937	0,017	0,142	3,660	0,323	0,2		0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005		0,002	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2		2	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05		0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,231	0,796	<0,006	1,493	1,045	1,067	1,721	1,336	<0,006	1,270	2,080	0,392	0,3		0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,375	0,014	0,068	1,189	0,020	0,048	0,624	0,015	0,026	0,333	0,024	0,064	0,1		0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001		0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,02		0,02	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,009	0,012	0,020	<0,006	<0,006	0,068	0,011	0,009	<0,006	<0,006	0,013	0,027	5		3	

Tabela 15 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Usina Fase B e C. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Células destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão.

Usina Fase B e Fase C	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			Referência
Variável	PM-9	PM-10	PM-12	PM-9	PM-10	PM-12	PM-9	PM-10	PM-12	PM-9	PM-10	PM-12	396/CPRM	M.S./357	VI	
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	5,2	<1	100	3,6	<1	<1	1	<1	<1	2,6	<1	2		ausente (c)	ausente	(a) CONAMA 396-2008 - C.H.; (b) CPRM 2008 - água subterânea; (c) MS 1469-2000 - C.H.; (d) CONAMA 357-2005 - classe 1; (VI) Valores internacionais - drinking.
Condutividade (µS·cm^{-1})	96,90	460,80	560,60	484,40	315,60	390,60	232,70	657,40	386,60	163,60	633,30	188,40	-	-	500	
Cor Real (U.C)	123,00	50,70	1420,00	14,60	43,00	729,00	12,30	<10	<10	45,30	23,80	729,00	-	15 (c)	15	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	<2	2,04	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	5 (b)	3 (d)	3	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	9,02	<6	<6	<6	23,12	7,46	<6	<6	7,67	7,0	<6	6,3	10 (b)	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003 (a)	0,003 (d)	-	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,032	<0,02	<0,02	0,093	0,072	0,068	0,036	0,238	<0,02	0,038	<0,02	0,034	1 (b)	0,025 (d)	-	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	ausente (d)	-	
OD (mg·L^{-1})	4,52	3,51	1,72	4,02	2,98	2,74	4,61	5,08	3,37	2,31	5,07	4,14	0-5 (b)	>6 (d)	-	
pH	6,06	4,64	6,50	5,58	5,77	6,47	5,67	4,25	6,41	5,80	4,40	6,50	5,5-8,5 (b)	6 a 9 (d)	6,5-8,5	
Turbidez (NTU)	8,36	6,46	234,00	<1	5,39	20,10	7,13	2,32	213,00	7,76	3,30	174,00	5 (b)	5 (c)	5	
Metal Dissolvido														357		CONAMA 357-2005 - classe 1 (metais dissolvidos).
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,246	1,510	<0,006	0,022	0,982	0,046	<0,006	17,270	0,063	0,120	13,800	0,037		0,1		
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,01		
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002		0,001		
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,01		
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		0,009		
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,05		
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,212	0,009	0,192	<0,006	0,024	3,160	<0,006	<0,006	0,030	0,059	0,021	1,350		0,3		
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,007	1,612	0,902	0,260	0,488	0,966	0,009	3,840	0,034	0,015	2,790	1,090		0,1		
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,0002		
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	0,056	<0,006	<0,006	0,015	<0,006	<0,006	0,121	<0,006	<0,006	0,081	<0,006		0,025		
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,018	0,089	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,2309	<0,006	<0,006	0,160	0,014		0,18		
Metal Total													396		VI	CONAMA 396-2008 - consumo humano; (VI) Valores internacionais - drinking.
Al Total (mg·L^{-1})	0,293	2,900	0,037	0,045	0,910	0,261	0,082	17,701	0,085	0,240	23,100	0,295	0,2		0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,006	0,007	<0,006	0,01		0,01	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005		0,002	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,008	<0,005	2		2	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05		0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,267	0,016	6,959	0,019	0,033	17,495	0,052	<0,006	14,868	0,191	0,063	9,420	0,3		0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,008	1,874	0,959	0,280	0,800	0,973	0,015	3,911	0,841	0,014	4,720	1,120	0,1		0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001		0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	<0,006	0,067	<0,006	<0,006	0,023	<0,006	<0,006	0,126	<0,006	<0,006	0,131	<0,006	0,02		0,02	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,020	0,099	0,008	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,214	<0,006	0,008	0,242	<0,006	5		3	

Tabela 16 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Almoxarifado. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Células destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão.

Almoxarifado	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			Referência
Variável	PM-5	PM-13	PM-14	PM-5	PM-13	PM-14	PM-5	PM-13	PM-14	PM-5	PM-13	PM-14	396/CPRM	M.S./357	VI	
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	75,0	76,0	11,0	1600,0	6,3	1,0	340,0	<1	<1	1100,0	57,0	120,0		ausente (c)	ausente	(a) CONAMA 396-2008 - C.H.; (b) CPRM 2008 - água subterânea; (c) MS 1469-2000 - C.H.; (d) CONAMA 357-2005 - classe 1; (VI) Valores internacionais - drinking.
Condutividade (µS·cm^{-1})	339,60	144,90	133,60	337,20	222,20	176,90	336,90	172,30	150,40	320,10	446,10	116,90	-	-	500	
Cor Real (U.C)	81,40	103,00	90,60	125,00	1190,00	2111,00	29,90	13,10	21,50	44,50	65,20	353,00	-	15 (c)	15	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	2,33	2,33	2,23	<2	<2	<2	2,51	<2	<2	<2	<2	<2	5 (b)	3 (d)	3	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	<6	<6	<6	10,90	<6	<6	<6	8,02	<6	<6	<6	<6	10 (b)	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003 (a)	0,003 (d)	-	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,075	0,034	0,052	0,096	0,080	0,078	0,029	<0,02	<0,02	0,049	<0,02	0,062	1 (b)	0,025 (d)	-	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	ausente (d)	-	
OD (mg·L^{-1})	3,37	5,71	5,21	2,35	1,83	3,23	4,15	7,81	5,78	4,75	5,68	4,23	0-5 (b)	>6 (d)	-	
pH	5,67	6,92	6,65	5,83	6,78	6,29	5,7	6,62	6,15	5,6	6,8	6,3	5,5-8,5 (b)	6 a 9 (d)	6,5-8,5	
Turbidez (NTU)	6,69	22,60	4,87	14,00	20,00	52,20	7,83	70,30	31,40	9,27	34,40	44,00	5 (b)	5 (c)	5	
Metal Dissolvido														357		CONAMA 357-2005 - classe 1 (metais dissolvidos).
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,026	0,136	0,145	0,095	0,114	1,074	0,009	0,018	0,193	0,033	0,104	0,324		0,1		
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,01		
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002		0,001		
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,01		
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,005	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		0,009		
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,0139	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,05		
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,046	0,068	0,0708	0,159	0,134	1,960	0,023	0,081	0,189	0,031	0,124	0,519		0,3		
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,088	<0,006	<0,006	0,065	0,014	0,110	0,318	<0,006	<0,006	0,583	0,014	0,034		0,1		
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,0002		
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,009	<0,006	<0,006		0,025		
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,011	0,007	0,046	0,007	<0,006	0,013	<0,006	<0,006	0,022	0,017	<0,006	0,011		0,18		
Metal Total														396	VI	CONAMA 396-2008 - consumo humano; (VI) Valores internacionais - drinking.
Al Total (mg·L^{-1})	0,216	0,149	0,271	0,284	0,123	0,458	0,102	27,200	0,605	0,299	0,105	1,570		0,2	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,006	<0,006	<0,006		0,01	0,01	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002		0,005	0,002	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,01	0,01	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,005	0,006	0,0055	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		2	2	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,010		0,05	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,434	0,125	0,245	0,604	0,219	0,499	0,328	0,140	1,097	0,466	0,168	1,980		0,3	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,098	<0,006	0,006	0,056	0,016	0,011	0,292	<0,006	0,015	0,619	<0,006	0,041		0,1	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,001	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,011	<0,006	<0,006		0,02	0,02	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,014	0,012	0,051	<0,006	<0,006	<0006	0,014	<0,006	0,010	0,017	<0,006	0,026		5	3	

Tabela 17 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Candiota 1. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Células destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão.

Candiota 1	Campanha - 1		Campanha - 2		Campanha - 3		Campanha - 4		Classificação			Referência
Variável	PM-16	PM-17	PM-16	PM-17	PM-16	PM-17	PM-16	PM-17	396/CPRM	M.S./357	VI	(a) CONAMA 396-2008 - C.H.; (b) CPRM 2008 - água subterânea; (c) MS 1469-2000 - C.H.; (d) CONAMA 357-2005 - classe 1; (VI) Valores internacionais - drinking.
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	3,1	290,0	<1	2,0	3,1	1,0	5,1	2,0		ausente (c)	ausente	
Condutividade (µS·cm^{-1})	373,50	108,90	743,10	158,10	787,80	114,10	472,80	102,50	-	-	500	
Cor Real (U.C)	82,10	484,00	1535,00	230,00	<10	60,60	64,50	675,00	-	15 (c)	15	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	2,1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	5 (b)	3 (d)	3	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	<6	<6	<6	<6	12,60	15,10	13,3	<6	10 (b)	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003 (a)	0,003 (d)	-	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,024	0,020	0,113	0,068	<0,02	<0,02	0,028	<0,02	1 (b)	0,025 (d)	-	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	ausente (d)	-	
OD (mg·L^{-1})	3,43	2,31	2,32	2,16	2,50	2,82	5,17	3,09	0-5 (b)	>6 (d)	-	
pH	6	5,48	6,03	5,57	5,9	5,46	6	5,6	5,5-8,5 (b)	6 a 9 (d)	6,5-8,5	
Turbidez (NTU)	47,00	78,20	119,00	14,00	103,00	120,00	32,40	157,00	5 (b)	5 (c)	5	
Metal Dissolvido										357		CONAMA 357-2005 - classe 1 (metais dissolvidos).
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,125	0,361	0,049	0,174	<0,006	0,090	0,040	0,267		0,1		
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,01		
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002		0,001		
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,01		
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	0,0074	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		0,009		
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,05		
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,081	0,165	0,021	<0,006	<0,006	0,098	0,031	0,173		0,3		
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	0,022	0,006	0,014	<0,006	0,027	<0,006	0,050		0,1		
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,0002		
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,025		
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,033	0,014	<0,006	<0,006	0,062	0,017	0,059	0,015		0,18		
Metal Total									396		VI	CONAMA 396-2008 - consumo humano; (VI) Valores internacionais - drinking.
Al Total (mg·L^{-1})	0,138	1,139	0,116	0,139	0,016	0,207	0,092	0,396	0,2		0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005		0,002	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cu Total (mg·L^{-1})	0,008	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2		2	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,034	<0,006	<0,006	0,05		0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,085	1,149	0,133	0,101	0,119	0,196	0,112	0,191	0,3		0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	<0,006	0,040	0,008	0,017	<0,006	0,021	<0,006	0,018	0,1		0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001		0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,02		0,02	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,036	0,017	<0,006	<0,006	0,068	0,011	0,065	0,018	5		3	

Tabela 18 - Resultados obtidos para os poços monitores na área denominada Candiota 1. Valores limites dados pelas resoluções descritas na tabela. Legenda: Ministério da Saúde (M.S.), Consumo Humano (C.H.), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Células destacadas na cor vermelha indicam que os valores estão acima do recomendado; em azul, O.D. acima da faixa padrão.

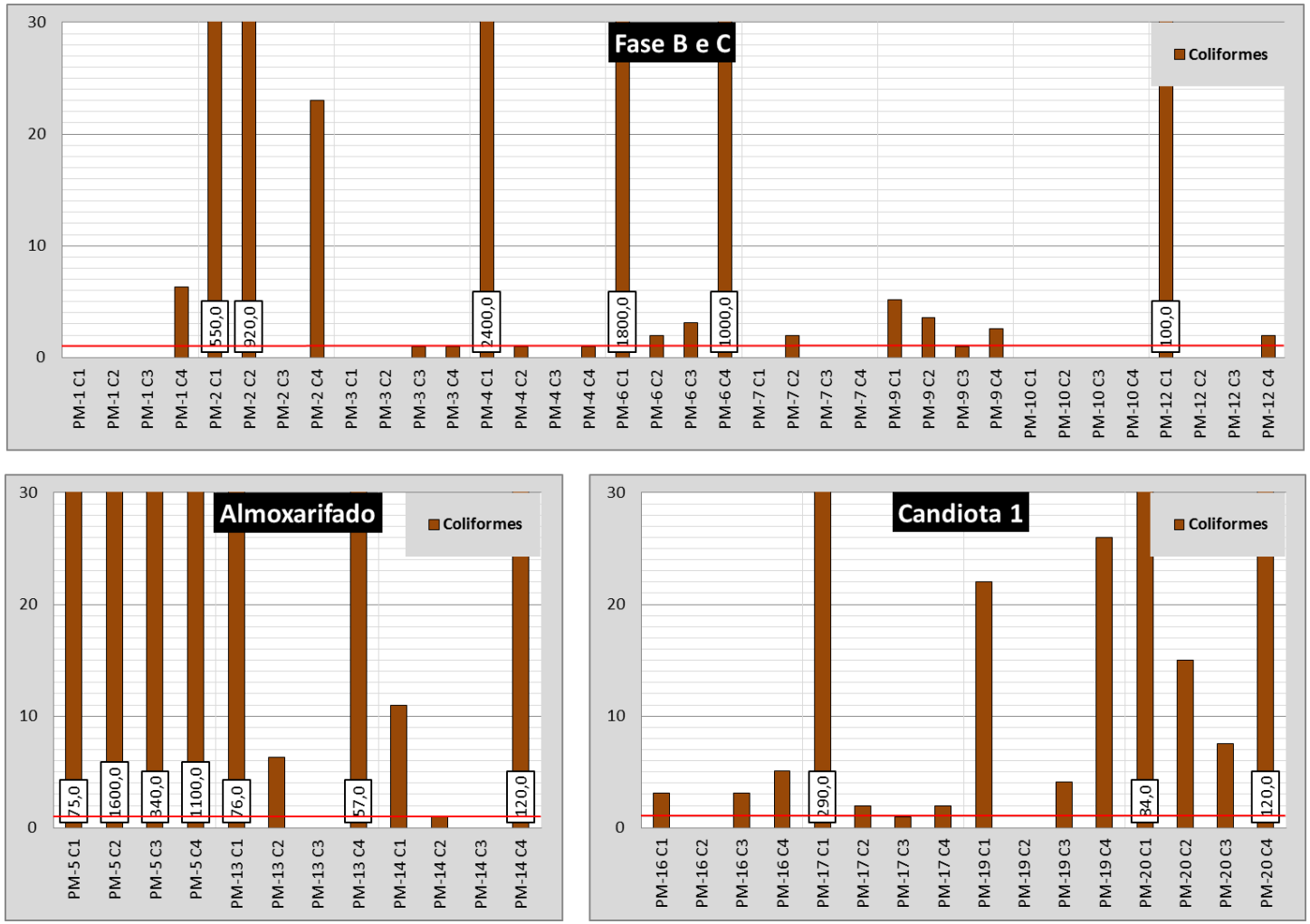
Candiota 1	Campanha - 1		Campanha - 2		Campanha - 3		Campanha - 4		Classificação			Referência
Variável	PM-19	PM-20	PM-19	PM-20	PM-19	PM-20	PM-19	PM-20	396/CPRM	M.S./357	VI	(VI) Valores internacionais - drinking. (a) CONAMA 396-2008 - C.H.; (b) CPRM 2008 - água subterânea; (c) MS 1469-2000 - C.H.; (d) CONAMA 357-2005 - classe 1;
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	22,0	84,0	<1	15,0	4,1	7,5	26,0	120,0		ausente (c)	ausente	
Condutividade (µS·cm^{-1})	270,70	172,40	566,00	150,40	310,10	207,20	313,60	183,10	-	-	500	
Cor Real (U.C)	99,80	59,10	46,10	99,80	39,10	15,40	207,00	330,00	-	15 (c)	15	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	2,33	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	5 (b)	3 (d)	3	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	<6	<6	15,30	<6	6,44	11,40	6,3	8,0	10 (b)	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003 (a)	0,003 (d)	-	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,031	<0,02	0,091	0,067	0,029	<0,02	0,073	<0,02	1 (b)	0,025 (d)	-	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	ausente (d)	-	
OD (mg·L^{-1})	6,21	2,46	2,16	2,45	4,42	2,73	4,69	2,82	0-5 (b)	>6 (d)	-	
pH	5,88	6,05	6,17	6,16	5,98	6,19	6,00	6,2	5,5-8,5 (b)	6 a 9 (d)	6,5-8,5	
Turbidez (NTU)	20,20	9,65	6,62	7,27	14,80	73,60	28,20	55,00	5 (b)	5 (c)	5	
Metal Dissolvido										357		CONAMA 357-2005 - classe 1 (metais dissolvidos).
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,156	0,146	0,216	0,106	0,118	0,094	0,537	0,038		0,1		
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,01		
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002		0,001		
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,01		
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		0,009		
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,05		
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,098	0,087	0,144	0,231	0,060	0,332	0,357	0,202		0,3		
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,057	0,085	0,262	0,166	0,026	0,847	0,168	0,662		0,1		
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,0002		
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		0,025		
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,014	0,021	<0,006	<0,006	<0,006	0,019	0,022	0,016		0,18		
Metal Total									396		VI	CONAMA 396-2008 - consumo humano; (VI) Valores internacionais - drinking.
Al Total (mg·L^{-1})	0,170	0,166	0,277	0,107	0,469	0,411	3,590	0,386	0,2		0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,005		0,002	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,01		0,01	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,0062	<0,005	2		2	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05		0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,101	0,194	0,343	0,362	0,511	1,288	2,860	1,910	0,3		0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,086	0,220	0,319	0,138	0,088	0,768	0,476	0,678	0,1		0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001		0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,0089	<0,006	0,02		0,02	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,019	0,029	<0,006	<0,006	<0,006	0,025	0,041	0,023	5		3	

Coliformes Termotolerantes

Os coliformes termotolerantes são habitantes normais do intestino, geralmente presentes em grande número nas fezes humanas e animais. No entanto, coliformes termotolerantes ambientais, podem ocorrer em águas naturais (NHMRC, 2011). Coliformes termotolerantes podem ser usados para avaliar a qualidade da água da fonte e possíveis impactos de resíduos humanos e animais (NHMRC, 2011). Na legislação brasileira os coliformes termotolerantes não devem ser detectados em nenhuma amostra de 100 mL de água potável (MS 1469, 2000), e são utilizados como padrão para qualidade microbiológica de águas superficiais destinadas a abastecimento, recreação, irrigação e piscicultura. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifoide, febre paratifoide, desinteria bacilar e cólera (CETESB, 2016).

O gráfico da Figura 23 apresenta os pontos que obtiveram contaminação por coliformes termotolerantes durante o ano de monitoramento, os valores com maior precisão podem ser buscados nas tabelas acima. Observa-se a contaminação em quase todos os poços em pelo menos uma das campanhas amostrais na área da Usina Fase B e Fase C, a exceção foi o ponto PM-10, sendo que o maior valor encontrado foi do poço PM-4 durante a Campanha 1 com 2400,0 NMP·100mL^{-1}. Na área do Almoxarifado, todos os poços apresentaram contaminação por coliformes em boa parte das campanhas, sendo que o poço PM-5 obteve o maior registro durante a Campanha 2 com 1600,0 NMP·100mL^{-1}. Na área do Candiota-1, todos os pontos apresentaram em alguma das campanhas a detecção de coliformes, tendo o poço PM-17 durante a Campanha 1 o maior valor de coliformes na área, apresentando um valor de 290,0 NMP·100mL^{-1}.

Figura 23 - Gráficos demonstrando os valores de Coliformes Termotolerantes. Linha vermelha: limite de detecção (MS 1469, 2000).



Condutividade Elétrica

A condutividade (CE) é a medida da capacidade da água em conduzir uma corrente elétrica. A condutividade varia com as concentrações iônicas e da temperatura. Sua análise indica a quantidade de sais existentes na água, representando uma medida indireta da concentração de poluentes. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, e altos valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2016). A relação empírica da condutividade com a concentração de sólidos totais dissolvidos (STD, mg/L) pode ser estimada através da fórmula STD= 0,64*CE (Metcalf & Eddy, 1991; APHA *et al*., 1992). Níveis superiores a 100 µS/cm indicam ambientes impactados (CETESB, 2016). No entanto, a condutividade não tem um limite estabelecido pelo CONAMA no Brasil. Alguns países estabeleceram limites para a CE, tendo como o valor máximo permitido o número limite para que o meio seja considerado como de caráter salino e impróprio à vida aquática local, como no caso da *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* (ANZECC, 2011) com limite de 500µS/cm, ou da *Kentucky Pollutant Discharge Elimination System* (KPDES, 2010) com 800µS/cm. A *Food and Agriculture Organization* (FAO, 1973), sugere especificamente para o uso de águas na irrigação, um limite de até 3000µS/cm, no entanto, o índice não é obrigatório (Lôndero *et al*., 2011).

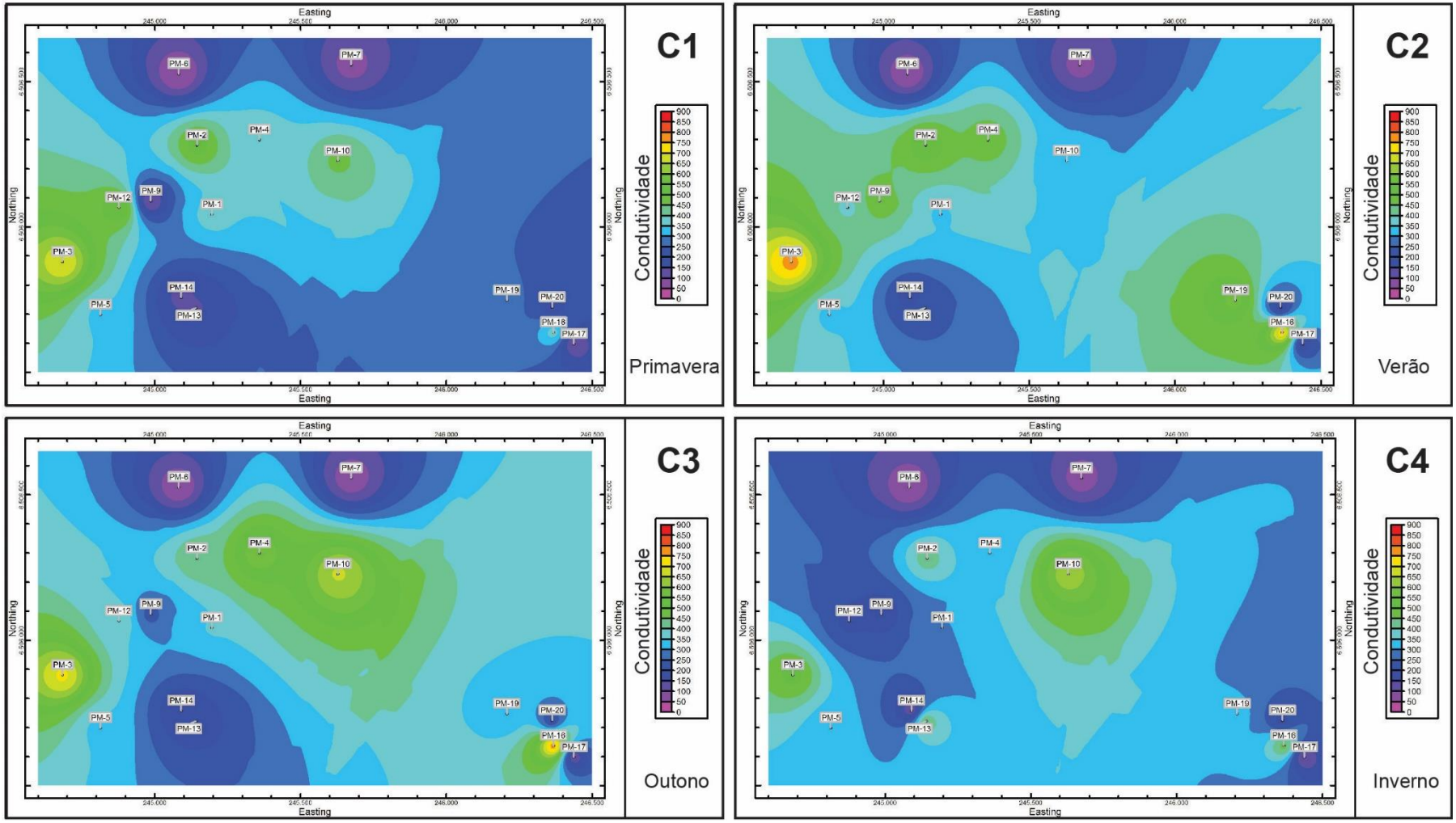
A Figura 24 apresenta os gráficos com os valores de condutividade usando como referência o limite de 500µS/cm da ANZECC (2011). Os pontos que ultrapassaram o valor limítrofe são PM-2, PM-3, PM-4, PM-10, PM-12, PM-16 e PM-19. O PM-16 apresentou o maior valor de condutividade durante a Campanha 3 com 787,8 µS/cm.

Observando os mapas da Figura 25 podemos analisar o comportamento da condutividade durante as campanhas. Podemos observar o aumento da condutividade em certas áreas do mapa, como por exemplo, no PM-10 e PM-16 durante o outono e PM-3 no verão. Em contrapartida, a região do PM-10 tem condutividade menor no verão e o PM-16 na primavera, enquanto o PM-3 é menor durante o inverno.

Figura 24 - Gráficos demonstrando os valores de Condutividade. Linha vermelha: limite de condutividade (ANZECC, 2011).



Figura 25 - Mapas demonstrando o comportamento da Condutividade (µS•cm-1) durante as quatro campanhas amostrais.



Cor Verdadeira

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico (CETESB, 2016). Esses coloides orgânicos geralmente são ácidos húmico e fúlvico oriundos de substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas e no solo (NHMRC, 2011). A matéria em estado coloidal pode ser caracterizada de esgotos sanitários. Compostos inorgânicos podem influenciar na coloração da água, como os óxidos de ferro e manganês, abundantes em diversos tipos de solo. Na água subterrânea, 'água vermelha' é um problema frequente, causado pela oxidação do ferro (NHMRC, 2011). O maior problema da cor na água é o estético devido ao efeito repulsivo causado na maioria dos consumidores (CETESB, 2016), podendo levar as pessoas a procurarem outras fontes de água potável, que talvez sejam menos seguras para a saúde do indivíduo (NHMRC, 2011).

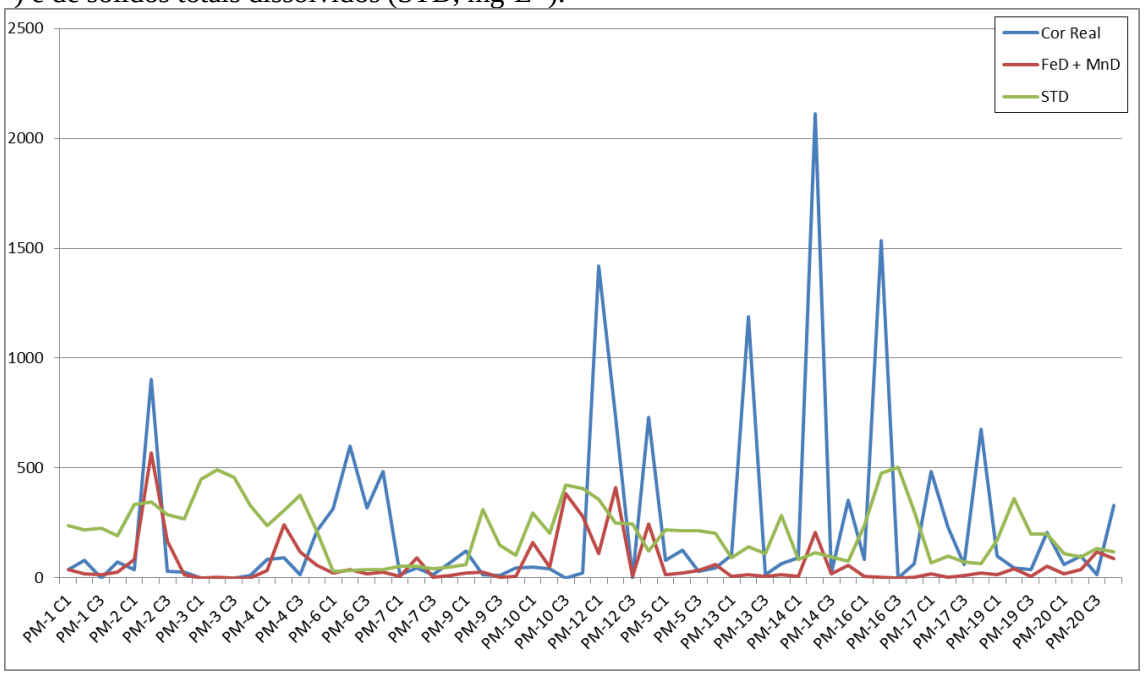
O índice guia para cor no Canadá, na Austrália, na EPA dos Estados Unidos e na Organização Mundial da Saúde (OMS) são de 15 UC. As normas da Comunidade Econômica Europeia para cor têm um valor máximo admissível de 20 UC e um valor de referência de 1 UC. No Brasil, a cor tem o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde (MS 1469, 2000) de 15 UC.

As tabelas anteriores apresentam valores bem acima do estipulado para o consumo humano na maioria das vezes, em que quase todos os pontos em algum momento extrapolaram o limite de 15 UC, com a exceção do ponto PM-3. Os piores picos de análise de cor foram para os poços PM-12, PM-13, PM-14 e PM-16 que ultrapassam a casa dos 1000 UC, o valor máximo encontrado nesse projeto de 2023/2024 é de 2111 UC no PM-14 durante a Campanha 2. Valores que tornam repulsivas as águas na sua questão estética, e com potencial relação de algum contaminante. Assim como no ano anterior (2022/2023), os valores de cor verdadeira tiveram valores elevados em comparação com o ano de projeto de 2021/2022.

A Figura 26 ilustra um gráfico com as variações de cor, a soma de ferro e manganês dissolvidos, e de sólidos totais dissolvidos (convertidos da condutividade), e não apresentou uma correlação significativa entre a variação da cor e dos demais

parâmetros. Mas analisando pontualmente, os picos registrados nos poços PM-2, PM-12 e PM-14 podem ter sido influenciados por Fe e Mn dissolvidos.

Figura 26 - Gráfico apresentando as variáveis de cor (UC), da soma de Fe e Mn dissolvidos (mg·L^{-1}) e de sólidos totais dissolvidos (STD, mg·L^{-1}).



DBO x DQO

A DBO_5 de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Os maiores aumentos em termos de DBO_5 na água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica (CETESB, 2016). A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial (CETESB, 2016).

A Tabela 19, a Figura 27 e a Figura 28 apresentam as relações e comparações entre as variáveis de DQO e DBO a fim de quantificar o percentual biodegradável das amostras de água subterrânea. Como a DBO mede apenas a porção biodegradável, à medida que esse valor mais se aproximar do valor de DQO, significa que mais facilmente

biodegradável será um efluente. Desse modo, analisando a tabela abaixo, os poços com maior percentual biodegradável (acima de 40%) são o PM-1, PM-2 e PM-5 durante as Campanhas 1 e 3, diminuindo significativamente os percentuais biodegradáveis em relação ao ano de 2022/2023 o qual atingiu proporções acima de 70%. Os piores índices de percentual biodegradável são encontrados principalmente durante as Campanhas 2 e 3 com os poços PM-1, PM-2, PM-3, PM-4, PM-5, PM-6, PM-10, PM-16, PM-17, PM-19 e PM-20, tendo valores menores que 20% da biodegradação. Essas amostragens apresentaram altos índices de DQO e com valores de DBO_5 algumas vezes abaixo do limite de detecção. Em relação aos últimos anos amostrais, o percentual biodegradável vem diminuindo consideravelmente.

A correlação das variáveis de DBO_5 e DQO é baixa para esse ano de projeto, assim como nos anos anteriores. O gráfico abaixo exibe dois padrões constantes sendo um vertical e outro horizontal. No padrão vertical, destacado com uma elipse laranja (Figura 27), temos praticamente a variação dos valores de DQO enquanto os valores de DBO_5 estão geralmente abaixo do limite de detecção. Isso sugere que a oxidação da matéria orgânica nos poços é principalmente de origem industrial (PM-1, PM-2, PM-3, PM-4, PM-5, PM-6, PM-7, PM-9, PM-12, PM-13, PM-16, PM-17, PM-19 e PM-20). Enquanto no padrão horizontal, destacado com uma elipse verde, temos praticamente a variação dos valores de DBO_5 enquanto os valores de DQO estão abaixo do limite de detecção ou muito próximos ao limite. Essa relação sugere que a oxidação nos poços é de origem predominantemente orgânica (PM-1, PM-2, PM-3, PM-5, PM-6, PM-7, PM-13, PM-14, PM-16 e PM-19). A intersecção das elipses representa a não detecção analítica tanto de DBO_5 quanto de DQO nas amostras. Os valores fora das elipses sugerem influência tanto industrial quanto orgânica.

Tabela 19 - Relação entre as variáveis DQO e DBO para todas as campanhas amostrais apresentando o percentual biodegradável do efluente. Quando ambos os valores de DQO e DBO estão menores que os limite de detecção = ND. Quando apenas um dos valores de DBO ou DQO é menor que a detecção, se usa o valor de detecção.

POÇO	%DBO	POÇO	%DBO	POÇO	%DBO	POÇO	%DBO
PM-1 C1	43,7	PM-5 C1	38,8	PM-10 C1	34,0	PM-16 C1	35,5
PM-1 C2	13,1	PM-5 C2	18,3	PM-10 C2	8,7	PM-16 C2	ND
PM-1 C3	23,6	PM-5 C3	41,8	PM-10 C3	ND	PM-16 C3	15,9
PM-1 C4	28,6	PM-5 C4	ND	PM-10 C4	ND	PM-16 C4	15,0
PM-2 C1	42,0	PM-6 C1	38,8	PM-12 C1	ND	PM-17 C1	ND
PM-2 C2	14,9	PM-6 C2	ND	PM-12 C2	26,8	PM-17 C2	ND
PM-2 C3	ND	PM-6 C3	19,6	PM-12 C3	26,1	PM-17 C3	13,2
PM-2 C4	ND	PM-6 C4	22,9	PM-12 C4	31,8	PM-17 C4	ND
PM-3 C1	38,8	PM-7 C1	37,2	PM-13 C1	38,8	PM-19 C1	38,8
PM-3 C2	11,2	PM-7 C2	ND	PM-13 C2	ND	PM-19 C2	13,1
PM-3 C3	ND	PM-7 C3	ND	PM-13 C3	24,9	PM-19 C3	31,1
PM-3 C4	ND	PM-7 C4	31,8	PM-13 C4	ND	PM-19 C4	31,8
PM-4 C1	ND	PM-9 C1	22,2	PM-14 C1	37,2	PM-20 C1	ND
PM-4 C2	9,6	PM-9 C2	ND	PM-14 C2	ND	PM-20 C2	ND
PM-4 C3	ND	PM-9 C3	ND	PM-14 C3	ND	PM-20 C3	17,5
PM-4 C4	31,8	PM-9 C4	28,6	PM-14 C4	ND	PM-20 C4	24,9

Figura 27 - Gráficos demonstrando a correlação do DBO com o DQO ($mg \cdot L^{-1}$ O_2). A elipse laranja destaca valores da correlação em que a DBO está abaixo do limite de detecção, e em verde, valores de DQO abaixo ou próximo do limite de detecção.

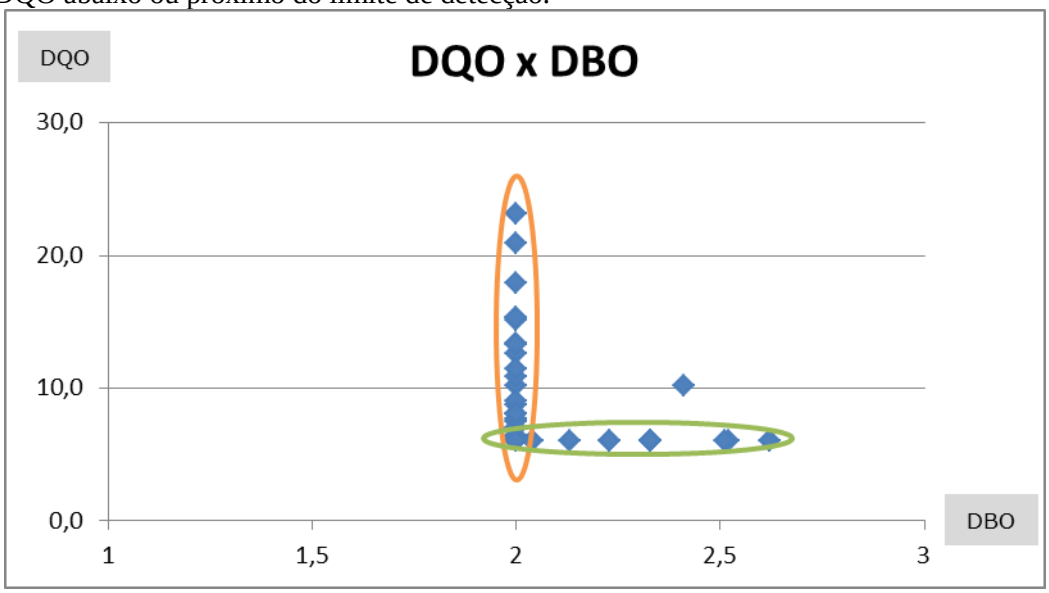
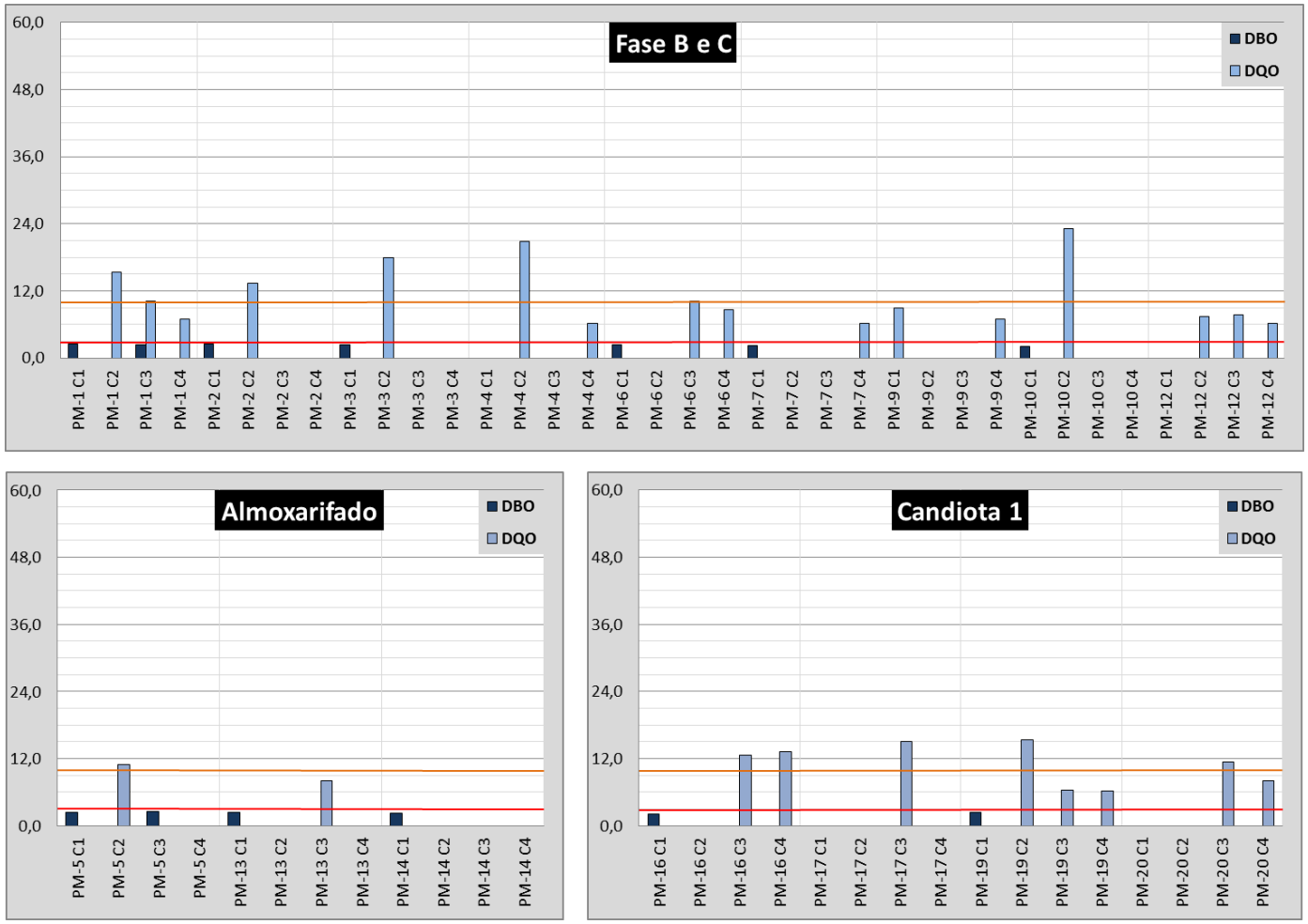


Figura 28 - Gráficos apresentando os valores de DQO e DBO. Linha vermelha: limite DBO (CONAMA 357, 2005). Linha laranja: limite DQO (CPRM, 2008).



Fósforo Total

O fósforo aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. Nessas, os detergentes superfosfatados domesticamente empregados em larga escala constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB, 2016). De modo geral, a concentração de fosfato é baixa em águas naturais, variando entre 0,01 e 1,0 $mg \cdot L^{-1}$, devido à ação dos microrganismos encontrados no solo (Mathess, 1982). Segundo CPRM (2008), os valores acima de 1 $mg \cdot L^{-1}$ podem sugerir águas poluídas.

A Figura 29 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo os valores obtidos para a variável de fósforo total. Na área da Usina Fase B e C quase todos os valores de fósforo total ultrapassam o limite determinado pela legislação vigente para classe 1 da Resolução CONAMA 357-2005, em pelo menos uma campanha amostral, a única exceção foi o PM-1. O maior valor encontrado foi no poço PM-10 durante a Campanha 3 com valor de 0,238 $mg \cdot L^{-1}$. Na área do Almoxarifado os valores de fósforo total ultrapassaram o limite para o consumo humano em todos os pontos e em pelo menos uma das campanhas amostrais. O poço PM-5, durante a Campanha 2, apresentou o maior índice com 0,096 $mg \cdot L^{-1}$. Na área do Candiota 1, os valores de fósforo total ultrapassam o limite ao menos uma vez em todos os poços, sendo o PM-16 durante a Campanha 2 o que apresentou o pior resultado para fósforo total no local com o valor de 0,113 $mg \cdot L^{-1}$. Na Figura 30 podemos notar melhor esses picos que podem ter correlação com alguma emissão de esgoto oriundo da ocupação urbana localizado próximo ao PM-16. O PM-3 também pode estar sofrendo alguma influência urbana do entorno ou pode estar sofrendo alguma influência das bacias de decantação. O PM-10 pode ter ligação com algum processo da usina, dando essa configuração de isolamento no mapa.

Figura 29 - Gráficos demonstrando os valores de Fósforo Total. Linha vermelha: limite de fósforo total (CONAMA 357, 2005).

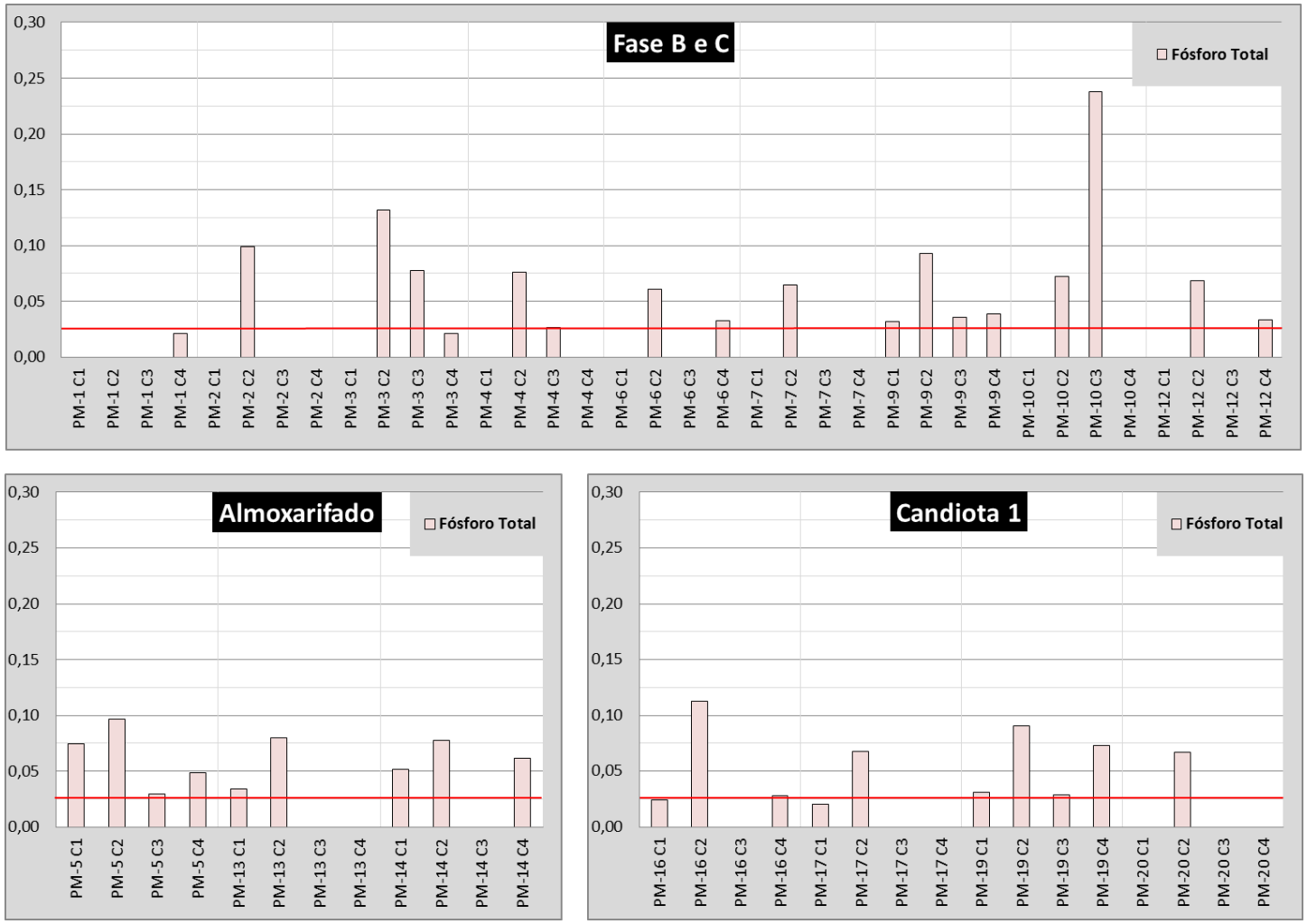
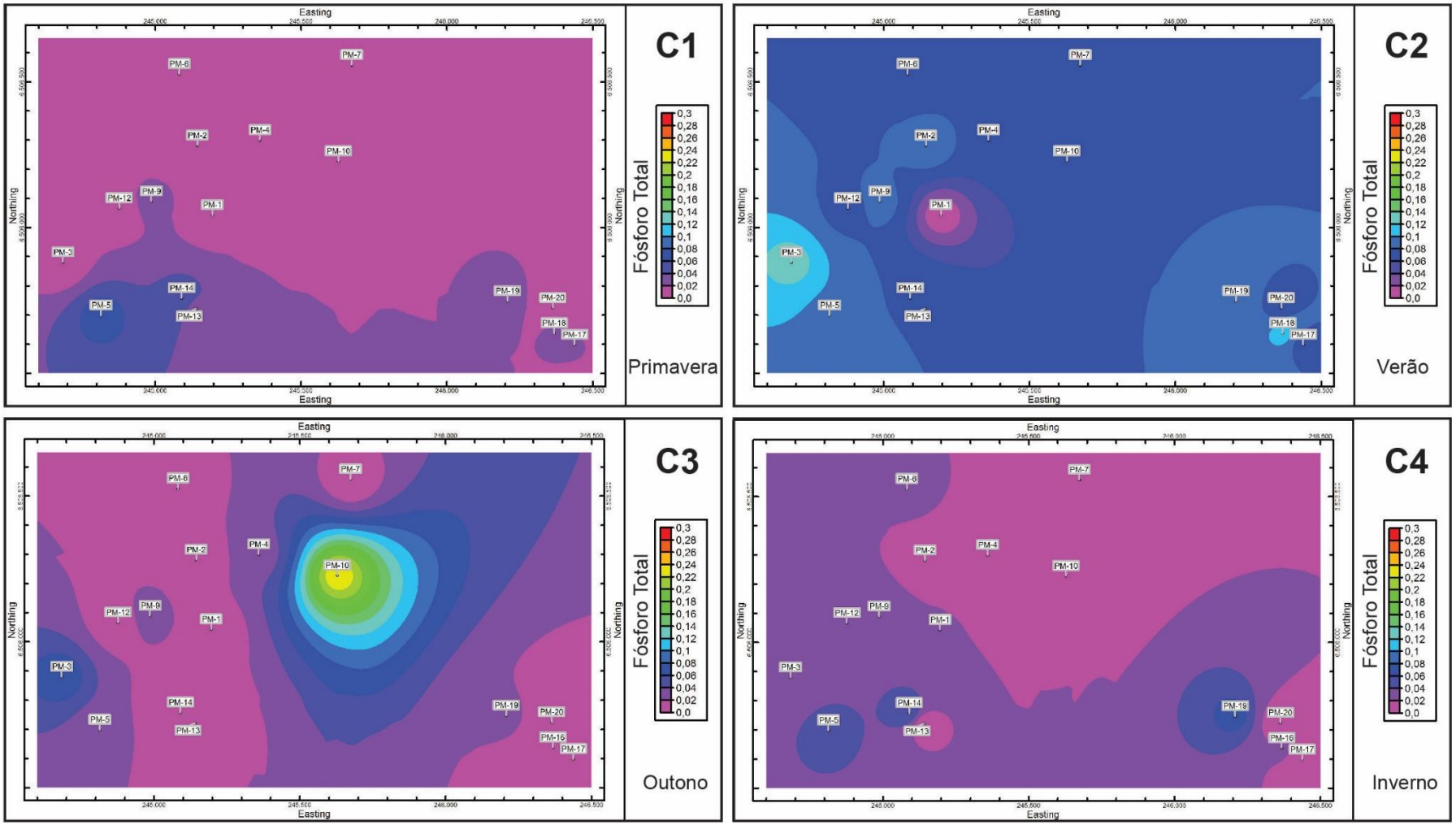


Figura 30 - Mapas demonstrando o comportamento do fósforo nas águas subterrâneas durante as quatro campanhas amostrais. As cores variam dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho).



Oxigênio Dissolvido

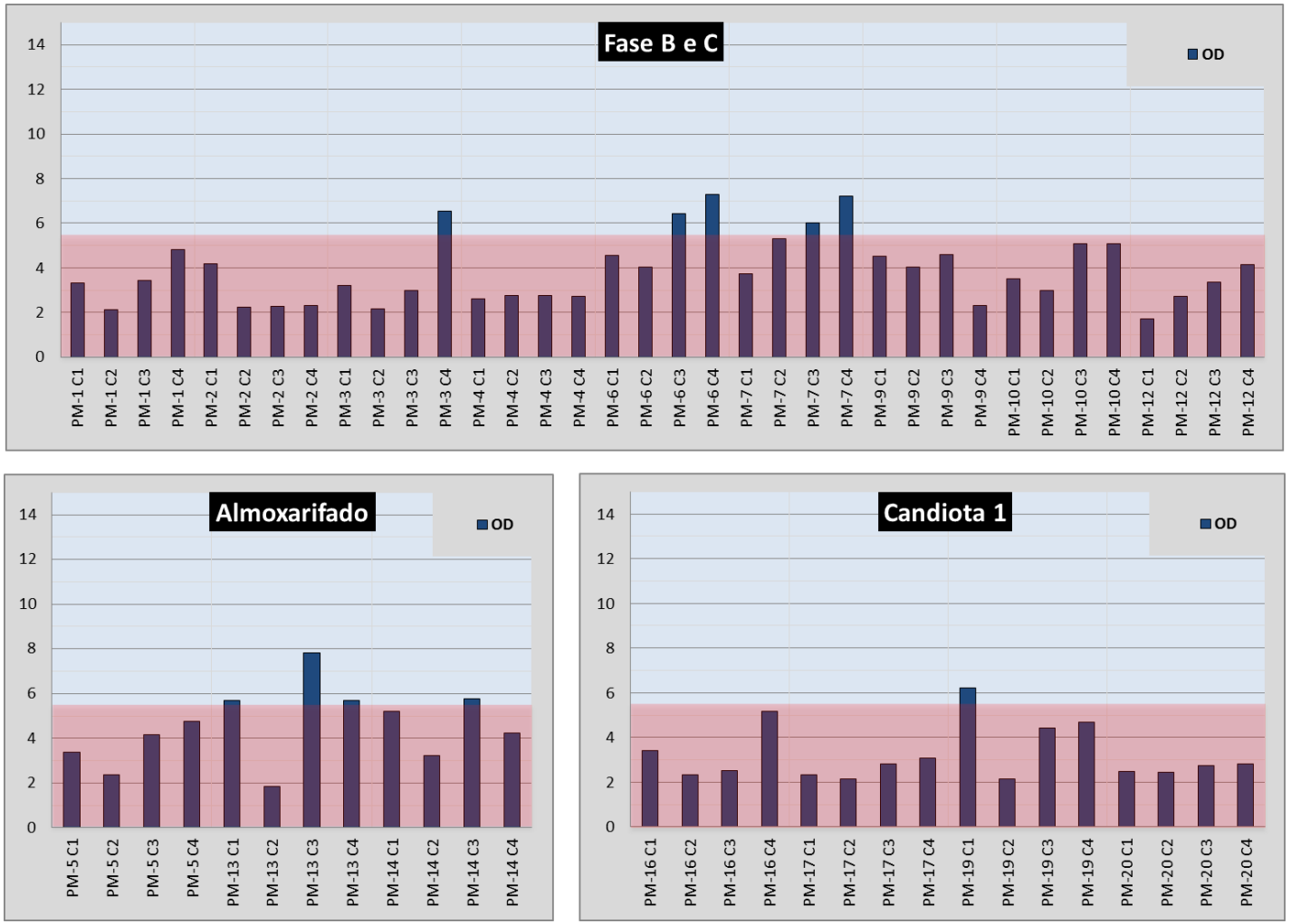
O oxigênio dissolvido na água é de suma importância na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos (Esteves, 1998), sendo as principais fontes a atmosfera e a fotossíntese. As perdas de oxigênio são causadas pelo consumo através da decomposição da matéria orgânica (oxidação), por perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos, nitrificação e oxidação química abiótica de substâncias como íons metálicos de ferro (Fe^{+2}) e de manganês (Mn^{+2}) (Fiorucci & Benedetti Filho, 2005). A maior parte das águas subterrâneas possuem baixas concentrações de OD, as quais variam geralmente entre 0 e 5 $mg \cdot L^{-1}$ (CPRM, 2008). Essa faixa de oxigênio dissolvido será utilizada como referência no estudo.

A Figura 31 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo os valores obtidos para a variável de oxigênio dissolvido (O.D.). Na área da Usina Fase B e C o oxigênio dissolvido possui valores acima do limite proposto nos poços PM-3, PM-6 e PM-7, em pelo menos uma das campanhas, sendo que o poço PM-6 na quarta campanha apresentou o resultado mais alto com 7,28 $mg \cdot L^{-1}$. O poço PM-12 teve o menor valor com 1,72 $mg \cdot L^{-1}$. Os baixos valores podem ter correlação com os altos índices de óxidos de ferro e manganês encontrados no PM-2.

Na área do Almoxarifado, os valores de oxigênio dissolvido ficaram acima do limite em pelo menos uma campanha nos poços PM-13 e PM-14. O poço PM-13 durante a terceira campanha amostral, assim como no último ano, apresentou o maior resultado de O.D. com 7,81 $mg \cdot L^{-1}$. Em contrapartida, o PM-13 também foi o poço de menor valor durante a segunda campanha com 1,83 $mg \cdot L^{-1}$. O maior volume de precipitação antes da amostragem da Campanha 3 pode ter influenciado nas maiores taxas de oxigenação.

Na área do Candiota 1 os valores de oxigênio dissolvido ficaram acima do limite exigido apenas no ponto PM-19 durante a primeira campanha com valor de 6,21 $mg \cdot L^{-1}$. Enquanto o menor valor foi para o ponto PM-17 na Campanha 2 com 2,16 $mg \cdot L^{-1}$.

Figura 31 - Gráficos demonstrando valores de oxigênio dissolvido. Área em vermelho: faixa típica em água subterrânea (CPRM, 2008).



Óleos e Graxas

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas que podem ser de origem mineral, vegetal ou animal. Dificilmente são encontradas em águas naturais, sendo normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas (CETESB, 2016).

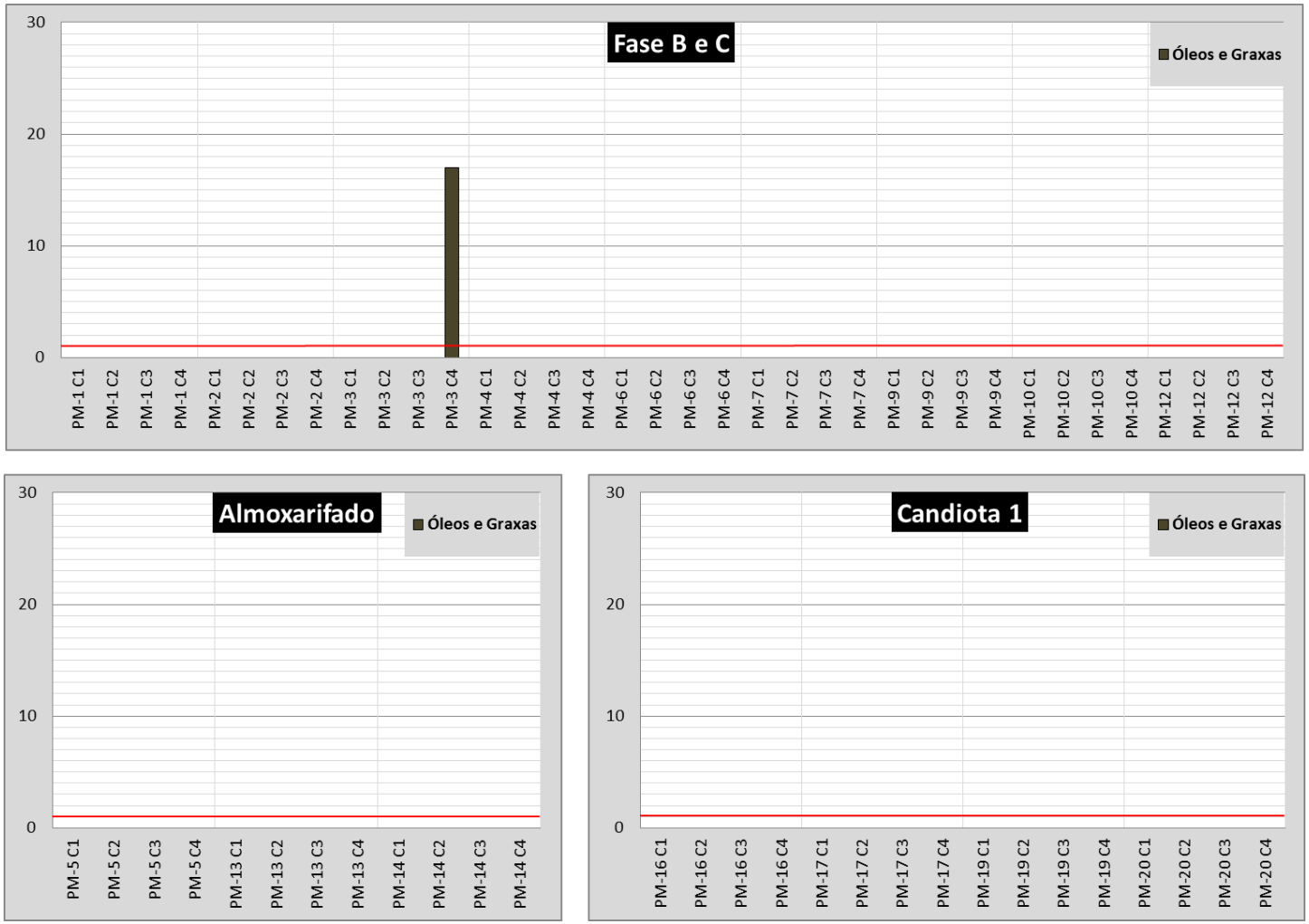
A presença de material graxo nos corpos hídricos cria uma película na superfície, que além dos problemas de origem estética, diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, prejudicando a transferência do oxigênio atmosférico para a água. A decomposição de óleos e graxas reduz o oxigênio dissolvido, devido ao aumento da DBO_5 e da DQO, prejudicando o ecossistema aquático (CETESB, 2016). O CONAMA 357 (2005) orienta que os óleos e as graxas sejam virtualmente ausentes para os corpos d'água.

Diferentemente do monitoramento do ano de 2020/2021, os óleos e graxas foram detectados com maior frequência no ano de 2021/2022, principalmente nos pontos PM-5 e PM-6. No monitoramento de 2022/2023, a frequência de óleos e graxas diminuiu consideravelmente, sendo detectados na primeira e segunda campanha amostral. E se manteve em queda no ano de 2023/2024, sendo detectados apenas na quarta campanha amostral.

A Figura 20 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo os valores obtidos para óleos e graxas. O único poço que apresentou esse contaminante na área da Usina Fase B e C foi PM-3 apresentando o valor de 17 $mg \cdot L^{-1}$.

Nas áreas do Almoxarifado e do Candiota 1 não foram detectados a presença de óleos e graxas.

Figura 20 - Gráficos demonstrando os valores de óleos e graxas. Linhas vermelhas: limite de óleos e graxas (CONAMA 357, 2005).



Fenóis Totais

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais. Os fenóis são tóxicos ao homem e aos organismos aquáticos (CETESB, 2016).

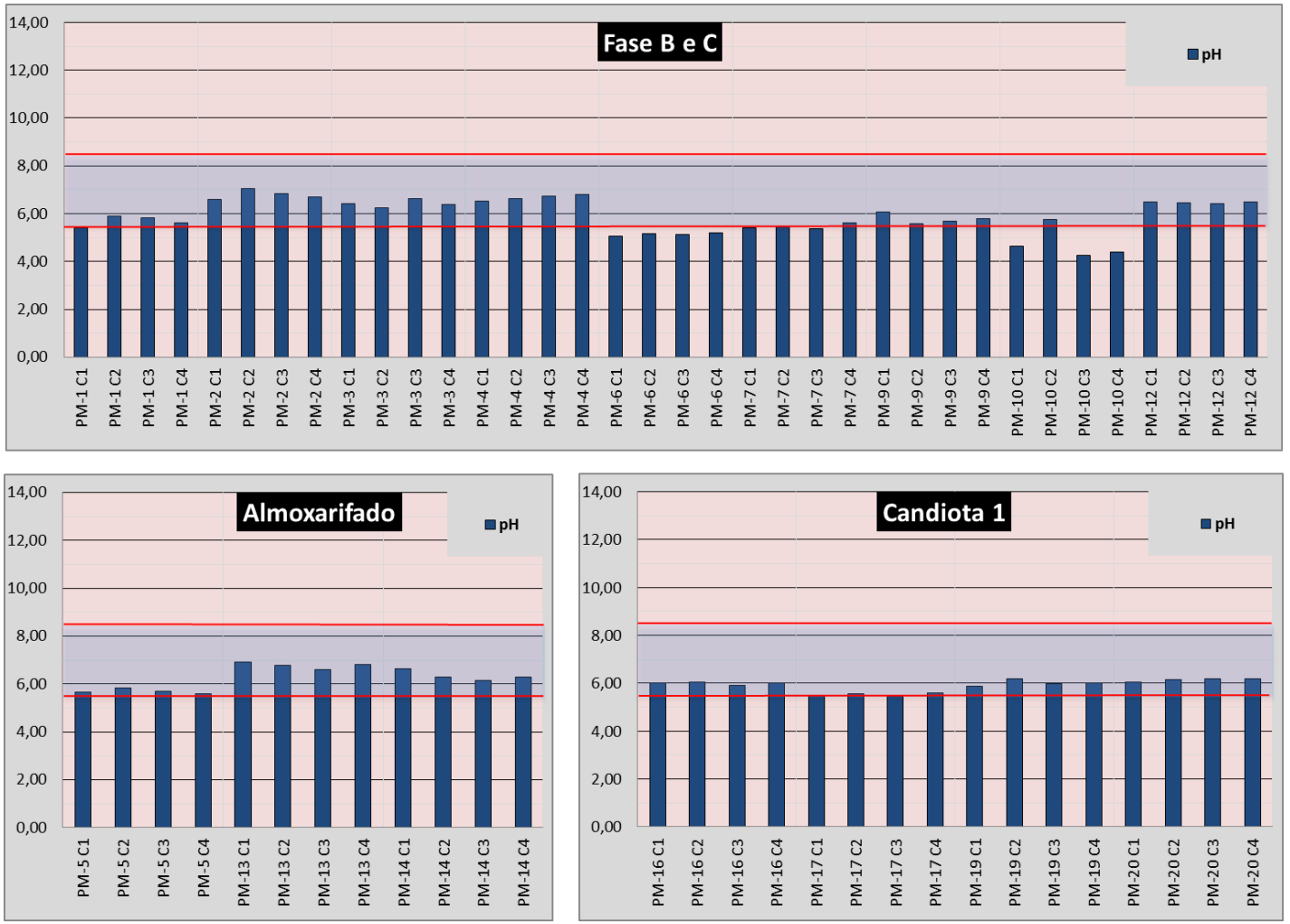
Os fenóis totais seguiram a tendência geral para os poços de monitoramento em que a detecção vem diminuindo em relação aos estudos de anos anteriores. No projeto vigente, assim como nos dois últimos anos de monitoramento, não ocorreu à obtenção de valores acima do limite de detecção de 0,0001 $mg \cdot L^{-1}$ para fenóis totais nos pontos amostrados.

pH

O pH comumente apresenta valores para águas subterrâneas entre 5,5 e 8,5 (CPRM, 2008). A Figura 32 apresenta os valores de pH encontrados nos poços para as quatro campanhas amostrais, em que a faixa (azul) representa os limites das medidas determinadas com base na tendência da faixa de valores que as águas subterrâneas apresentam sugeridas pela CPRM (2008).

De modo geral, os valores para pH se encontram dentro da faixa ou próximo a ela, não ocorrendo evidências de maiores preocupações referentes aos seus valores. Os menores valores encontrados para pH, e que liga um sinal de alerta, foram de 4,25 e 4,40 ambos no poço PM-10 durante a terceira e a quarta campanhas amostrais. Valores bastante abaixo do que ocorreu no ano anterior, em que o ponto PM-10 obteve todos os valores dentro da faixa legislativa.

Figura 321 - Gráficos demonstrando os valores de pH. Linhas vermelhas: limites mínimo (5,5) e máximo (8,5) de pH (CPRM, 2008).



Turbidez

A turbidez é uma medida da propriedade de dispersão da luz da água causada pela presença de matéria em suspensão fina, como argila, silte, plâncton e outros organismos microscópicos. O grau de espalhamento depende da quantidade, tamanho e composição da matéria em suspensão.

Um problema que a turbidez trás é o efeito negativo sobre a estética da água para o consumo (NHMRC, 2011).

Os esgotos domésticos e diversos efluentes industriais provocam elevações na turbidez das águas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional das águas (CETESB, 2016).

A Figura 33 apresenta os índices para turbidez para cada poço nas quatro campanhas amostrais. Na área da Usina Fase B e C, a turbidez possui valores acima do limite proposto na resolução do Ministério da Saúde (MS 1469-2000) para todos os poços em pelo menos uma das campanhas, sendo que o poço PM-12 na primeira campanha apresentou o resultado de maior valor com 234 NTU. Na Figura 34 é possível notar a persistência da mancha de turbidez localizada no PM-12 com seus principais picos presenciados na primavera e no outono, enquanto no verão teve a menor presença.

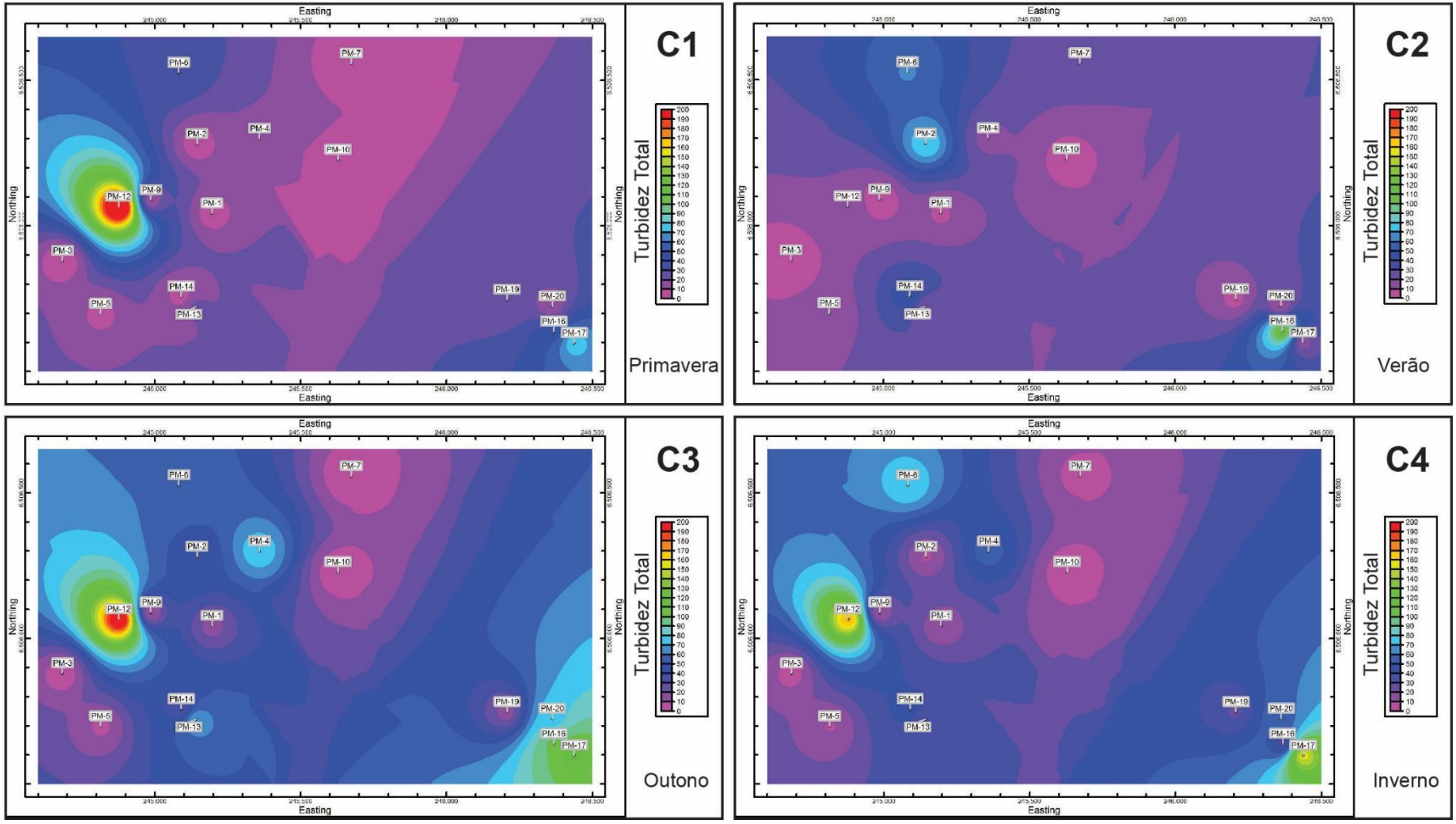
Na área do Almoxarifado, os valores de turbidez ficaram acima do limite em pelo menos uma campanha em todos os pontos. O poço PM-13, assim como nos anos anteriores, durante a terceira campanha amostral, apresentou o pior resultado de turbidez da área com 70,3 NTU.

Na área do Candiota 1, os valores de turbidez ficaram acima do limite exigido em todos os poços em pelo menos uma campanha amostral. O pior resultado encontrado foi novamente para o poço PM-17 durante a quarta campanha com valor de 157 NTU. Na Figura 34 é possível notar a persistência da mancha de turbidez localizada no PM-17 com seu principal pico apresentado no inverno, enquanto no verão teve a menor presença.

Figura 33 - Gráficos demonstrando os valores de Turbidez. Linhas vermelhas: limite de turbidez (MS 1469, 2000).



Figura 34 - Mapas demonstrando o comportamento da turbidez nas águas subterrâneas durante as quatro campanhas amostrais. As cores variam dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho).



Metais Totais e Dissolvidos

Os metais totais analisados nessa pesquisa podem ser divididos em dois grupos segundo os cuidados padrões da legislação com os teores para o consumo humano: (1) controle com caráter estético; e (2) controle com caráter tóxico. Os metais que fazem parte do grupo com controle de caráter estético são o alumínio (Al), o ferro (Fe), o manganês (Mn) e o zinco (Zn). E os metais que fazem parte do grupo com controle de caráter tóxico são o arsênio (As), o cádmio (Cd), o chumbo (Pb), o cobre (Cu), o cromo (Cr), o mercúrio (Hg) e o níquel (Ni).

Os limites orientadores utilizados para os metais em águas subterrâneas correspondem ao CONAMA 396 de 2008. As medidas de metais totais que apresentaram valores acima do limite para alguns poços em pelo menos uma campanha amostral foram: alumínio, ferro, manganês e níquel. Os valores de metais dissolvidos que ultrapassaram os limites em pelo menos uma campanha amostral foram: alumínio, ferro, manganês, níquel e zinco. No grupo dos metais de caráter tóxico, o arsênio total e dissolvido, o cádmio total e dissolvido, o chumbo total e dissolvido, o cobre total e dissolvido, o cromo total e dissolvido, e o mercúrio total e dissolvido, não registraram medidas quantitativas significativas nas análises, estando todos os valores abaixo do limite determinado pela legislação em todos os poços e em todas as campanhas amostrais.

Os gráficos da

Figura 35 apresentam os padrões entre a relação da distribuição dos metais totais para cada poço. Observa-se nos gráficos que, em geral, o conjunto dos metais tende um mesmo padrão geométrico oriundo das análises quantitativas, variando praticamente a quantidade, porém mantendo uma identidade e proporção. Esse padrão é muito similar dos anos de monitoramento anteriores. Isso evidencia o comportamento dos metais relativo à área dos poços. É interessante observar as diferentes distribuições e picos de valores entre os metais Al, Fe e Mn, e a particularidade de cada poço.

A Figura 36 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de alumínio dissolvido e alumínio total.

Figura 35 - Gráficos apresentando a distribuição dos metais totais analisados nesse estudo para cada campanha amostral. Valores dos gráficos em $mg \cdot L^{-1}$.

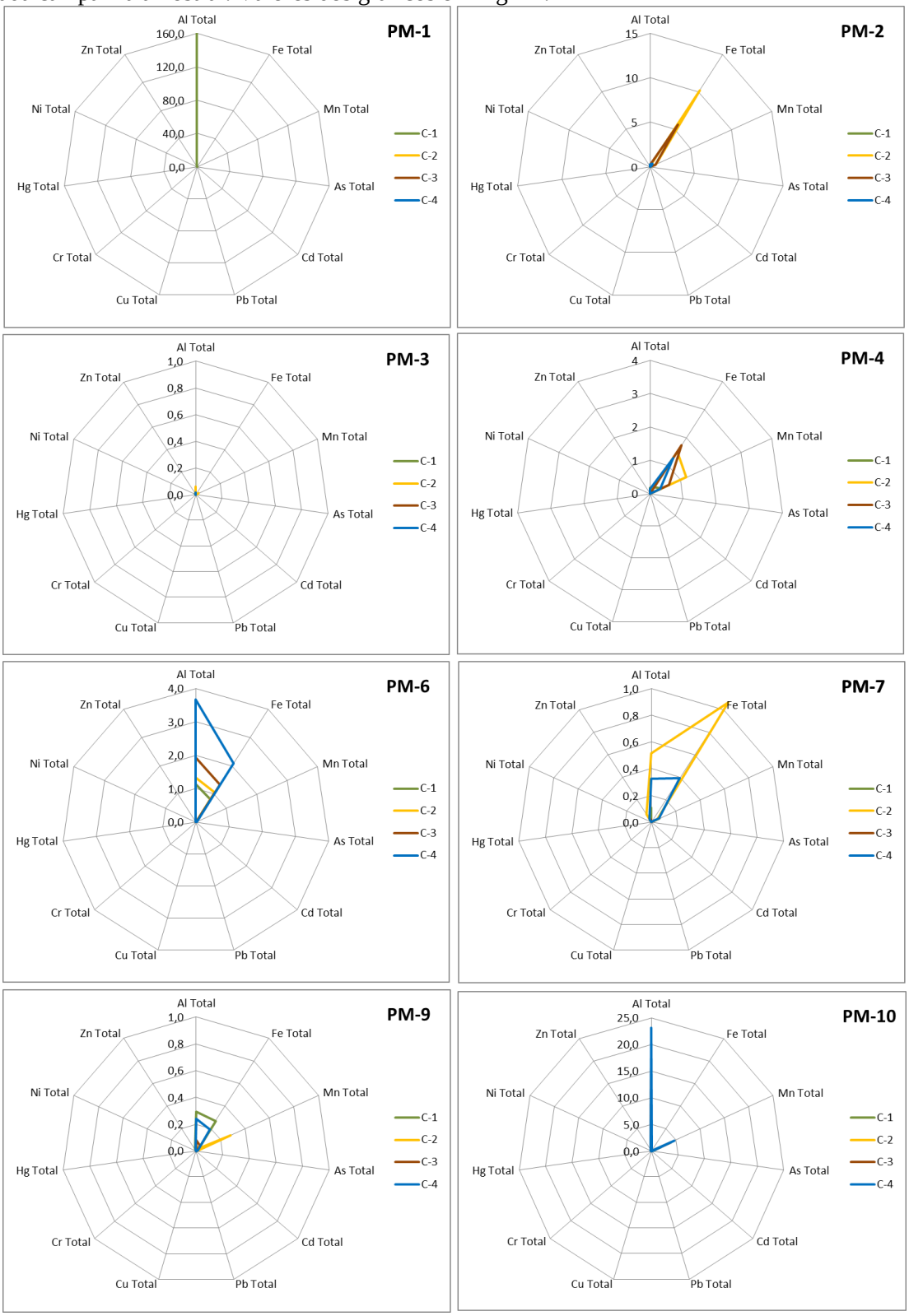
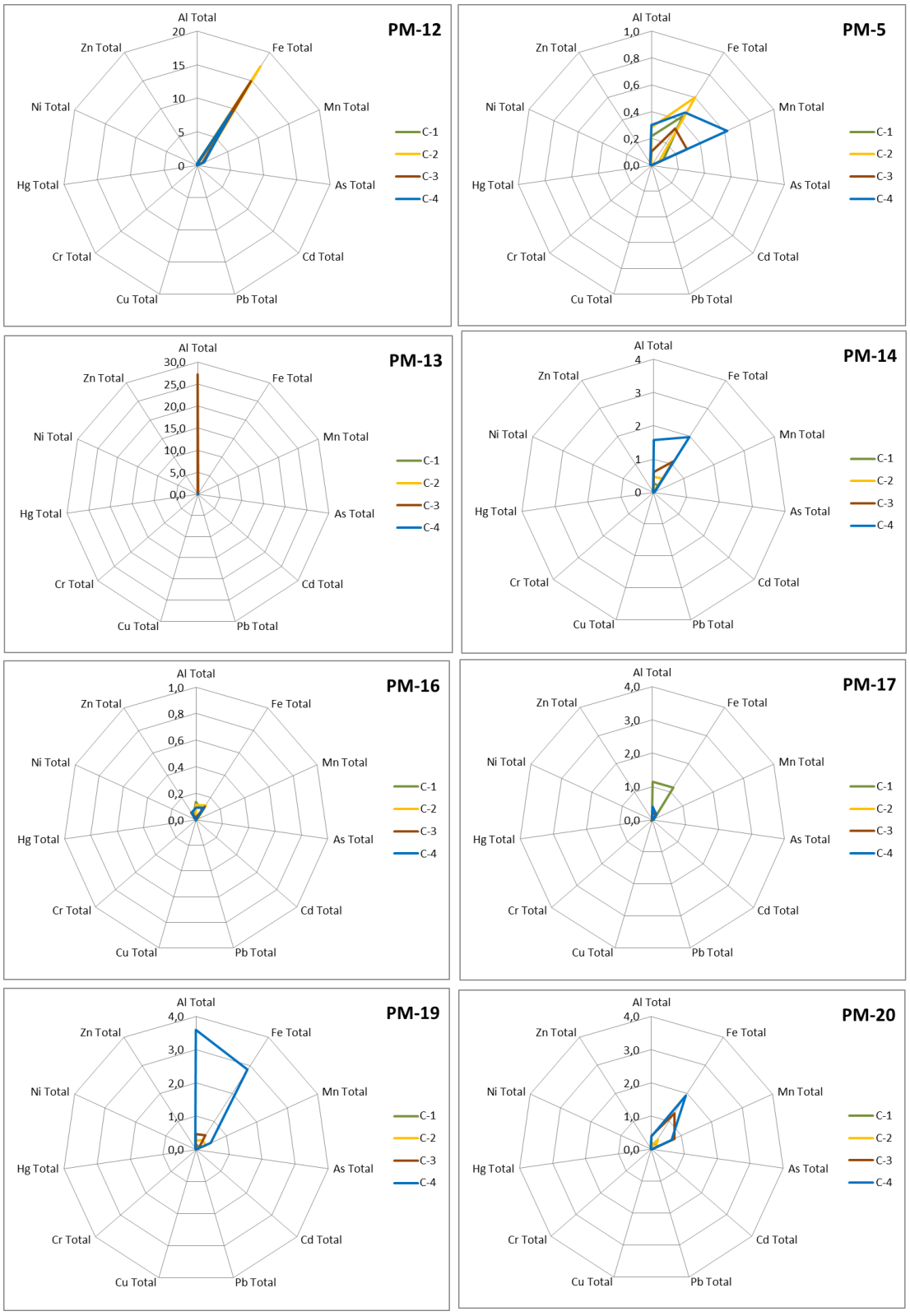


Figura continua na próxima página.



Na área da Usina Fase B e C, os poços PM-3, PM-4 e PM-16 possuem níveis de alumínio total dentro dos limites, porém os restantes dos poços se encontram numa

classificação não apropriada para o consumo humano segundo a legislação em pelo menos uma das campanhas, sendo o poço PM-1 durante a primavera o que obteve o maior valor com 162,88 $mg \cdot L^{-1}$ de Al. O alumínio dissolvido é encontrado acima do limite (0,2 $mg \cdot L^{-1}$ de Al) nos pontos PM-1, PM-4, PM-6, PM-7, PM-9 e PM-10, tendo o maior valor no ponto PM-10 durante a terceira campanha chegando a 17,27 $mg \cdot L^{-1}$ de Al.

Na área do Almoxarifado os valores de alumínio total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos em pelo menos uma das campanhas, sendo que no poço PM-13 foi encontrado o maior valor em frente à legislação vigente durante a Campanha 3 com 27,20 $mg \cdot L^{-1}$ de Al. Os valores de alumínio dissolvido ultrapassam o limite nos poços PM-13 e PM14 pelo menos em uma campanha, com o valor máximo encontrado no PM-14 durante a segunda campanha de 1,074 $mg \cdot L^{-1}$ de Al. Na área do Candiota 1, os valores de alumínio total ultrapassam o limite em quase todos os pontos em pelo menos uma das campanhas amostrais, a exceção foi o PM-16, sendo que o poço PM-19 durante a Campanha 4 apresentou o valor mais elevado com 3,59 $mg \cdot L^{-1}$ de Al. Os valores ultrapassam os limites para Al dissolvido em todos os poços, tendo o seu máximo valor na área encontrado no poço PM-19 com 0,537 $mg \cdot L^{-1}$ de Al durante a campanha de inverno (Figura 36).

A Figura 37 apresenta o mapa com os diagramas em pizza plotados nos locais dos respectivos poços representando o alumínio total do ponto, contendo as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de alumínio em suspensão (porção vermelha dos diagramas) e alumínio dissolvido (porção azul dos diagramas) para cada poço. Com exceção dos poços PM-1, PM-2 e PM-13, a relação entre alumínio total e dissolvido tem maior significância nos poços, apresentando valores de Al dissolvido acima de 15%. Em comparação ao ano amostral de 2022/2023 ocorreu um aumento significativo no número de poços e na porcentagem de Al dissolvido. O maior percentual se encontra nos poços PM-7 com 99% de Al dissolvido em relação à medida de Al total.

Figura 36 - Gráficos comparando os valores entre alumínio total e dissolvido. Linha vermelha: limite Al total (CONAMA 396, 2008).

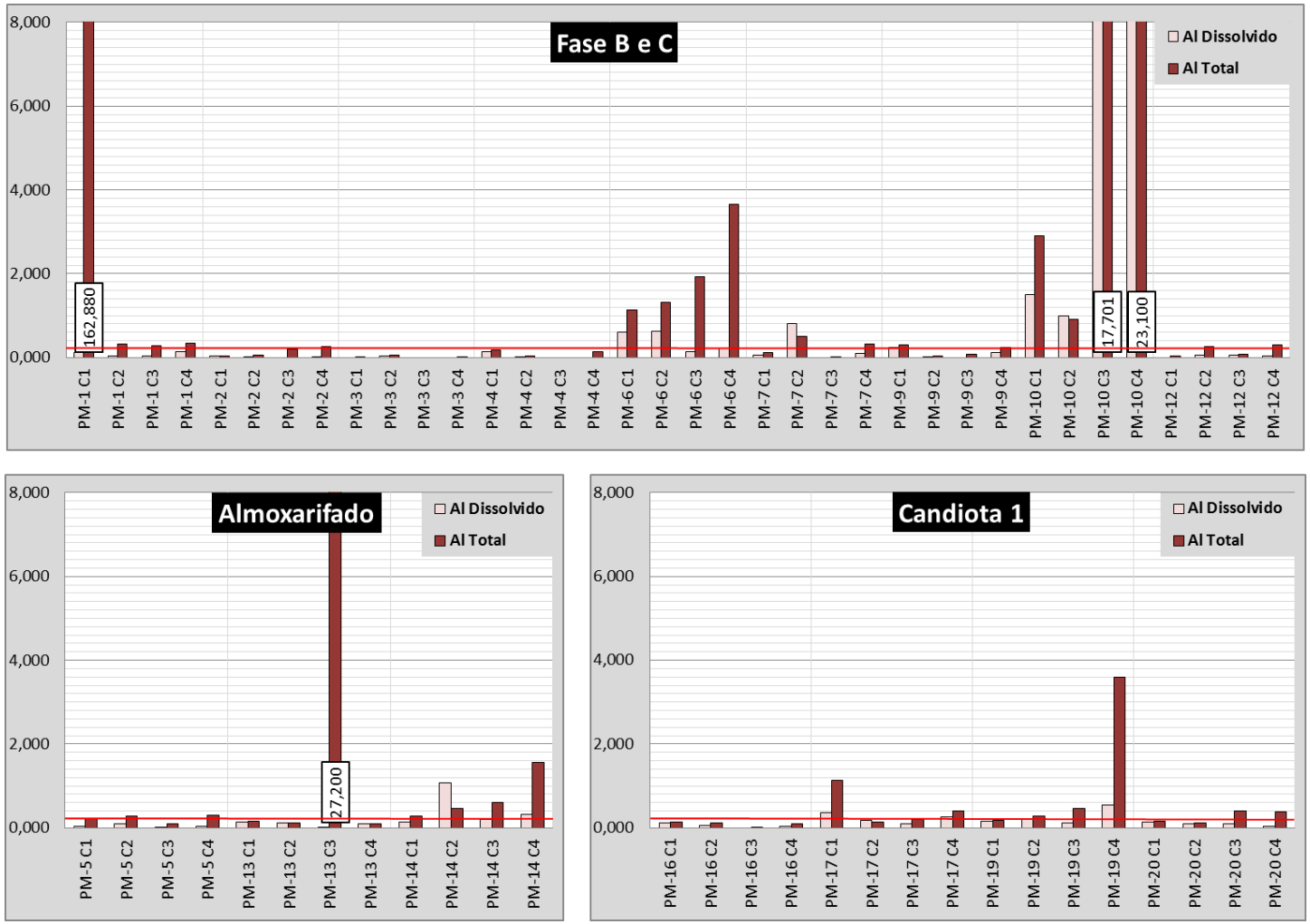
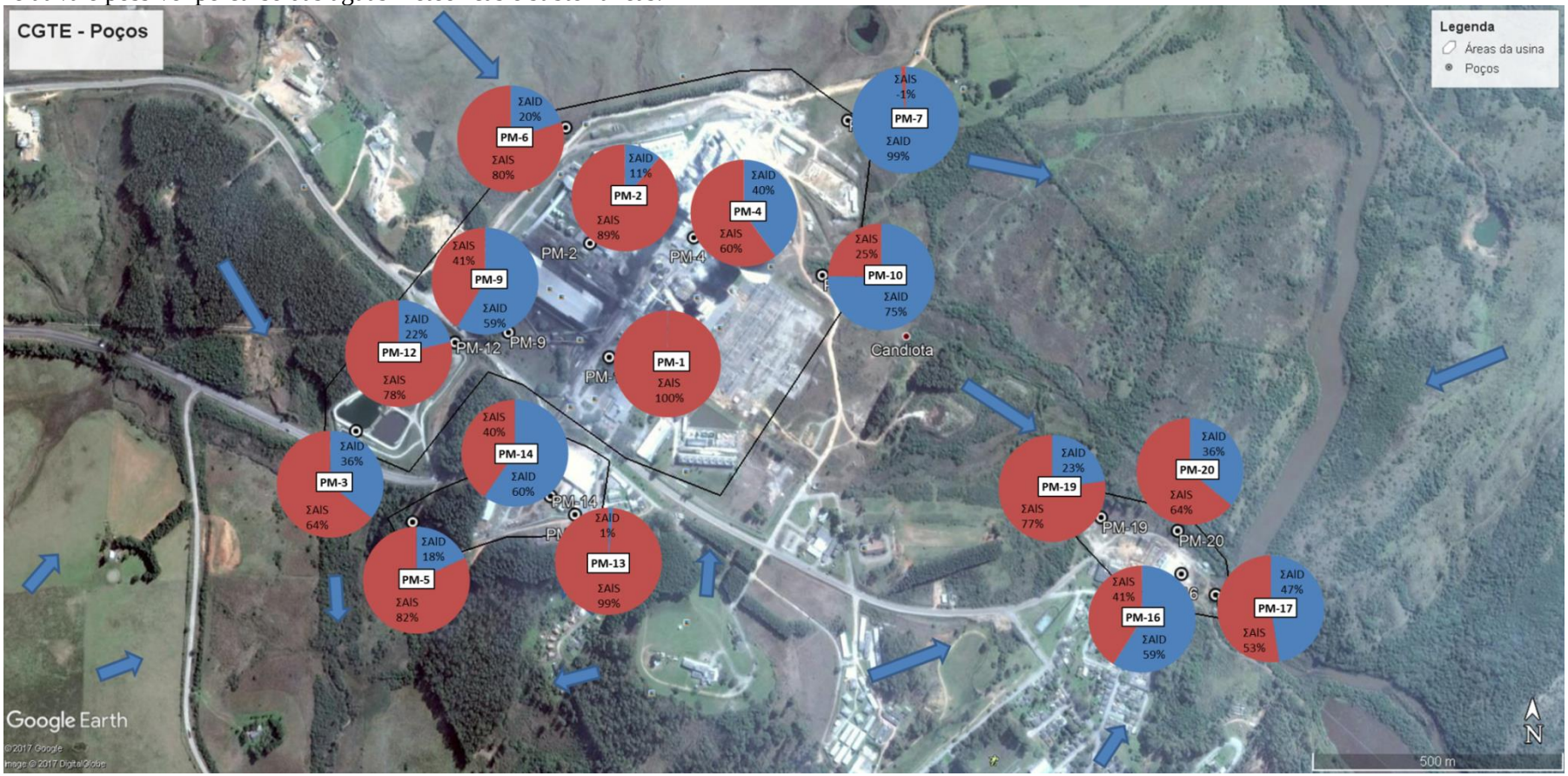


Figura 37 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de alumínio em suspensão (porção vermelha dos diagramas em pizza) e alumínio dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas.



A Figura 38 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de Fe dissolvido e total.

Na área da Usina Fase B e C, o Fe total atinge valores acima do limite de consumo humano para todos os poços em pelo menos uma campanha, com exceção aos poços PM-3, PM-9 e PM-10, mantendo similaridade com os anos de 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. Os maiores valores se encontram no poço PM-2 o qual chega a valores de até 17,495 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe (Campanha de verão). O Fe dissolvido é encontrado acima do limite para os pontos PM-2, PM-4, PM-6, PM-7 e PM-12, tendo os maiores valores no ponto PM-2 durante a segunda campanha com valor de 4,87 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe. Na área do Almoxarifado os valores de ferro total ultrapassam o limite para o consumo humano em pelo menos uma das campanhas nos poços PM-5 e PM-14, sendo o PM-14, durante a quarta campanha, o que registra o pior valor no local com 1,98 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe. O valor de Fe dissolvido ultrapassa o limite para o consumo humano nos poços PM-5 e PM-14 com o maior valor obtido pelo PM-4 durante a segunda campanha com 1,96 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe. Na área do Candiota 1, os valores de ferro total ultrapassam o limite em pelo menos uma das campanhas amostrais nos poços PM-17, PM-19 e PM-20, tendo o maior valor encontrado para a área no ponto PM-19 com 2,86 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe durante a Campanha 4. Os poços que apresentaram valores de Fe dissolvido acima do limite exigido pela legislação foram o PM-19 e o PM-20, sendo o PM-19 o que apresentou o maior valor com 0,357 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe durante a Campanha 4.

A Figura 39 apresenta o mapa com os diagramas em pizza plotados nos locais dos respectivos poços representando o ferro total do ponto, contendo as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de ferro em solução (porção vermelha dos diagramas) e ferro dissolvido (porção azul dos diagramas) para cada poço. A relação entre ferro total e dissolvido tem menor significância nos poços PM-1, PM-5 e PM-12 apresentando valores de Fe dissolvido abaixo de 15%. O maior percentual de Fe dissolvido é exibido pelo PM-14 com 72%. O poço PM-3 não apresentou detecção de ferro dissolvido e total nesse ano amostral.

Figura 38 - Gráficos comparando valores (mg·L^{-1}) entre ferro total e dissolvido. Linha vermelha: limite Fe total (CONAMA 396, 2008).

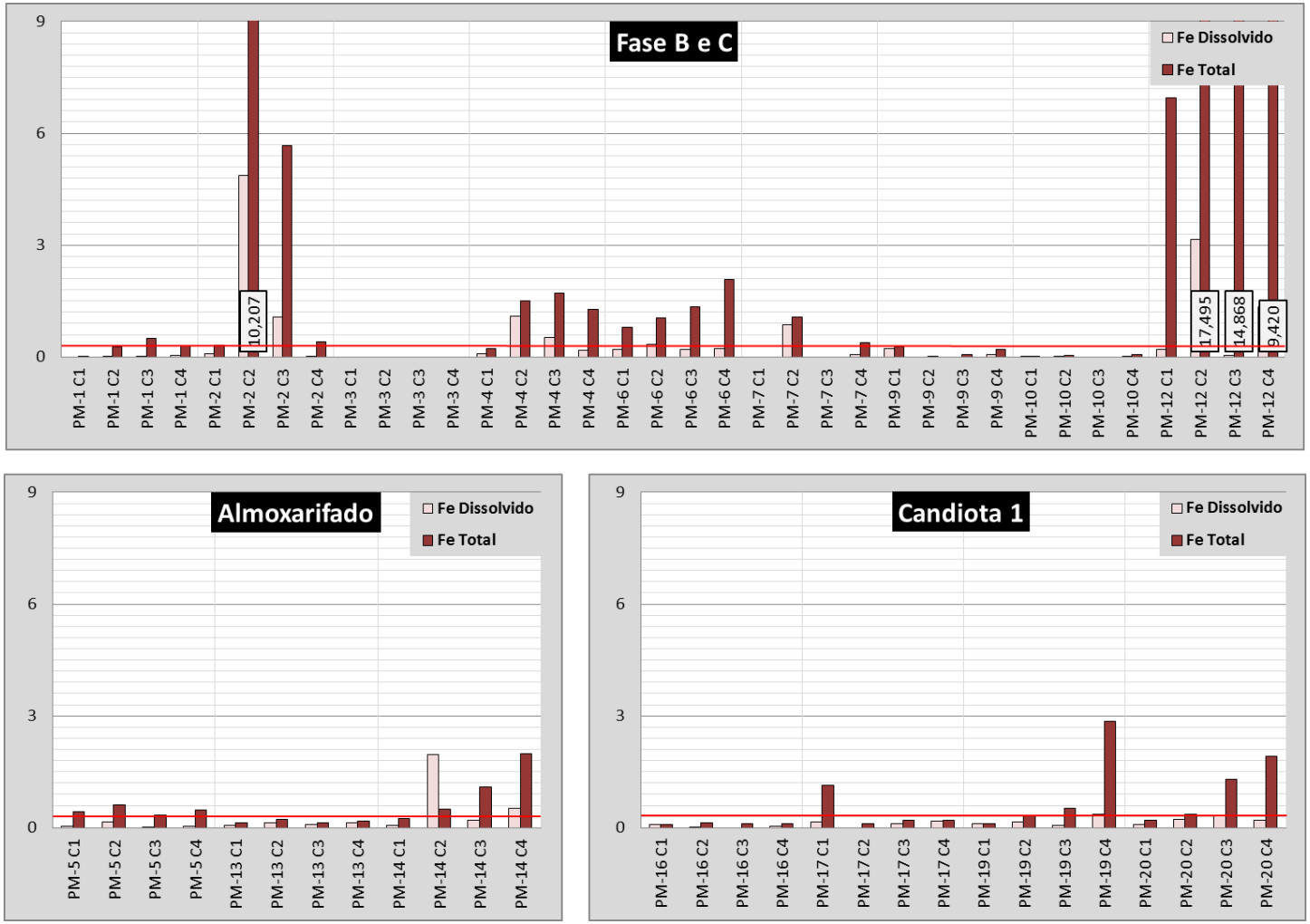
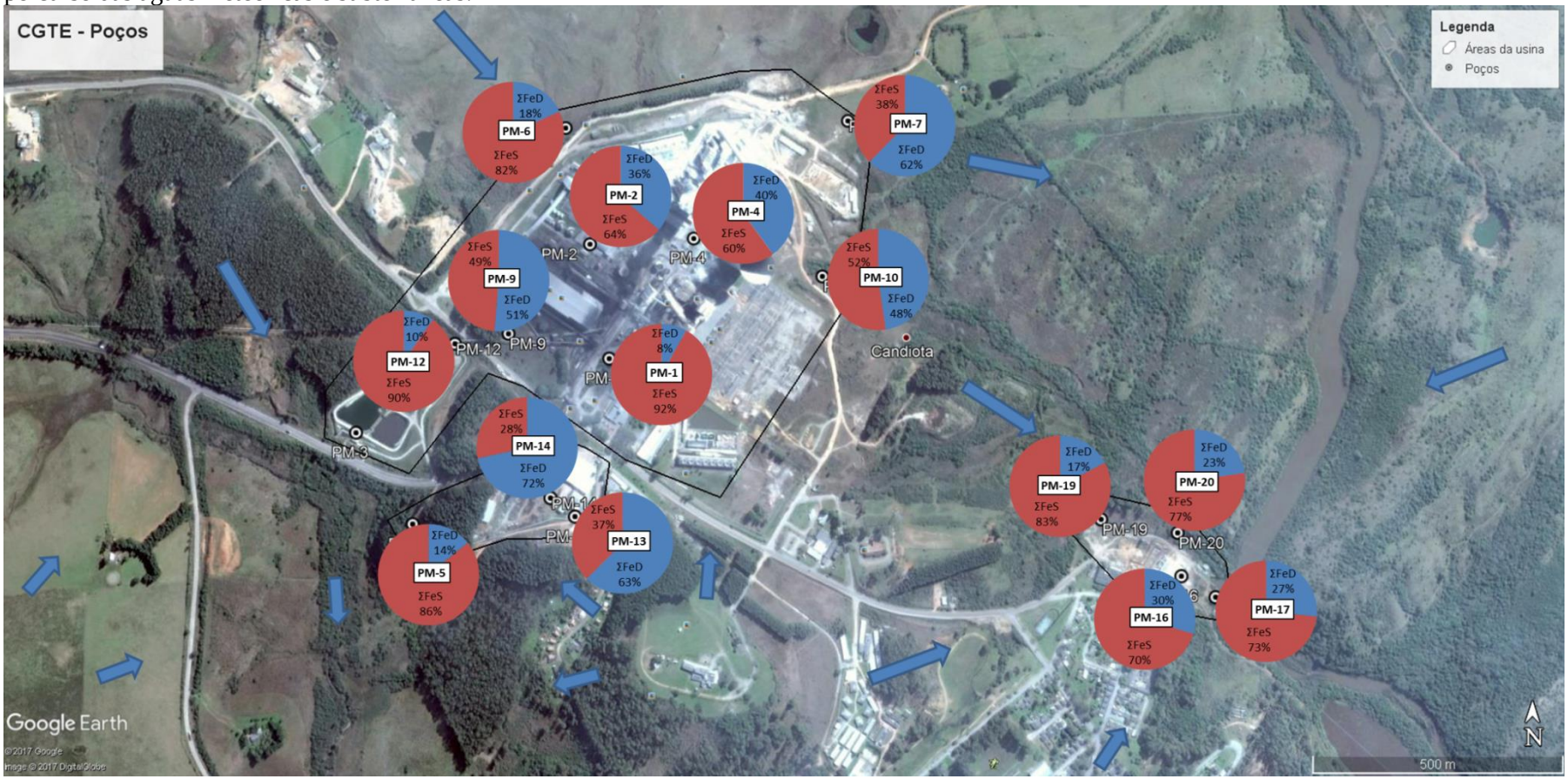


Figura 39 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de ferro em suspensão (porção vermelha dos diagramas em pizza) e ferro dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas.



A Figura 40 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de manganês dissolvido e manganês total.

Na área da Usina Fase B e C, o Mn total atinge valores acima do limite de consumo humano em pelo menos uma das campanhas, nos pontos PM-1, PM-2, PM-4, PM-9, PM-10 e PM-12. O poço PM-10 novamente registrou o maior valor de Mn total chegando a 4,72 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn durante a Campanha 4. O Mn dissolvido foi encontrado acima do limite para os poços PM-1, PM-2, PM-4, PM-9, PM-10 e PM-12, como o ano de 2022/2023, sendo que o PM-10 atingiu o maior valor com 3,911 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn na Campanha 3. Na área do Almoxarifado os valores de Mn total ultrapassam o limite para o consumo humano apenas no ponto PM-5 sendo o maior valor encontrado com 0,619 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn durante a quarta campanha. Os valores de Mn dissolvido ultrapassaram o limite para o consumo humano nos poços PM-5 e PM-14 sendo o maior valor encontrado no PM-5 durante a quarta campanha com 0,583 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn. Na área do Candiota 1 os valores de Mn total ultrapassam o limite para o consumo humano nos pontos PM-19 e PM-20, sendo o PM-20 o que registra o maior valor chegando a 0,768 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn durante a terceira campanha. O PM-19 e PM-20 também tiveram o Mn dissolvido ultrapassando o limite, sendo que o PM-20 na Campanha 3 obteve o maior valor com 0,847 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn.

A Figura 41 apresenta o mapa com os diagramas em pizza plotados nos locais dos poços respectivos representando o manganês total do ponto, contendo as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de manganês em suspensão (porção vermelha dos diagramas) e manganês dissolvido (porção azul dos diagramas) para cada poço. A relação entre manganês total e dissolvido teve menor significância no ponto PM-19, mas ainda sim apresentando valores de Mn dissolvido acima de 50%. O maior percentual de Mn dissolvido se encontra nos poços PM-5 e PM-20, com 99% e 98% respectivamente.

Figura 40 - Gráficos comparando os valores entre manganês total e dissolvido. Linha vermelha: limite Mn total (CONAMA 396, 2008).

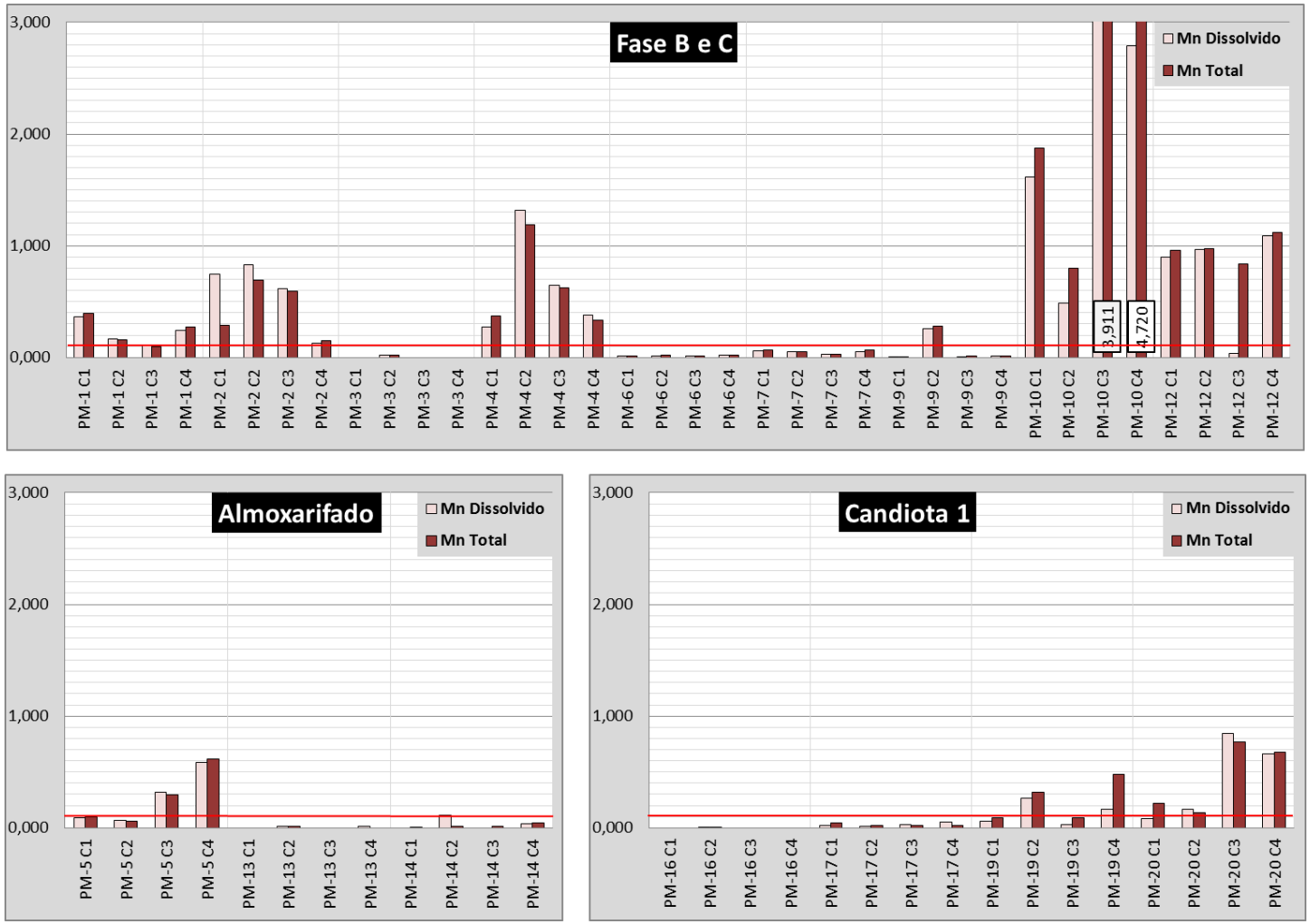
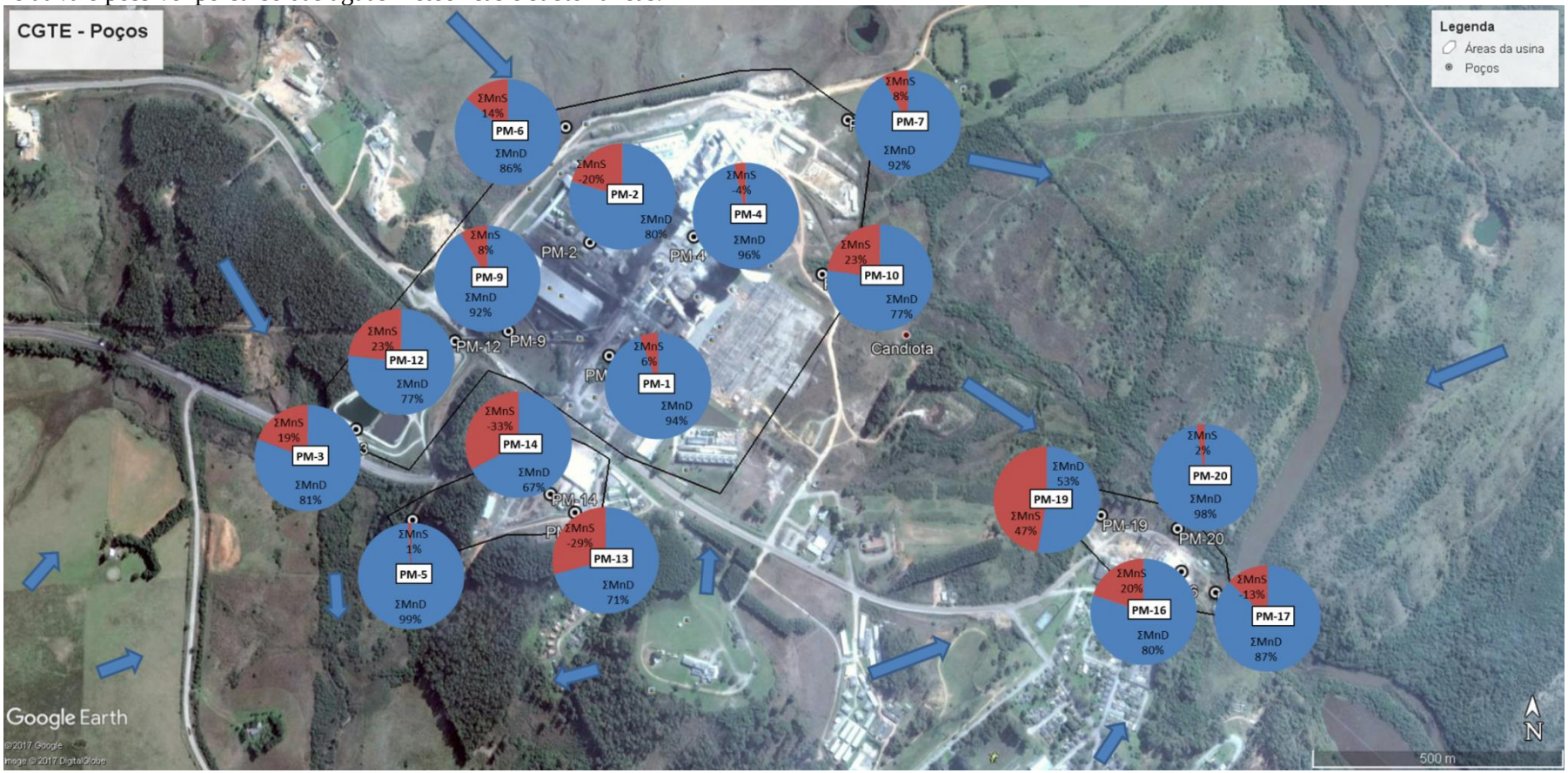


Figura 41 - Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de manganês em suspensão (porção vermelha dos diagramas em pizza) e manganês dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas.



A Figura 42 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de níquel dissolvido e níquel total. Os valores de níquel também não apresentam uma regularidade específica para os poços de monitoramento.

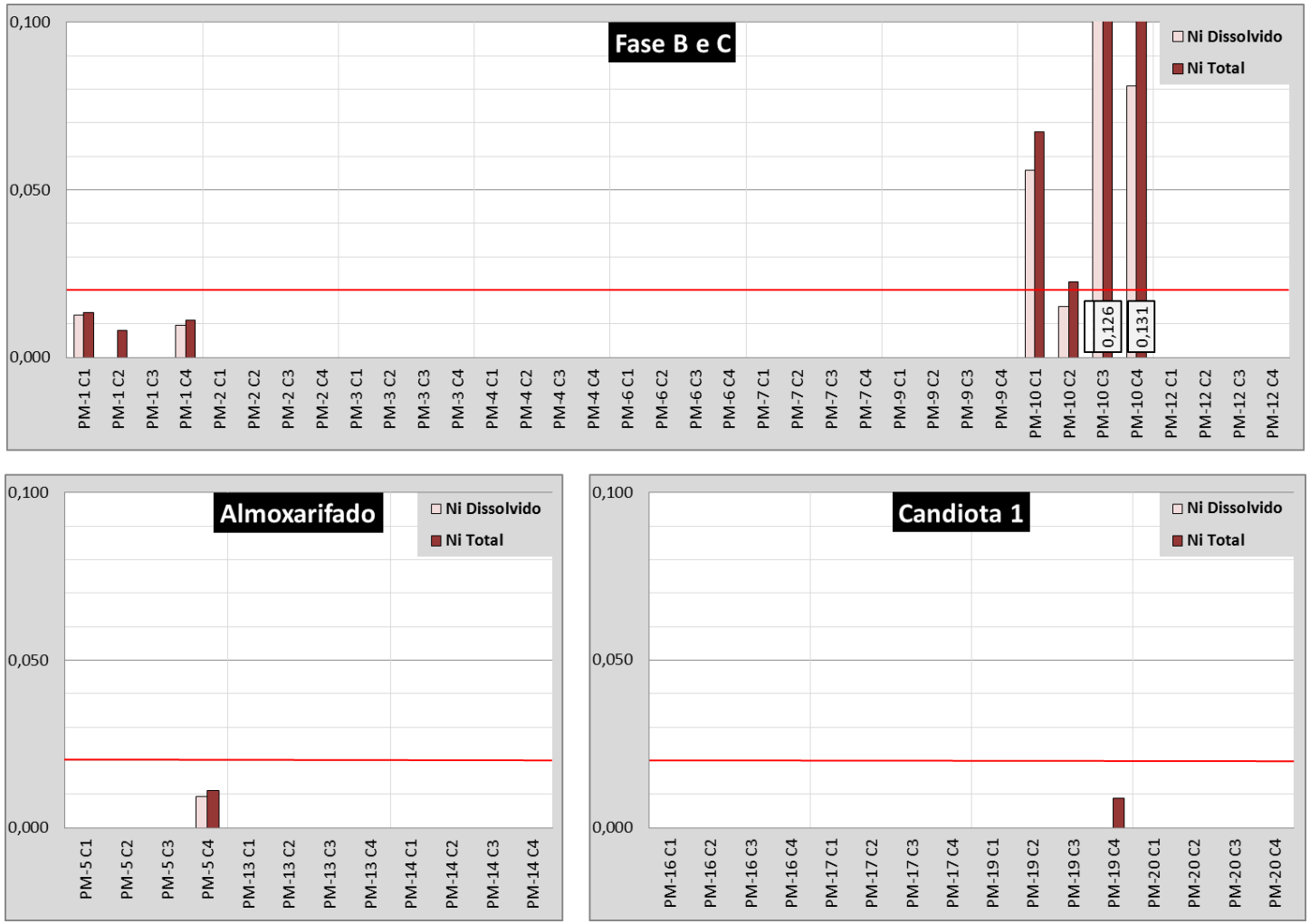
Na área da Usina Fase B e C os valores de níquel total que ultrapassaram o limite para o consumo humano foram detectados no poço PM-10 em todas as campanhas amostrais, atingindo o maior valor com 0,131 $mg \cdot L^{-1}$ de Ni, durante a quarta campanha. O níquel dissolvido ultrapassou o limite para o consumo humano no poço PM-10 durante a primeira, terceira e quarta campanhas atingindo o maior valor de 0,121 $mg \cdot L^{-1}$ de Ni durante a terceira campanha. Apesar do níquel não apresentar uma presença regular nos poços de monitoramento, o poço PM-10 tem certa regularidade na detecção de níquel, principalmente nos últimos anos. E assim, como nos anos de monitoramento de 2021/2022 e 2022/2023, apresentou os valores mais elevados na área da Fase B e C.

Nas áreas do Almoxarifado e do Candiota 1, os valores de níquel total e dissolvido em todos os poços e em todas as campanhas amostrais não ultrapassaram os valores do limite de consumo humano em frente à legislação vigente da Resolução CONAMA 396-2008.

O zinco dissolvido, que faz parte do grupo com caráter estético, apresentou valor acima dos limites da legislação vigente da Resolução CONAMA 396-2008 no ponto PM-10 durante a terceira campanha.

Os demais metais do grupo com caráter tóxico não apresentaram valores acima dos limites exigidos pela legislação, e apresentaram uma redução significativa em relação aos anos anteriores.

Figura 42 - Gráficos comparando os valores entre níquel total e dissolvido. Linha vermelha: limite Ni total (CONAMA 396, 2008).



A Tabela 20, a

Tabela 21, a Tabela 22 e a Tabela 23 apresentam os resultados da razão matemática, calculada para metais totais com base nas referências de consumo humano usadas para a água subterrânea expressa na Resolução do CONAMA 396 de 2008. Assim como para as variáveis de coliformes, condutividade elétrica, cor real, DBO, fenóis totais, fósforo total, óleos e graxos, oxigênio dissolvido e turbidez, calculada com base nas referências de valores mais rigorosos da Resolução do CONAMA 396-2008, CONAMA 357-2005, da Resolução 1469-2000 do Ministério da Saúde, e de valores internacionais da ANZECC (2011).

O critério de visualização segue a estratégia do cálculo da razão matemática. A razão matemática foi construída tendo no denominador o valor expresso nas resoluções citadas acima, enquanto no numerador foi utilizado o valor encontrado na amostra coletada no poço monitor referenciado para uma determinada variável. A exceção é para as medidas de OD em frente que quanto mais oxigênio melhor é a qualidade da água, assim para tal parâmetro se utiliza como denominador o valor encontrado na amostra, enquanto o numerador é o valor citado na legislação.

Toda vez que os valores obtidos forem maiores que 1, indica que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência. Assim, pinta-se o espaço referente com a cor **vermelha**, que representa má qualidade da água para tal parâmetro. Toda a vez que o valor obtido superar 0,5, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência, pinta-se o espaço com a cor **laranja**, significando um sinal de alerta e a necessidade de monitoramento. Caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência, colorindo o espaço da tabela com a cor **verde**, significando boa qualidade do parâmetro. No caso dos coliformes termotolerantes usou-se **ND** que significa não detectado, colorindo o espaço da tabela com a cor **verde**, e **C** significa contaminado e pinta-se o espaço referente com a cor **vermelha**.

A avaliação qualitativa foi separada por campanha amostral para cada área da termelétrica.

Tabela 20 - Índice qualitativo da Campanha 1 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2011). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**).

Campanha - 1	Usina Fase B e Fase C									Almoxarifado			Candiota 1			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-5	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Coliformes	ND	C	ND	C	C	ND	C	ND	C	C	C	C	C	C	C	C
Condutividade	0,7	1,0	1,4	0,7	0,1	0,2	0,2	0,9	1,1	0,7	0,3	0,3	0,7	0,2	0,5	0,3
Cor Real	2,6	2,6	0,0	5,7	21,0	1,0	8,2	3,4	94,7	5,4	6,9	6,0	5,5	32,3	6,7	3,9
DBO5	0,9	0,8	0,8	0,0	0,8	0,7	0,0	0,7	0,0	0,8	0,8	0,7	0,7	0,0	0,8	0,0
DQO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fenóis Totais	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fósforo Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	3,0	1,4	2,1	1,0	0,8	1,3	0,0
Óleos e Graxas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Turbidez	0,8	0,6	0,0	3,5	7,6	0,3	1,7	1,3	46,8	1,3	4,5	1,0	9,4	15,6	4,0	1,9
Al Total	814,4	0,2	0,1	0,9	5,6	0,5	1,5	14,5	0,2	1,1	0,7	1,4	0,7	5,7	0,8	0,8
As Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cu Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe Total	0,0	1,1	0,0	0,8	2,7	0,0	0,9	0,1	23,2	1,4	0,4	0,8	0,3	3,8	0,3	0,6
Mn Total	3,9	2,9	0,0	3,7	0,1	0,7	0,1	18,7	9,6	1,0	0,0	0,1	0,0	0,4	0,9	2,2
Hg Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni Total	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 21 - Índice qualitativo da Campanha 2 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2011). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**).

Campanha - 2	Usina Fase B e Fase C									Almoxarifado			Candiota 1			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-5	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Coliformes	ND	C	ND	C	C	C	C	ND	ND	C	C	C	ND	C	ND	C
Condutividade	0,7	1,1	1,5	1,0	0,1	0,2	1,0	0,6	0,8	0,7	0,4	0,4	1,5	0,3	1,1	0,3
Cor Real	5,3	60,1	0,0	6,1	39,9	3,1	1,0	2,9	48,6	8,3	79,3	140,7	102,3	15,3	3,1	6,7
DBO5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DQO	1,5	1,3	1,8	2,1	0,0	0,0	0,0	2,3	0,7	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0
Fenóis Totais	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fósforo Total	0,0	4,0	5,3	3,1	2,4	2,6	3,7	2,9	2,7	3,9	3,2	3,1	4,5	2,7	3,6	2,7
Óleos e Graxas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Turbidez	1,6	16,2	0,0	3,3	12,2	4,8	0,0	1,1	4,0	2,8	4,0	10,4	23,8	2,8	1,3	1,5
Al Total	1,6	0,3	0,3	0,2	6,6	2,6	0,2	4,6	1,3	1,4	0,6	2,3	0,6	0,7	1,4	0,5
As Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cu Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe Total	0,9	34,0	0,0	5,0	3,5	3,6	0,1	0,1	58,3	2,0	0,7	1,7	0,4	0,3	1,1	1,2
Mn Total	1,6	6,9	0,2	11,9	0,2	0,5	2,8	8,0	9,7	0,6	0,2	0,1	0,1	0,2	3,2	1,4
Hg Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni Total	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 22 - Índice qualitativo da Campanha 3 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2011). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**).

Campanha - 3	Usina Fase B e Fase C									Almoxarifado			Candiota 1			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-5	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Coliformes	ND	ND	C	ND	C	ND	C	ND	ND	C	ND	ND	C	C	C	C
Condutividade	0,7	0,9	1,4	1,2	0,1	0,1	0,5	1,3	0,8	0,7	0,3	0,3	1,6	0,2	0,6	0,4
Cor Real	0,0	2,0	0,0	1,0	21,3	0,9	0,8	0,0	0,0	2,0	0,9	1,4	0,0	4,0	2,6	1,0
DBO5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DQO	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,8	0,0	1,3	1,5	0,6	1,1
Fenóis Totais	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fósforo Total	0,0	0,0	3,1	1,1	0,0	0,0	1,4	9,5	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0
Óleos e Graxas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Turbidez	3,1	7,9	0,4	15,7	11,8	0,0	1,4	0,5	42,6	1,6	14,1	6,3	20,6	24,0	3,0	14,7
Al Total	1,4	1,0	0,0	0,0	9,7	0,1	0,4	88,5	0,4	0,5	136,0	3,0	0,1	1,0	2,3	2,1
As Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cu Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
Fe Total	1,6	18,9	0,0	5,7	4,5	0,0	0,2	0,0	49,6	1,1	0,5	3,7	0,4	0,7	1,7	4,3
Mn Total	1,0	5,9	0,0	6,2	0,1	0,3	0,2	39,1	8,4	2,9	0,0	0,2	0,0	0,2	0,9	7,7
Hg Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 23 - Índice qualitativo da Campanha 4 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2011). Valores maiores que 1, indicam que o numerador é maior que o denominador, significando que o valor encontrado superou o valor de referência (**vermelho**). Quando o valor obtido superar 0,5 e não ultrapassar 1, significa que o valor obtido para a variável se aproxima do valor de referência (**laranja**), caso contrário, a variável está muito abaixo do valor de referência (**verde**). No caso dos coliformes, ND significa não detectado (**verde**), e C significa contaminado (**vermelho**).

Campanha - 4	Usina Fase B e Fase C									Almoxarifado			Candiota 1			
Variável	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-6	PM-7	PM-9	PM-10	PM-12	PM-5	PM-13	PM-14	PM-16	PM-17	PM-19	PM-20
Coliformes	C	C	C	C	C	ND	C	ND	C	C	C	C	C	C	C	C
Condutividade	0,6	0,8	1,0	0,7	0,1	0,2	0,3	1,3	0,4	0,6	0,9	0,2	0,9	0,2	0,6	0,4
Cor Real	4,9	1,7	0,8	14,3	32,3	4,6	3,0	1,6	48,6	3,0	4,3	23,5	4,3	45,0	13,8	22,0
DBO5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DQO	0,7	0,0	0,0	0,6	0,9	0,6	0,7	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,6	0,8
Fenóis Totais	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fósforo Total	0,9	0,0	0,9	0,0	1,3	0,0	1,5	0,0	1,3	2,0	0,0	2,5	1,1	0,0	2,9	0,0
Óleos e Graxas	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Turbidez	2,3	1,7	1,2	11,0	15,9	1,3	1,6	0,7	34,8	1,9	6,9	8,8	6,5	31,4	5,6	11,0
Al Total	1,7	1,3	0,1	0,7	18,3	1,6	1,2	115,5	1,5	1,5	0,5	7,9	0,5	2,0	18,0	1,9
As Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cu Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe Total	0,9	1,4	0,0	4,2	6,9	1,3	0,6	0,2	31,4	1,6	0,6	6,6	0,4	0,6	9,5	6,4
Mn Total	2,7	1,5	0,0	3,3	0,2	0,6	0,1	47,2	11,2	6,2	0,0	0,4	0,0	0,2	4,8	6,8
Hg Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni Total	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
Zn Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

As tabelas acima evidenciam claramente a qualidade da água subterrânea para os poços de monitoramento. Em uma análise geral, o ponto PM-3, assim como nos últimos anos amostrais, permanece sendo o poço com as melhores condições de qualidade de água, apesar de estar localizado na área das bacias de decantação. O ponto PM-5 ficou com o pior desempenho anual. Esse ponto fica localizado em área de influência urbana, próximo ao almoxarifado. Isso demonstra que água subterrânea sofre influências negativas na sua qualidade provavelmente de contribuição de esgotamento urbano visto pelos os índices de coliformes e fósforo acima dos limites foram constantes nesse ano amostral.

A Figura 43 apresenta um índice geral de qualidade relativa das águas subterrâneas (IQAS) das áreas monitoradas por estação do ano. A imagem ilustra uma piora da qualidade da água nos períodos de verão (C2) e inverno (C4), um quadro mais ameno para a primavera (C1) e outono (C3). Essa diferença pode ter relação com as diferenças meteorológicas de precipitação e temperatura ao decorrer do ano, contudo o comportamento hídrico dos poços apresenta diferenças nos padrões do nível estático entre eles.

Analisando o mapa da primavera, assim como ocorreu no último ano, observa-se que é o período de melhor qualidade da água no ano amostral. Isso pode estar relacionado à boa média de precipitações no período juntamente com temperaturas mais amenas (segunda menor média do ano com valores próximos do inverno). Isso aumenta o poder de diluição do sistema, além de ocorrer menor evaporação e menor evapotranspiração.

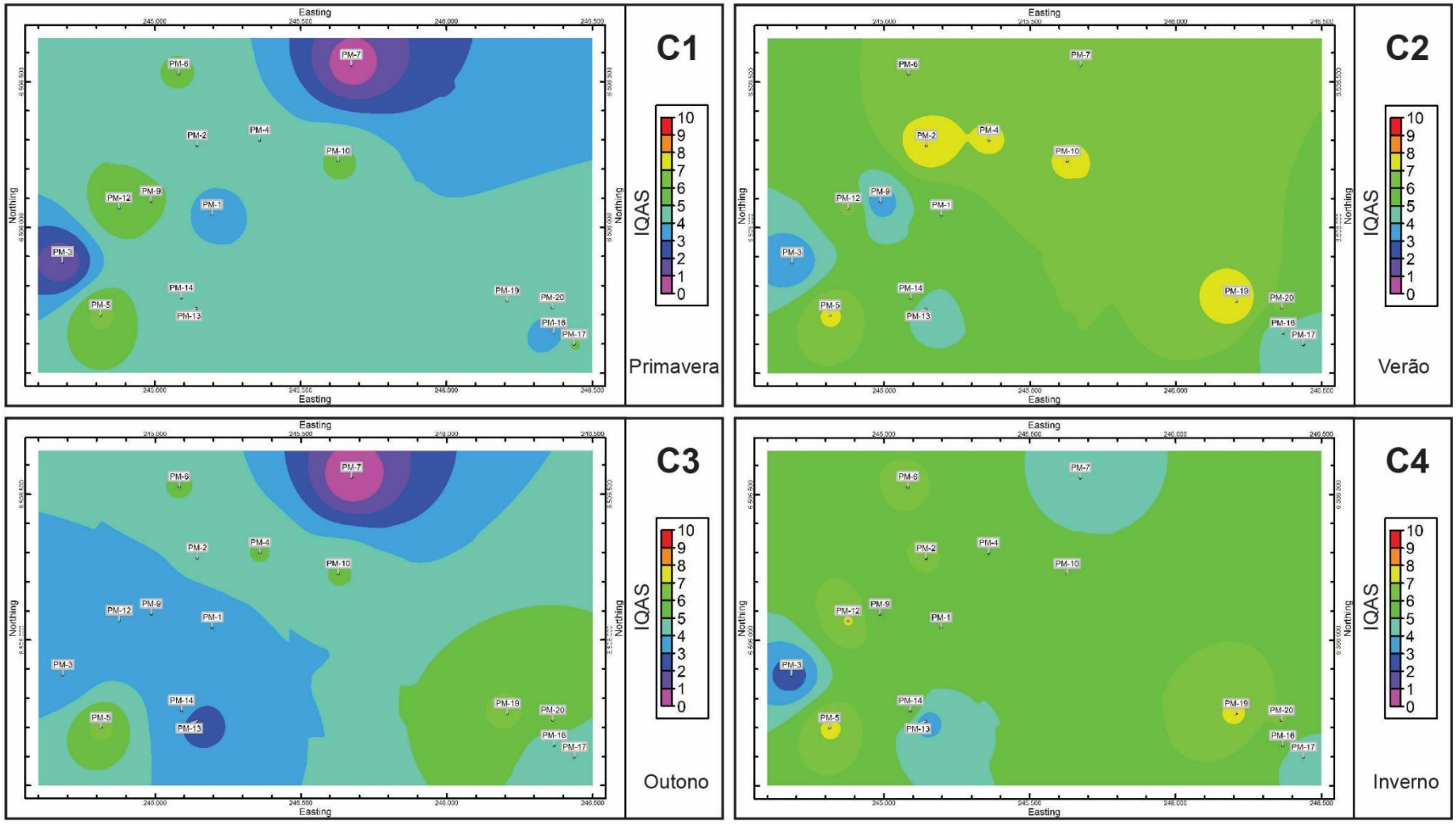
Conforme os gráficos apresentados nos relatórios trimestrais, o verão apresentou a segunda menor média de precipitação, e a maior média de temperatura. Essas médias de temperatura e precipitação influenciaram em maiores taxas de evaporação e evapotranspiração colaborando assim para um nível freático relativamente mais rebaixado em alguns poços em comparação com as demais estações do ano. Esse menor volume de água subterrânea pode ter levado a uma menor diluição dos contaminantes, resultando em maiores índices quantitativos na água coletada. No verão podemos observar os piores índices de qualidade da água subterrânea localizados nos pontos PM-2, PM-4, PM-5, PM-10 e PM-19.

Essa mancha (amarela) de pior índice diminui durante o outono, mas ainda se mantém estagnado nesses pontos. A diminuição no potencial desses picos pode ter sido

favorecida devido aos eventos climáticos do outono que obteve a segunda maior média de precipitação e temperaturas amenas.

No inverno, a qualidade de água diminui e realça seus picos principalmente nos pontos PM-5, PM-12 e PM-19. O inverno teve a menor média de precipitação e as temperaturas médias mais baixas. Apesar das temperaturas mais baixas implicarem em menores taxas de evaporação e evapotranspiração, a baixa precipitação teve maior influência sobre o regime das águas subterrâneas. E assim, não apresentando um quadro que favorecesse a diluição das variáveis medidas.

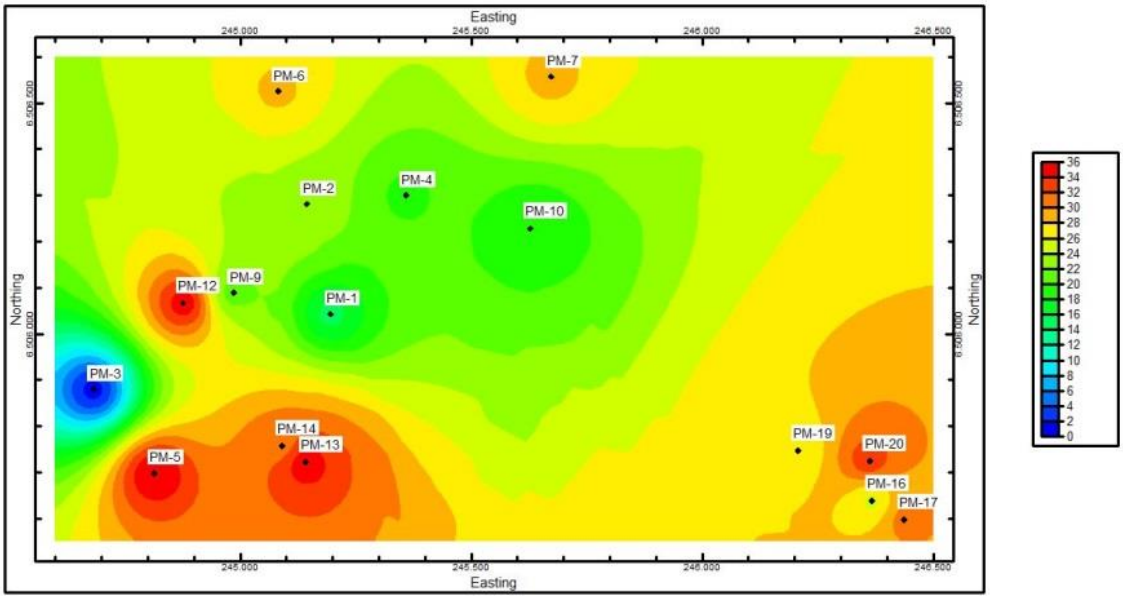
Figura 43 - Mapas demonstrando o comportamento do índice de qualidade das águas subterrâneas durante as quatro campanhas amostrais. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho).



Comparação dos Mapas de IQA Anual com Anos Anteriores

No ano 2018/2019 (Figura 44), os poços com as piores condições de qualidade da água foram o PM-5, PM-12 e PM-13, apresentando a maioria dos parâmetros com altos índices quantitativos. Um exemplo disso é o poço PM-13 que teve seus valores de chumbo quase quatro vezes maior que o previsto na legislação. Pode-se observar que alguns dos locais que apresentam IQAS inferior (vermelho) estão próximos de áreas urbanas.

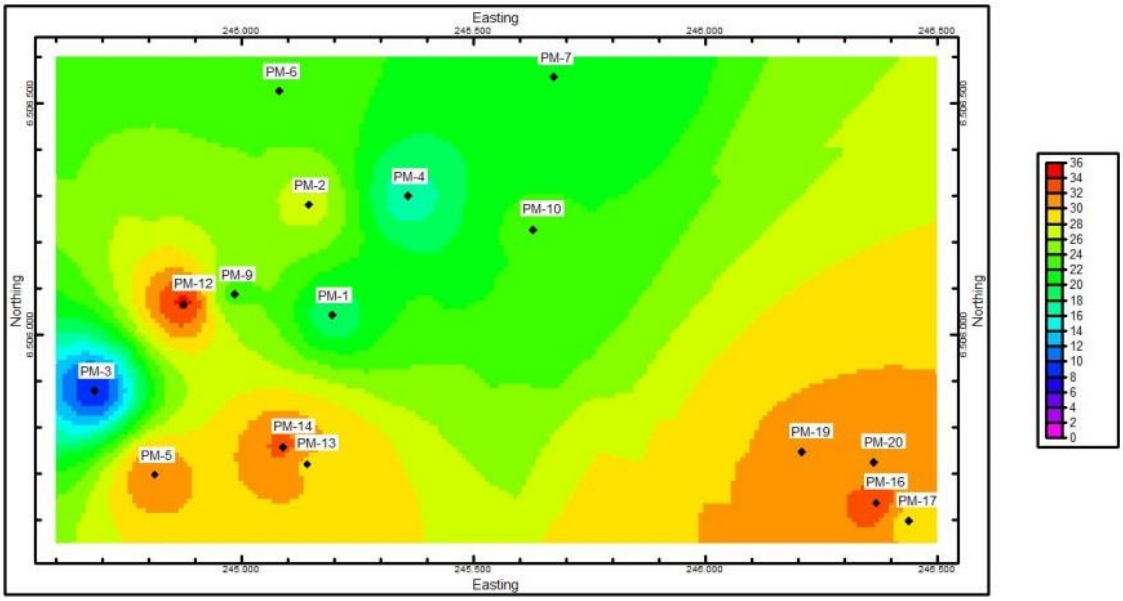
Figura 44 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2018/2019. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho).



No ano de 2019/2020 (Figura 45), os poços com as piores condições de qualidade da água foram o PM-5, PM-12, PM-13, PM-14, PM-16, PM-19 e PM-20 apresentando a maioria dos parâmetros com altos índices. Um exemplo disso é o poço PM-12 que apresenta contaminação com chumbo em todas as campanhas chegando a níveis até quatro vezes maior que o previsto na legislação. Assim como o constante sinal de alerta em relação ao arsênio, além de muitos parâmetros extrapolarem os limites legislativos. De um ponto de vista geral, as maiorias dos poços mantiveram ou melhoraram a sua qualidade em relação aos dados do projeto de 2018/2019. Os poços que tiveram uma queda na sua qualidade foram o PM-16 e o PM-19. O PM-16 possui índices de fósforo acima que prevê a legislação em todas as campanhas e frequente contaminação por

coliformes. O PM-19 apresentou frequentes contaminações por coliformes, fósforo e chumbo.

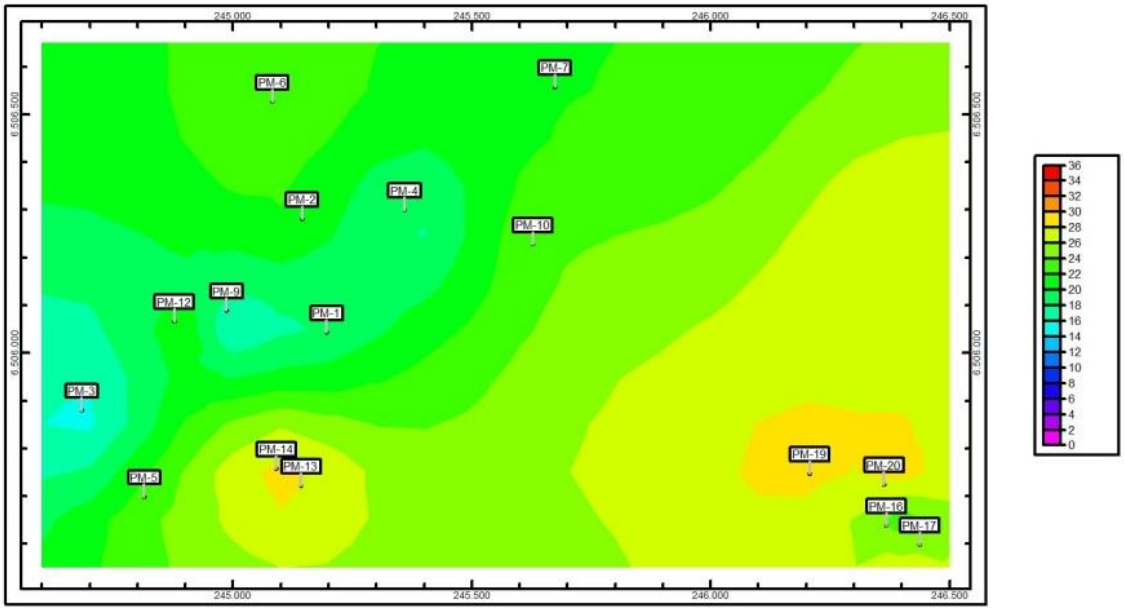
Figura 45 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2019/2020. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho).



No ano de 2020/2021 (

Figura 46), os poços com as piores condições de qualidade da água foram o PM-13, PM-14, PM-17, PM-19 e PM-20 apresentando a maioria dos parâmetros com altos índices. O poço PM-14, por exemplo, apresenta contaminação com chumbo e coliformes fecais em quase todas as campanhas, e fósforo em todas as campanhas. Assim como o constante sinal de alerta, ou extrapolação, dos índices de cromo e níquel, além de muitos outros parâmetros extrapolarem os limites legislativos. De um ponto de vista geral, as maiorias dos poços mantiveram ou melhoraram a sua qualidade em relação aos dados do projeto de 2019/2020, em destaque os poços PM-2, PM-5, PM-9, PM-12 e PM-16 que obtiveram uma significativa melhora. Contudo, o poço PM-3 obteve significativa queda na sua qualidade, principalmente devido às duas últimas campanhas em que extrapolou os limites legislativos de diversos parâmetros.

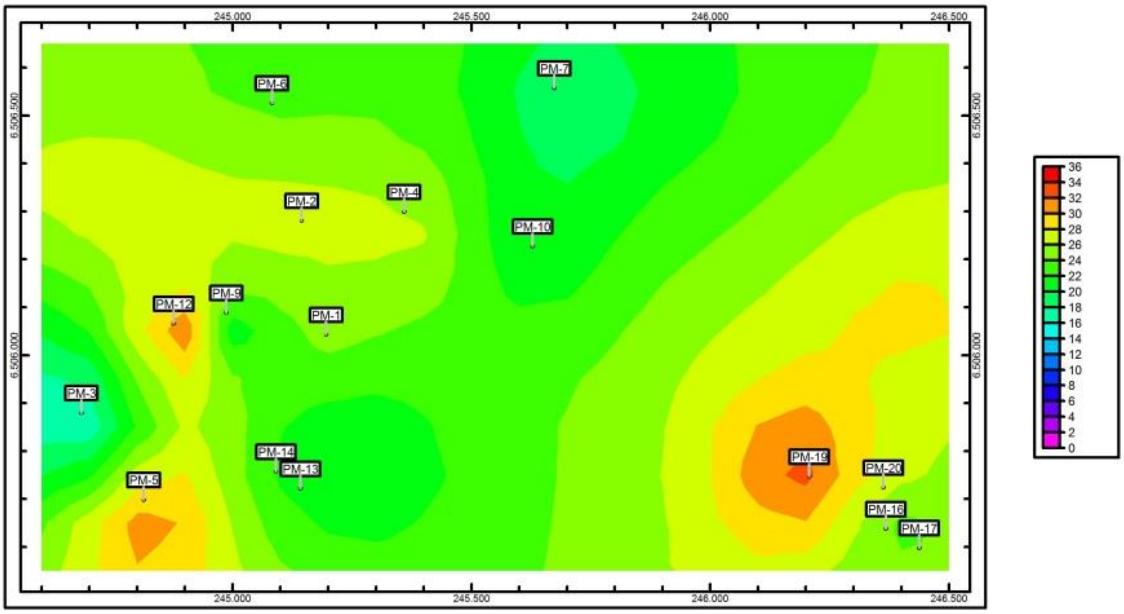
Figura 46 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2020/2021. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho).



No ano de 2021/2022 (

Figura 47), os poços com as piores condições de qualidade da água foram o PM-2, PM-5, PM-12, PM-19 e PM-20 apresentando a maioria dos parâmetros com altos índices. As melhores condições de qualidade da água subterrânea foram encontradas nos poços PM-3, PM-7 e PM-13. De um ponto de vista geral, a maioria dos poços manteve ou piorou a sua qualidade em relação aos dados do projeto de 2020/2021. O poço PM-19 obteve significativa queda na sua qualidade, principalmente devido ao grande número de variáveis que extrapolaram os limites legislativos. Em contrapartida, os poços PM-13 e PM-14 obtiveram uma significativa melhora.

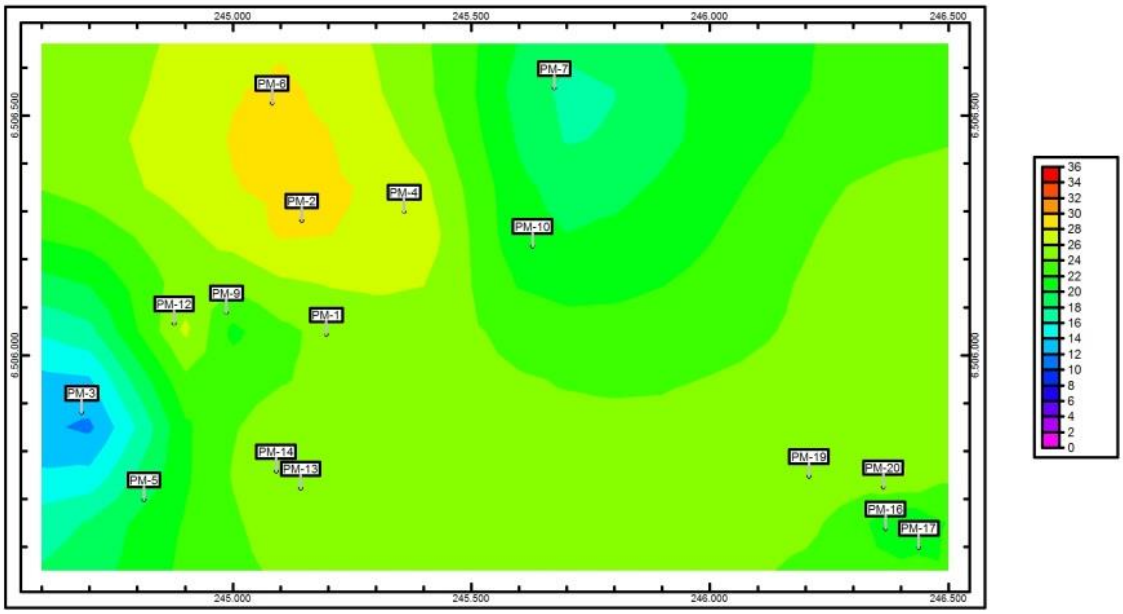
Figura 47 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2021/2022. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho).



No ano de 2022/2023 (

Figura 48), os poços com as piores condições de qualidade da água foram o PM-2, PM-4 e PM-6 apresentando a maioria dos parâmetros com altos índices. As melhores condições de qualidade da água subterrânea foram encontradas nos poços PM-3 e PM-7. Esses poços mantiveram o seu enquadramento em relação ao ano de 2021/2022. Ao contrário da campanha do ano 2021/2022, o poço PM-19 obteve significativa subida na sua qualidade. Os pontos PM-5 e PM-12 também tiveram uma significante melhora na qualidade em relação ao ano anterior. Em contrapartida, o poço PM-6, que antecede a usina em relação ao fluxo da água subterrânea, obteve uma significativa queda na qualidade. Esse nível de qualidade do ponto PM-6 evidencia que a qualidade das águas subterrâneas possui influências de fatores externos a usina termelétrica.

Figura 48 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2022/2023. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho).



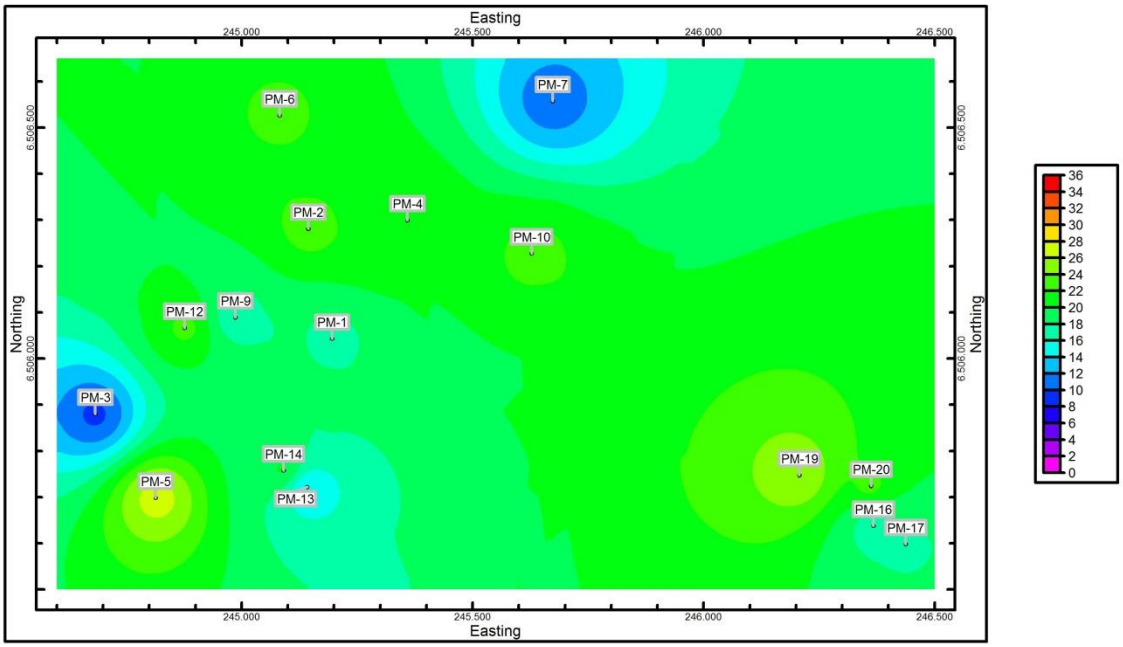
No ano de 2023/2024 (

Figura 48), os poços com as piores condições de qualidade da água foram o PM-5 e PM-19 apresentando a maioria dos parâmetros com altos índices. As melhores condições de qualidade da água subterrânea foram encontradas nos poços PM-3 e PM-7. Esses poços mantiveram o seu enquadramento em relação ao ano de 2021/2022 e de 2022/2023. Ao contrário da campanha do ano 2022/2023, o poço PM-19 obteve significativa queda na sua qualidade, retomando as condições negativas como do ano de 2021/2022. O poço PM-6, que antecede a usina em relação ao fluxo da água subterrânea, obteve uma relativa melhora na qualidade com relação ao ano de 2022/2023.

De uma forma geral, os níveis de qualidade das águas subterrâneas vêm melhorando gradativamente desde o ano de 2018/2019 até o presente estudo.

Juntando todos os dados analisados fica evidente que o consumo da água subterrânea no local se manteve numa classificação imprópria para o consumo humano devido o extrapolamento dos limites legislativos para diversas variáveis estudadas.

Figura 49 - Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento 2023/2024. O índice varia dos melhores resultados gerais (roxo) até os piores resultados gerais (vermelho).



Resultados e Considerações para a Toxicidade das Águas Subterrâneas

Ensaios de toxicidade qualitativos (que avaliam apenas ocorrência ou não de toxicidade) para organismos-teste de três diferentes níveis tróficos foram realizados com as amostras de água subterrâneas coletadas nos meses de dezembro de 2023, fevereiro, junho e setembro de 2024, nos poços de monitoramento distribuídos na área da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota, RS. Os métodos de análise utilizados para esta avaliação são apresentados no Quadro 25.

Quadro 25 - Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas subterrâneas coletadas na área de influência da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS.

PARÂMETRO	METODOLOGIA
Toxicidade crônica com o peixe *Pimephales promelas*	ABNT NBR 15499/2022
Toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*	ABNT NBR 13373/2022
Toxicidade crônica com a alga *Raphidocelis subcaptata*	ABNT NBR 12648/2022 ABNT NBR 12648/2023

Os resultados dos ensaios de toxicidade realizados com as amostras de águas subterrâneas coletadas nas campanhas de dezembro/2023 a setembro/2024 são apresentados no Quadro 26. Chama atenção a toxicidade observada para o PM-10 nas quatro campanhas realizadas no período.

Quadro 26 - Resultados dos ensaios de toxicidade realizados com organismos-testes de três diferentes níveis tróficos quando expostos as amostras dos Poços de Monitoramento (PM) de águas subterrâneas coletadas na área da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS, no período de dezembro/2023 a agosto/2024.

PM	*Dezembro/2023*		
	Peixes	**Crustáceos**	**Algas**
PM-1	NE	NE	**TC**
PM-2	NE	NE	**TC**
PM-3	NE	NE	**TC**
PM-4	NE	NE	**TC**
PM-5	NE	NE	**TC**
PM-6	NE	NE	NE
PM-7	NE	NE	NE
PM-9	NE	NE	NE
PM-10	**TA**	**TA**	**TC**
PM-12	NE	NE	**TC**
PM-13	NE	NE	NE
PM-14	NE	NE	NE
PM-16	NE	NE	**TC**
PM-17	NE	NE	NE
PM-19	NE	NE	NE
PM-20	NE	NE	NE

PM	*Fevereiro/2024*		
	Peixes	**Crustáceos**	**Algas**
PM-1	NE	NE	**TC**
PM-2	NE	NE	**TC**
PM-3	NE	NE	**TA**
PM-4	NE	NE	**TC**
PM-5	NE	NE	**TC**
PM-6	NE	NE	NE
PM-7	NE	NE	**TC**
PM-9	NE	NE	**TC**
PM-10	NE	**TA**	**TC**
PM-12	NE	**TC**	**TC**
PM-13	NE	**TC**	**TC**
PM-14	NE	NE	NE
PM-16	NE	NE	**TC**
PM-17	NE	NE	NE
PM-19	NE	NE	**TC**
PM-20	NE	NE	**TC**

PM	*Junho/2024*		
	Peixes	**Crustáceos**	**Algas**
PM-1	NE	NE	**TC**
PM-2	NE	NE	**TC**
PM-3	NE	NE	**TA**
PM-4	NE	NE	**TA**
PM-5	NE	NE	**TC**
PM-6	NE	NE	NE
PM-7	NE	NE	NE
PM-9	NE	NE	**TC**
PM-10	**TA**	**TA**	**TA**
PM-12	NE	NE	**TC**
PM-13	NE	NE	**TC**
PM-14	NE	NE	**TC**
PM-16	NE	NE	**TA**
PM-17	NE	NE	NE
PM-19	NE	NE	**TC**
PM-20	NE	NE	**TC**

PM	*Setembro/2024*		
	Peixes	**Crustáceos**	**Algas**
PM-1	NE	NE	**TC**
PM-2	NE	NE	**TC**
PM-3	NE	NE	**TA**
PM-4	NE	NE	**TA**
PM-5	NE	NE	**TC**
PM-6	NE	NE	**TC**
PM-7	NE	NE	**TC**
PM-9	NE	NE	**TC**
PM-10	**TA**	**TA**	**TA**
PM-12	NE	NE	**TA**
PM-13	NE	NE	**TC**
PM-14	NE	NE	**TC**
PM-16	NE	NE	**TA**
PM-17	NE	NE	NE
PM-19	NE	NE	**TC**
PM-20	NE	NE	**TC**

PM = Poço de Monitoramento; NE = Nenhum Efeito; TC = Toxicidade Crônica; TA = Toxicidade Aguda

Com o objetivo de interpretar de forma mais detalhada a qualidade ambiental da área monitorada, foi desenvolvido um índice de toxicidade baseado nos resultados qualitativos dos ensaios ecotoxicológicos. Este índice atribui pesos aos efeitos tóxicos observados nas amostras de águas subterrâneas, conforme o grau de toxicidade identificado (Tabela 24). A escala utilizada varia de 0 (melhor cenário possível, com

ausência total de toxicidade) a 9 (pior cenário possível, com toxicidade aguda observada em organismos-teste de três níveis tróficos).

Essa abordagem permite quantificar os resultados ecotoxicológicos e acompanhar as variações de toxicidade ao longo do tempo, fornecendo uma visão integrada da qualidade ambiental. O índice foi aplicado aos poços de monitoramento das águas subterrâneas distribuídos na área da Usina Termelétrica de Candiota, permitindo identificar tendências e padrões temporais em uma escala uniforme.

Tabela 24 - Pesos atribuídos aos efeitos ecotoxicológicos para a definição do índice de toxicidade aplicado nas avaliações da toxicidade das amostras de águas subterrâneas.

EFEITO OBSERVADO	PESO ATRIBUÍDO
Ocorrência de toxicidade aguda	3 (para cada nível trófico)
Ocorrência de toxicidade crônica	2 (para cada nível trófico)

Assim, a partir da aplicação do índice de toxicidade para os poços de monitoramento (PM) são apresentados: (a) média do índice de toxicidade observada no período de 2016 a 2024; (b) média do índice de toxicidade em função das estações do ano e, (c) o índice de toxicidade a cada campanha, considerando todo o período de estudo, destacando as campanhas do último ano do projeto (2023 a 2024).

Além de permitir uma visão geral da qualidade de cada poço de monitoramento em relação ao parâmetro toxicidade para todo o período de monitoramento (2016 a 2024), o índice de toxicidade foi utilizado para caracterizar os poços de monitoramento nas campanhas realizadas de dezembro/2023 a setembro/2024.

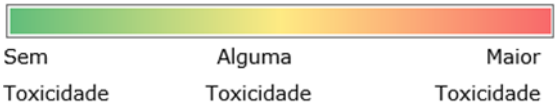
Índice de Toxicidade

O índice de toxicidade proposto tem como objetivo quantificar os efeitos ecotoxicológicos registrados para os 16 poços de monitoramento (PM) ativos distribuídos na área de estudo, abrangendo o período de estudo de 2016 a 2024. O valor médio do índice sofre influência não apenas do tipo de toxicidade observada (aguda ou crônica), mas também da frequência com que os efeitos tóxicos ocorreram ao longo do período avaliado. Assim, períodos com ausência de toxicidade diluem o valor do índice ao longo do tempo.

As médias do índice de toxicidade calculadas para o período de 2016 a 2024 para os 16 poços de monitoramento estão apresentadas na Tabela 25. Destacam-se os PM-4 e PM-12 em relação aos valores do índice de toxicidade e as respectivas frequências de ocorrência da toxicidade. Já o PM-10, que também se destaca por uma média elevada do índice de toxicidade, apresenta uma menor frequência considerando todo o período de estudo. Os poços de monitoramento PM-4, PM-10 e PM-12 estão localizados na área da usina, fases B e C. Seguindo a tendência histórica, no período contemplado neste relatório anual (2023 e 2024) o PM-4 e o PM-12 mantiveram as mais altas frequências de ocorrência de toxicidade (toxicidade em 100% das campanhas), sendo que esta mesma frequência também foi observada nos PM-1, PM-2, PM-3, PM-5, PM-10 e PM-16, revelando um aumento da toxicidade das águas subterrâneas no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.

Tabela 25 - Médias do índice de toxicidade (em uma escala de 0 a 9), e frequência de ocorrência de toxicidade, observado nas amostras de águas subterrâneas coletadas na área da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS.

Poço de Monitoramento	Média do Índice de Toxicidade	Frequência de Toxicidade (%) 2016 a 2024	Frequência de Toxicidade (%) 2023 a 2024
PM-1	1,6	62,5	100,0
PM-2	1,6	71,9	100,0
PM-3	2,3	78,1	100,0
PM-4	3,1	90,6	100,0
PM-5	1,3	53,1	100,0
PM-6	1,2	46,9	25,0
PM-7	2,3	71,9	50,0
PM-9	1,2	40,6	75,0
PM-10	2,5	59,4	100,0
PM-12	2,7	90,6	100,0
PM-13	0,9	28,1	75,0
PM-14	1,3	50,0	50,0
PM-16	1,9	75,0	100,0
PM-17	0,8	25,0	0,0
PM-19	1,8	59,4	75,0
PM-20	1,6	65,6	75,0



Média do Índice de Toxicidade por Estação do Ano

A Tabela 26 apresenta (A) o índice de toxicidade dos poços de monitoramento das águas subterrâneas distribuídos na área da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS, em função das estações do ano, no período de dezembro/2023 a setembro/2024; e (B) as médias do índice de toxicidade para as estações do ano durante todo o período de monitoramento, de novembro/2016 a setembro/2024. Não é possível observar um padrão de distribuição da toxicidade em função das estações do ano. Os resultados observados para os PM-4 e PM-12 destacam-se em todas as estações do ano por apresentarem as médias do índice de toxicidade mais elevadas em relação aos demais poços de monitoramento, independentemente da estação do ano.

Tabela 26 - Índice de toxicidade dos poços de monitoramento em função das estações do ano, calculado em uma escala de 0 a 9, para às amostras de águas subterrâneas coletadas na área da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS, no intervalo de dezembro/2023 a setembro/2024 (A) e, (B) Média do índice de toxicidade para cada estação do ano durante o período de novembro/2016 a setembro/2024 (B).

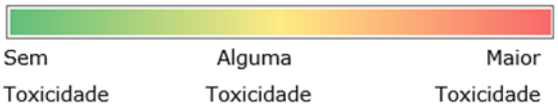
A

	P	V	O	I
PM-1	2,0	2,0	2,0	2,0
PM-2	2,0	2,0	2,0	2,0
PM-3	2,0	3,0	3,0	3,0
PM-4	2,0	2,0	3,0	3,0
PM-5	2,0	2,0	2,0	2,0
PM-6	0,0	0,0	0,0	2,0
PM-7	0,0	2,0	0,0	2,0
PM-9	0,0	2,0	2,0	2,0
PM-10	8,0	5,0	9,0	9,0
PM-12	2,0	4,0	2,0	3,0
PM-13	0,0	4,0	2,0	2,0
PM-14	0,0	0,0	2,0	2,0
PM-16	2,0	2,0	3,0	3,0
PM-17	0,0	0,0	0,0	0,0
PM-19	0,0	2,0	2,0	2,0
PM-20	0,0	2,0	2,0	2,0

B

P	V	O	I
2,5	0,9	1,6	1,3
1,9	1,0	1,8	1,6
3,0	1,8	2,3	2,3
3,3	1,9	3,4	3,8
1,1	1,3	2,0	0,8
1,5	0,6	1,6	1,1
2,8	1,1	3,0	2,5
1,3	1,1	1,3	1,0
2,5	1,5	3,1	3,0
2,6	2,5	2,3	3,3
1,1	1,1	0,8	0,5
1,6	1,1	1,1	1,5
1,9	1,8	2,5	1,6
0,8	1,6	0,0	0,6
1,6	2,5	2,0	1,1
1,6	1,4	1,6	1,9

PM = Poço de Monitoramento; P: Primavera, V: Verão, O: Outono, I: Inverno



Nas campanhas realizadas de dezembro/2023 a setembro/2024 os PM-4 e PM-12 mantiveram a tendência histórica, apresentando as toxicidades mais elevadas nos monitoramentos realizados nas 4 estações do ano. Mais uma vez, destaca-se o PM-10, apresentando altos índices de toxicidade nas quatro campanhas realizas no período.

Índice de Toxicidade do Período de Estudo

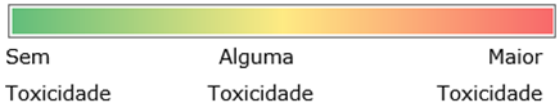
A Tabela 27 apresenta o índice de toxicidade observado nos 16 Poços de Monitoramento (PM) ativos distribuídos na área da Usina Termelétrica de Candiota e avaliadas ao longo dos últimos oito anos (2016 a 2024), com destaque para as campanhas de dezembro/2023 a setembro/2024. Ainda na Tabela 27 é apresentado o percentual de amostras com toxicidade em cada ano amostral, e o somatório do índice de toxicidade para todos os poços de monitoramento a cada período monitorado. Este somatório reflete a intensidade da toxicidade para cada ano de monitoramento.

Os dados da Tabela 27 estão ordenados de acordo com a frequência de ocorrência de toxicidade observada nos últimos oito anos para cada poço de monitoramento. Destacam-se os PM-4 e PM-12, com ocorrência de toxicidade em 90,6% das amostras. O PM-4, por sua localização, pode apresentar sua recarga a partir da água das chuvas acumulada na superfície do solo. Já o PM-12 localiza-se na área das bacias de decantação do sistema de tratamento do efluente da termoelétrica, desta forma, também sendo influenciado por esta. No quadro geral, destaca-se também o PM-10 que, desde o outono de 2023 vem apresentando índices de toxicidade elevados.

Baseado nos percentuais de amostras com toxicidade em cada período avaliado, o período contemplado neste relatório, de 2023 a 2024, apresentou um incremento de, aproximadamente, 50% no número de amostras com toxicidade (76,6%) em relação ao período anterior, de 2022 a 2023, (50,0% de amostras com toxicidade). Esse incremento refletiu na intensidade da toxicidade observada para a água subterrânea da área, indicada pelo somatório do índice de toxicidade no período (133,0).

Tabela 27 - Índices de toxicidade (em uma escala de 0 a 9) observado nos 16 Poços de Monitoramento (PM) ativos distribuídos na área da Usina Termelétrica de Candiota, Candiota-RS, no período de novembro/2016 a setembro/2024, com destaque para as campanhas realizadas de dezembro/2023 a setembro/2024. Poços ordenados em função das frequências de ocorrência de toxicidade.

	2016	2017			2018				2019				2020				2021				2022				2023				2024				%
	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	
PM 4	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0	6,0	5,0	5,0	0,0	5,0	5,0	4,0	2,0	2,0	0,0	3,0	0,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	3,0	3,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	3,0	3,0	90,6
PM 12	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	2,0	3,0	3,0	0,0	2,0	3,0	3,0	2,0	0,0	2,0	2,0	4,0	2,0	0,0	8,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	4,0	2,0	3,0	90,6
PM 3	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	5,0	5,0	2,0	2,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	5,0	2,0	5,0	3,0	3,0	0,0	2,0	3,0	2,0	3,0	3,0	3,0	78,1
PM 16	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0	2,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	0,0	5,0	3,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	4,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	75,0
PM 2	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	3,0	4,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	3,0	2,0	2,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	71,9
PM 7	0,0	3,0	4,0	2,0	2,0	2,0	5,0	4,0	4,0	0,0	3,0	3,0	5,0	0,0	0,0	5,0	2,0	2,0	5,0	6,0	3,0	2,0	4,0	0,0	6,0	0,0	5,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	71,9
PM 20	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	4,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	4,0	2,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	4,0	2,0	0,0	2,0	2,0	2,0	65,6
PM 1	3,0	3,0	2,0	2,0	5,0	2,0	2,0	2,0	4,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	2,0	2,0	2,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	62,5
PM 10	3,0	3,0	4,0	4,0	5,0	2,0	0,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	5,0	4,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	7,0	8,0	5,0	9,0	9,0	59,4
PM 19	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	3,0	2,0	5,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	0,0	2,0	2,0	2,0	59,4
PM 5	3,0	3,0	2,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0	53,1
PM 14	3,0	0,0	2,0	0,0	3,0	2,0	0,0	5,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	3,0	2,0	3,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	50,0
PM 6	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	4,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	5,0	2,0	2,0	2,0	0,0	0,0	2,0	3,0	0,0	0,0	2,0	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	46,9
PM 9	3,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	2,0	0,0	4,0	0,0	2,0	2,0	2,0	40,6
PM 13	3,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	2,0	4,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	2,0	2,0	28,1
PM 17	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	3,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0
Total de amostras		64			64				64				64				64				64				64				64				
Amostras com toxicidade (%)		73,4			90,6				57,8				42,2				42,2				51,6				50,0				76,6				
Somatório		128,0			166,0				113,0				79,0				72,0				90,0				97,0				133,0				



2.4.4. Conclusões

Nas campanhas de 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021 foram observadas a necessidade de restauração e preservação de muitos poços da rede de amostragem de água subterrânea, pois a falta de conservação ampliava o risco de contaminação nos poços. Diferentemente, no ano de 2021/2022 foi realizada a restauração dos poços com algum tipo de danificação, assim como trocado as tampas internas por tampas com cadeado de modo a combater alguma violação do poço. Também foram instaladas proteções contra colisões e que facilitam a visualização dos poços, prevenindo assim acidentes com veículos e equipamentos que poderiam trazer severos danos aos poços. Os poços ficaram em excelente estado de preservação, acabando com as possibilidades de contaminação meteórica direta no poço, assim como a eventual entrada de animais (ratos, pássaros, rãs). Essa conservação dos poços se manteve no ano de 2023/2024.

Desde a campanha de 2016, os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos revelam a baixa qualidade da água em um aspecto geral, sendo imprópria para o consumo humano no que rege as legislações do CONAMA e do Ministério da Saúde, como também em diversas legislações internacionais. Assim como nos últimos anos, o ponto PM-3 se manteve como o poço com as melhores condições de qualidade de água, porém ainda apresentam índices impróprios para o consumo humano, lembrando que nesse ano vigente teve uma relativa melhora quando comparado com os dois últimos anos. Em acompanhamento dos resultados de 2017/2018, os poços com os piores índices de qualidade foram PM-13, PM-17 e PM-19. Em 2018/2019 os poços PM-5 e PM-12 entraram no lugar do PM-17 e PM-19 como as piores condições de qualidade de água subterrânea. Já em 2019/2020 os poços PM-5 e PM-12 se mantiveram com baixas qualidades das águas subterrâneas acrescidos ainda do poço PM-16. Em 2020/2021 os poços PM-14, PM-19 e PM-20 estiveram entre as piores qualidades gerais da água subterrânea. No ano 2021/2022 os poços piores ranqueados em sua qualidade foram os poços PM-5, PM-12 e PM-19. E no ano 2022/2023 os poços com os piores índices de qualidade foram o PM-6 e o PM-2. No ano de 2023/2024 os piores poços foram o PM-5 e o PM-19. Os poços PM-5, PM-12 e PM-19 continuam sendo os que possuem a maior frequência entre os

piores índices de qualidade das águas subterrâneas desde o início dos estudos. Assim, a qualidade da água subterrânea para os poços de monitoramento, em uma análise geral, identificou o ponto PM-3 com as melhores condições de qualidade de água, e o ponto PM-19 com o pior desempenho em frente à qualidade. De modo geral, ao analisar os índices de qualidade da água subterrânea desde 2016 nota-se uma relativa e progressiva melhora na qualidade em relação ao tempo.

A contaminação por coliformes termotolerantes, assim como em anos anteriores, está presente em diversos poços em todas as campanhas amostrais e manteve uma frequência superior a 50% dos poços (principalmente nas áreas do Almoxarifado e Candiota 1). O nível mais elevado neste ano foi encontrado no ponto PM-4 apresentando medidas superiores a 2000 $NMP \cdot 100mL^{-1}$.

A contaminação com fenóis totais diminuiu consideravelmente, e assim como nos últimos anos de estudo (2021/2022 e 2022/2023), nenhuma coleta apresentou detecção desse parâmetro no atual estudo (2023/2024).

Alguns pontos apresentaram um valor de condutividade elétrica acima de 500 µS/cm, sendo que o poço PM-3 foi o único que obteve valores acima do limite em todas as campanhas amostrais. Essa condutividade no PM-3 pode estar sendo influenciada por compostos que contém fósforo. Isso pode ser observado nos gráficos de condutividade elétrica e fósforo total que possuem seus picos nesse ponto no verão (C2). O mesmo pode ser observado para o PM-10 durante o outono (C3). Apesar dos íons de ferro e manganês tradicionalmente aumentarem a condutividade elétrica, eles não são responsáveis diretos nesses casos da usina. Isso é demonstrado através dos baixos teores de ferro para ambos os pontos, assim como o teor de manganês ser baixo no PM-3 e mais elevado no PM-10. Esses pontos também possuem níveis de turbidez muito baixos o que corrobora com baixos teores de ferro e manganês, porém não exercendo uma influência significativa na condutividade elétrica.

Como já ocorrido em anos anteriores, a cor e a turbidez extrapolaram os seus limites legislativos em quase todos os pontos amostrais em pelo menos alguma das campanhas. A cor e a turbidez não possuem um regente claro e direto nas suas correlações nas variáveis medidas,

podendo ser influenciadas por multivariáveis ou por variáveis não estudadas nesse projeto. A cor pode ser, por exemplo, influenciada por coloides orgânicos oriundos de substâncias naturais resultantes da decomposição de compostos orgânicos presentes em folhas e no solo, ou através do esgotamento sanitário, ou por óxidos de ferro e manganês. Ao confrontar os dados de teor de ferro, manganês, fósforo, sólidos totais dissolvidos (convertidos da condutividade), coliformes, não claro a correlação mais enfática no processo. Assim como a turbidez é influenciada por materiais finos em suspensão.

Historicamente, os óleos e graxas foram um dos parâmetros que mais decaíram na qualidade no ano de 2021/2022 sendo presenciados acima dos limites em diversos poços, sendo que o poço PM-6 obteve um valor de 25,1 $mg \cdot L^{-1}$; no entanto, no ano de 2022/2023 ocorreu significativa melhora nesse parâmetro. E no atual ano (2023/2024), apenas ocorreu um registro acima da legislação localização no ponto PM-3 durante o verão.

Assim como nos últimos anos, o fósforo total apresentou índices acima dos limites para o consumo humano em vários pontos amostrais, apontando um índice geral ruim para o parâmetro que tem fortes relações com esgotos domésticos e processos agrícolas.

O oxigênio dissolvido (OD) normalmente apresenta pequenas concentrações de O_2 na água subterrânea. Isso se deve porque a maior parte do oxigênio dissolvido na água, ao infiltrar no solo durante a trajetória da água subterrânea na zona de aeração (zona insaturada da água subterrânea), é utilizada na oxidação da matéria orgânica. O oxigênio dissolvido varia inversamente com a temperatura e a maioria das águas subterrâneas tem concentrações de O_2 entre 0 e 5 $mg \cdot L^{-1}$ (CPRM, 2018). Desse modo, os valores medidos abaixo de 6 $mg \cdot L^{-1}$ O_2 (esse valor é o limite mínimo de OD para águas superficiais de classe 1 segundo CONAMA 357 de 2005)[19] é considerado dentro da normalidade para águas subterrâneas. O oxigênio dissolvido ficou dentro da faixa padrão para águas subterrâneas na maioria dos pontos (0 a 5 $mg \cdot L^{-1}$) assim como em anos anteriores. Em alguns poços obteve-se valores acima de 5 $mg \cdot L^{-1}$, como nos casos dos pontos PM-6, PM-7 e PM-13 que tiveram valores acima em mais de uma campanha amostral e indicando águas mais oxigenadas.

[19] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005.

Habitualmente, as águas subterrâneas possuem valores de DBO abaixo de 5 $mg \cdot L^{-1}$ de O_2, em que valores mais elevados indicam contaminação dessa variável (CPRM, 2018). Os valores de DQO situam-se normalmente na faixa de 1 a 5 $mg \cdot L^{-1}$ de O_2 para águas subterrâneas, e valores que ultrapassam 10 $mg \cdot L^{-1}$ podem indicar contaminação (CPRM, 2018). Os valores encontrados para DQO foram menores que os do ano de 2022/2023 e os piores resultados (PM-4 e PM-10) não ultrapassaram os 25 $mg \cdot L^{-1}$, e seus índices de percentual biodegradável são bastante baixos, sugerindo uma contaminação predominante de origem industrial. Apesar do registro de números mais elevados de DQO, esses valores não se mantem constantes ao longo das campanhas, nem define um padrão. Analisando os resultados de DBO e DQO foi constatado que os maiores percentuais biodegradáveis foram encontrados, assim como em 2023/2023, durante a primavera. E os menores percentuais biodegradáveis durante o verão. Essas variações devem estar sendo regidas pelas variações climáticas de precipitação e temperatura. O que implica nas condições de maior ou menor diluição dos compostos.

De modo geral, assim como no ano de 2022/2023, os índices de pH estavam na maioria das vezes dentro dos limites da legislação brasileira estabelecidos para o consumo humano, assim como também estavam dentro do padrão geral para águas subterrâneas. O alerta fica apenas para o poço PM-10 que nesse ano (2023/2024) apresentou valores de pH bem próximos de 4, acentuando um caráter mais ácido que o habitual.

As variáveis de metais totais que apresentaram em suas medidas valores acima do limite para alguns poços foram alumínio, ferro, manganês e níquel. E os valores das variáveis de metais dissolvidos que ultrapassaram os limites foram: alumínio, ferro, manganês, níquel e zinco. Assim como em anos anteriores dessa pesquisa, os mapas exibindo as relações dos metais totais e dissolvidos de Al, Fe e Mn, não apresentam uma regularidade específica ou tendência geral para os poços de monitoramento em relação ao tempo, nem uma proporção estável. Os metais dissolvidos de Al, Fe e Mn são esporadicamente um problema em alguns poços em que atingem medidas muito elevadas em relação aos limites estabelecidos pela legislação, contudo não possuem um carácter tóxico, mas sim estético (ANZECC, 2011). A presença do chumbo diminuiu bastante em relação às últimas campanhas, e nesse ano de monitoramento não foi

detectado. Apesar da frequência do níquel ter diminuído bastante em relação ao ano de 2020/2021, os valores obtiveram picos de contração maiores no ano de 2021/2022, seguindo a aumentar no ano de 2022/2023, e aumentar sutilmente em 2023/2024. O poço PM-10 teve os piores índices tanto para níquel total como dissolvido, e devido à toxicidade do metal também deve ser observado com atenção. O cromo total, o cromo dissolvido e o cobre total que apresentaram índices altos no poço PM-13 no ano de 2022/2023, tiveram uma queda significativa e não apresentaram valores acima dos limites legislativos no ano de 2023/2024.

Em relação aos resultados de ecotoxicologia, as condições gerais da maioria dos poços apresentaram um aumento relativo na toxicidade detectada a partir da campanha 2021/2022 em vários poços de monitoramento e que, de forma geral, se manteve no ano de 2022/2023. O ano de 2023/2024 apresentou, de modo geral, uma ligeira queda em relação ao último ano, seguindo uma tendência de queda na qualidade em relação à toxicidade dos organismos-teste. Isso vai contra o que vinha acontecendo desde o final de 2017 até o início de 2021 em que estava diminuindo a porcentagem de amostras apresentando toxicidade. Essa tendência de elevação nos índices de toxicidade ocorre desde a campanha amostral de maio de 2021, porém ainda menores que os índices de 2016/2017 e 2017/2018. Apesar do ponto PM-3 apresentar relativamente o melhor índice de qualidade da água para os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, ele obteve mais de 75% de presença de algum nível de toxicidade em quase todas as campanhas desde 2016. Ainda assim, a pior taxa ecotoxicológica, de modo geral, desde 2016, foi observada nos poços PM-4 e PM-12, os quais superam mais de 90% de presença de algum nível de toxicidade. Sendo que o poço PM-12 também está entre os piores no índice de qualidade da água subterrânea ao longo dos anos de estudo no local.

Nesse ano de 2023/2024, o PM-10 apresentou os piores resultados de toxicidade, com valores elevados para o Índice de toxicidade, reflexo dos efeitos observados para os organismos-teste dos três níveis tróficos. Confrontando os dados de toxicidade com os químicos e físicos, as principais variáveis que podem estar influenciando esses níveis de toxicidade são o níquel e o pH. Os valores de níquel para o PM-10 foram bastante elevados em 2023/2024 em todas as campanhas amostrais. Segundo Deleebeek *et al.* (1995), a parir de concentrações de

0,08 $mg \cdot L^{-1}$ já é possível observar toxicidade do níquel para algas. O pH obteve valores próximos de 4 durante as campanhas de primavera, outono e inverno, o que corrobora pelo fato que no verão (com pH relativamente maior nesse ano amostral) a toxicidade no PM-10 foi menor, apesar de ainda ser um nível elevado. Assim, os valores mais ácidos de pH podem estar aumentando a disponibilidade de níquel no local e tendo como consequência um ambiente mais tóxico para os organismos expostos no estudo de toxicidade. A influência do pH também pode ser observada nos altos valores encontrados de manganês dissolvido e nas maiores taxas de zinco dissolvido no PM-10, aumentado a solubilidade desses metais na água.

A continuidade dos estudos e do monitoramento das águas subterrâneas é de grande importância para a região devido ao alto potencial de contaminação das águas relativo às atividades realizadas em seu entorno e aos diversos usos da bacia hidrográfica. Além disso, a proteção e o conhecimento da água é um bem de grande importância para o consumo humano e suas diversas utilizações para as gerações presentes e futuras.

Assim como sugerido em outros anos é interessante incluir as análises de Nitrogênio Total nas próximas campanhas de monitoramento, a fim de possibilitar o cálculo de índices de qualidade da água melhores.

2.5. MONITORAMENTO SEDIMENTOS

Responsabilidade técnica: Nelson Augusto Flores Machado - Registro CREA 48595.

Este documento apresenta um relato técnico e científico dos resultados obtidos na avaliação das amostras coletadas durante as campanhas de primavera de 2023, verão, outono e inverno de 2024, com atenção aos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, nas proximidades da Usina Termelétrica de Candiota, localizada na Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota (B.H.A.C.), no município de Candiota, Rio Grande do Sul.

As campanhas de amostragem, identificadas pelos sufixos BI primavera, BJ verão, BK outono e BL inverno, tiveram como objetivo identificar as unidades amostrais de sedimentos, dentro do contexto do monitoramento ambiental da área circunvizinha, dita de influência, à usina, a partir das concentrações dos metais em sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota.

Nos sedimentos analisados, foram avaliadas as concentrações de onze metais: Al, As, Cd, Cu, Pb, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni e Zn, distribuídas em oito locais distintos. Essas concentrações foram expressas tanto para os metais totais quanto para os parcialmente móveis, em relação à amostra total. Embora esses metais sejam essenciais em pequenas quantidades e desempenhem um papel importante em diversos processos biológicos, sua presença em níveis elevados pode causar sérios problemas de toxicidade.

Elementos como zinco, cobre e manganês são fundamentais para a atividade enzimática e a manutenção das funções celulares, atuando como cofatores em reações bioquímicas, contribuindo para a síntese de proteínas, formação de hemoglobina e regulação do metabolismo energético. O zinco, por exemplo, é vital para o sistema imunológico, enquanto o cobre participa na produção de neurotransmissores.

A pesquisa utiliza índices de contaminação/poluição e técnicas estatísticas multivariadas para analisar a distribuição dos metais nos sedimentos. Essas metodologias buscam identificar padrões de contaminação e as fontes potenciais.

A metodologia adotada permite uma análise detalhada das concentrações dos diversos metais estudados. Os dados obtidos são fundamentais para compreender a extensão da contaminação, numa área onde o carvão é aflorante, especialmente em áreas afetadas por atividades industriais, urbanas e agrícolas.

Embora não se tenha acesso aos dados históricos, pretéritos a instalação dos vários usos da bacia, os resultados indicam quais metais estão presentes em concentrações preocupantes e quais áreas estão mais contaminadas.

Os metais são poluentes persistentes que podem afetar a qualidade da água e a saúde dos ecossistemas aquáticos. A análise dos sedimentos é essencial, pois esses materiais atuam como reservatórios de contaminantes, refletindo a poluição acumulada ao longo do tempo.

A identificação e avaliação dos riscos ecológicos associados aos metais auxiliam a entender o impacto das atividades humanas, como a agricultura, pecuária, a industrialização, e a urbanização, sobre o ambiente. Os resultados do estudo podem orientar políticas de gestão ambiental e estratégias de remediação, quando for o caso, visando a proteção da biodiversidade e dos recursos naturais da região.

Foram utilizados os referenciais dados pela geologia tradicional e as diretrizes básicas da qualidade dos sedimentos (SQGs) e a partir deles avaliar o risco ecológico associado aos metais presentes nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota. Esses índices são ferramentas importantes na análise da toxicidade e na interpretação dos dados de contaminação.

Além disso foram utilizadas as concentrações consideradas medias para os metais de estudo na crosta terrestre, nos sedimentos pré-industriais, Clarke geoquímico e os folhelhos.

Os dados resultantes foram trabalhados e estão aqui analisados e devidamente configurados como informação técnica-cientifica sobre o estado ambiental do arroio Candiota baseado na qualidade de seus sedimentos.

2.5.1. Métodos

Os dados deste estudo foram obtidos por meio do levantamento amostral de sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota (B.H.A.C.), nos municípios de Candiota, Pedras Altas e Pinheiro Machado, no estado do Rio Grande do Sul. As amostragens foram realizadas em uma situação intermediária entre as maiores profundidades do canal fluvial e as margens, com o objetivo de identificar e amostrar sempre em áreas de deposição sedimentar. O primeiro centímetro de sedimento foi recolhido no local de amostragem e transportado de forma adequada para os laboratórios de física dos sedimentos, química analítica e bioensaios de ecotoxicidade.

Os métodos de detecção detalhados e garantia de qualidade foram mostrados na Tabela 28.

Tabela 28 - Métodos de avaliação das concentrações dos metais em sedimentos, utilização de Espectrometria de Emissão Ótica por plasma acoplado (OES) e AAFG-Forno de Grafite.

Parâmetros	**Métodos**
Mercúrio Total	EPA 7471B:2007
Metais Totais - OES	EPA 3050B:1996/EPA EPA 3051A:2007 EPA 6010D:2018
Mercúrio Potencialmente Móvel	EPA 6010D:2018
Metais Totais- OES Potencialmente Móveis	EPA 6010D:2018
Arsênio Potencialmente Móvel -AAFG	EPA 3051A:2000/EPA 7010:2007
Cadmio Potencialmente Móvel- AAFG	EPA 3051A2007/EPA7010:2007

OES-Espectrometria de Emissão Optica por plasma acoplado
AAFG-Forno de Grafite

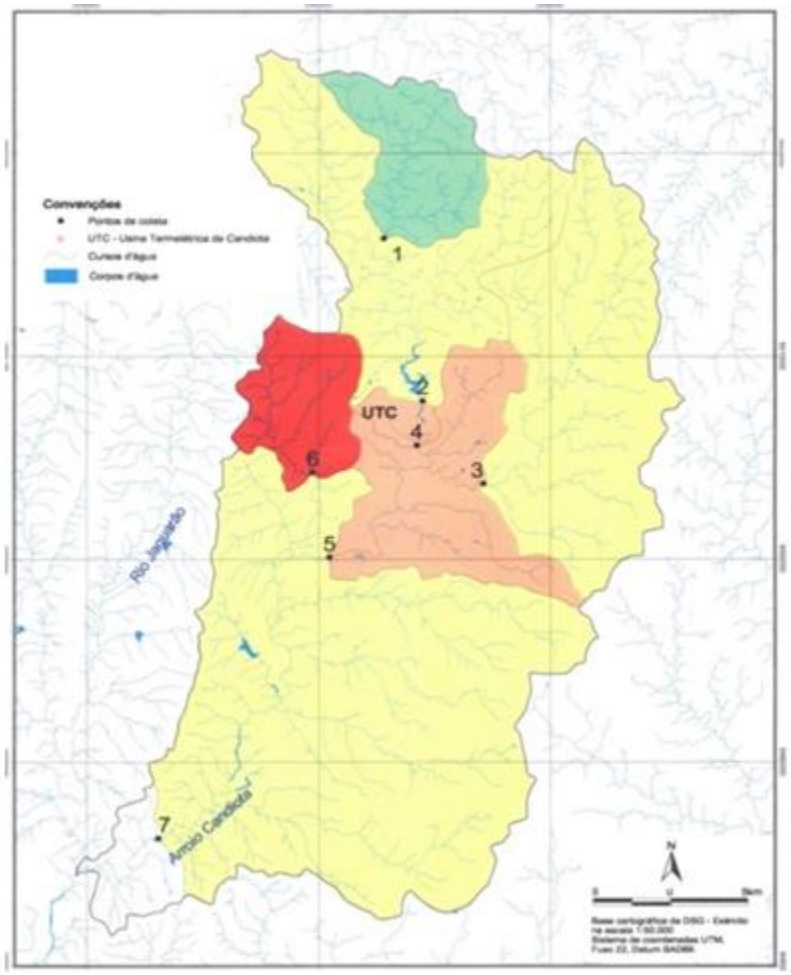
Os locais amostrados estão referenciados no Quadro 27 e na Figura 50 e foram localizados no entorno da Usina Termelétrica de Candiota, na calha fluvial da B.H.A.C.

Quadro 27 - Localização através de coordenadas UTM dos 8 locais de amostragens.

Estação Amostral	Curso d´água	Descrição das Estações Amostrais
P 1	Arroio Candiota	Estação à montante da BR 293, visando ser a estação amostral de referência Coordenadas UTM 22J 6518528 / 243952
P 2	Arroio Candiota	Estação à jusante da Barragem I, visando avaliar todas as atividades desenvolvidas à montante da contribuição dos efluentes hídricos da Usina, visando ser a estação amostral de referência Coordenadas UTM 22J 6506688 / 246690
P 3	Arroio Candiotinha	Estação à montante do deságüe no Arroio Candiota, visando avaliar as atividades das indústrias cimenteiras no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6500592 / 250676
P 4	Arroio Candiota	Estação à jusante do deságüe dos efluentes da Usina e à montante do deságüe Arroio Candiotinha, visando avaliar as atividades da Usina no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6503415 / 246365
P 5	Arroio Candiota	Estação à jusante do deságüe Arroio Candiotinha, visando avaliar as atividades da Usina no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6495108 / 240637
P 6	Arroio Poacá	Estação após contribuição da Sanga da Carvoeira, visando avaliar as atividades de mineração de carvão no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6501568 / 239615
P 7	Arroio Candiota	Estação após a foz do Arroio Poacá e à jusante de todas as fontes consideradas potencialmente geradoras de impactos ambientais Coordenadas UTM 22J 6474399 / 229614
P 8	Arroio Sem Nome	Estação amostral acrescentada por solicitação expressa em relato interpretativo do IBAMA – lançamento do efluente tratado da termelétrica Coordenadas UTM 22J 6505818,92 / 244627,54

Nota: A estação amostral 8, foi determinada pelo IBAMA, não fez parte do modelo conceitual de amostragem concebido para o estudo inicial.

Figura 50 - Croquis da localização das estações amostrais dos estudos do grupo aquático, expresso na forma de microbacias, estabelecidas a partir da posição dos locais amostrados, estas por sua vez compõem a B.H.A.C.



Para a comparação dos valores, a estação amostral 1 foi definida como local de referência, uma vez que não existe um ponto estabelecido como "branco" na bacia hidrográfica do arroio Candiota. Esta estação foi escolhida com a aprovação do IBAMA, pois está situada a montante da atividade em foco, que é a geração de eletricidade a partir da combustão do carvão mineral.

Para avaliar a contaminação e poluição, foram utilizados dados de concentração total de metais na camada superficial do primeiro centímetro do fundo sedimentar (sedimentos fluviais ativos),

com ênfase na análise das diferenças nos resultados obtidos por diversos métodos de avaliação. Nesse sentido, consideraram-se dois grupos de valores como níveis de base: os dados fornecidos pela geologia tradicional, apresentados na Tabela 29, e aqueles estabelecidos pelas diretrizes de qualidade dos sedimentos (SQGs), conforme mostrado na Tabela 30.

Tabela 29 – Limites de concentração de elementos químicos dados pela geologia ortodoxa, na crosta terrestre, nos sedimentos pré-industriais, no Clarke geoquímico e no folhelho médio.

Background Elementos	Crosta Terrestre	Sedimentos Pré-indust	Clarke geoquímico	Folhelho Médio
Al (ppm)	82000,0	72000,0	83600,0	88000,0
As (ppm)	1,5	7,7	1,8	13,0
Cd (ppm)	0,11	0,17	0,16	0,22
Pb (ppm)	14,0	19,0	13,0	23,0
Cu (ppm)	50,0	33,0	68,0	39,0
Cr (ppm)	100,0	72,0	122,0	90,0
.Fe (ppm)	41000,0	41000,0	62000,0	48000,0
Mn (ppm)	950,0	770,0	1060,0	850,0
Hg (ppm)	0,05	0,19	0,08	0,18
Ni (ppm)	80,0	52,0	99,0	68,0
Zn (ppm)	75,0	95,0	76,0	120,0

As Diretrizes de Qualidade do Sedimento (SQGs), apresentadas na Tabela 30, são ferramentas essenciais para avaliar a qualidade ambiental dos sedimentos em ecossistemas aquáticos. Essas diretrizes consistem em critérios estabelecidos com base em concentrações de poluentes que podem impactar a saúde dos organismos aquáticos. Sua importância reside na capacidade de fornecer um referencial para identificar a presença de contaminantes e seu potencial impacto ecológico. As SQGs são utilizadas por gestores ambientais, pesquisadores e reguladores para monitorar e gerenciar a qualidade dos sedimentos, contribuindo assim para a proteção da biodiversidade e a saúde dos ecossistemas.

Tabela 30 - Limites numéricos das quatro concepções dos SQGs-Diretrizes Básicas da qualidade dos Sedimentos, aceitos internacionalmente. Os espaços hachurados de cinza indicam que não existe referencia para o referido elemento.

Elementos	TEC	PEC	LEL	SEL	ERL	ERM	TEL	PEL
Al (ppm)								
As (ppm)	9,8	33,0	6,0	33,0	8,2	70,0	5,9	17,0
Cd (ppm)	1,0	5,0	0,6	10,0	1,2	9,6	0,6	3,5
Pb (ppm)	36,0	130,0	31,0	250,0	46,7	218,0	35,0	91,3
Cu (ppm)	32,0	150,0	16,0	110,0	34,0	270,0	35,7	197,0
Cr (ppm)	43,4	110,0	26,0	110,0	81,0	370,0	37,3	90,0
Fe (ppm)	20000,0	40000,0	20000,0	40000,0				
Mn (ppm)	460,0	1100,0	460,0	11000,0				
Hg (ppm)	0,18	1,1	0,2	2,0	0,15	0,71	0,17	0,49
Ni (ppm)	23,0	49,0	16,0	75,0	20,9	51,6	18,0	35,9
Zn (ppm)	120,0	460,0	120,0	820,0	150,0	410,0	123,0	315,0

Os metais, são contaminantes comuns encontrados nos sedimentos dos rios, são onipresentes. A presença desses metais é frequentemente associada as atividades humanas, como mineração, descarte inadequado de resíduos industriais e uso de fertilizantes. Esses elementos não só se acumulam no fundo dos rios, mas também afetam a qualidade da água, a fauna aquática e, consequentemente, a saúde humana, uma vez que os ecossistemas aquáticos são fontes de água potável e de alimentos.

O termo “contaminação” refere-se à presença de substâncias, como os metais, em um ambiente, nos sedimentos, acima dos níveis naturais ou aceitáveis para a saúde dos ecossistemas ou dos seres humanos. A contaminação não implica necessariamente em um impacto negativo imediato, mas sim na detecção dessas substâncias.

Por exemplo, se há metais como mercúrio, chumbo ou cádmio, presentes em concentrações superiores às normativas ou padrões ambientais, isso é considerado uma contaminação. Ela pode ser temporária ou não causar danos imediatos, mas, a longo prazo, pode afetar a qualidade ambiental e a saúde pública. A bacia pode ter uma concentração de metais nos sedimentos acima dos níveis naturais, o que indica que a área foi contaminada. No entanto,

isso não significa que haja danos ambientais ou à saúde humana de imediato. Os metais podem estar presentes, mas ainda não ter causado grandes impactos negativos.

A “poluição”, por outro lado, implica não apenas a presença de substâncias indesejadas, mas a causa de danos ao ambiente ou aos seres vivos. Na bacia hidrográfica do arroio Candiota, a presença de metais nos sedimentos pode causar impactos negativos aos ecossistemas aquáticos, como a toxicidade para organismos aquáticos, bioacumulação nos organismos da cadeia alimentar e a degradação da qualidade da água.

A poluição envolve, portanto, a interação desses metais com os organismos e seus efeitos danosos, como envenenamento de espécies, redução da biodiversidade e compromete a qualidade da água utilizada para consumo ou recreação. Se esses metais estão causando efeitos adversos, como a morte de organismos aquáticos, degradação da qualidade da água ou riscos à saúde das populações que dependem da água da bacia para consumo, a contaminação se torna poluição, uma vez que gera impacto negativo direto ou potencial sobre o meio ou a saúde pública.

A toxicidade dos metais é uma preocupação expressiva devido ao seu potencial de causar danos à saúde dos organismos vivos. Esses elementos podem interferir em processos biológicos essenciais, afetando funções enzimáticas e provocando estresse oxidativo nas células, isto decorre de um desequilíbrio entre a geração de compostos oxidantes e a atuação dos sistemas de defesa antioxidante.

Além disso, muitos metais têm a capacidade de se ligar a proteínas e outras biomoléculas, o que pode levar a disfunções celulares e morte celular.

A toxicidade varia conforme a espécie e a concentração do metal, tornando a avaliação do risco ambiental uma tarefa complexa.

Organismos aquáticos, especialmente peixes e invertebrados, são particularmente vulneráveis a essas substâncias, que podem causar efeitos adversos no crescimento, reprodução e ao comportamento.

Os metais desempenham um papel importante em diversos processos biológicos, sendo essenciais para a vida em pequenas quantidades. Elementos como o zinco, o cobre, e o

manganês são fundamentais para a atividade de enzimas e para a manutenção de funções celulares. Esses metais atuam como cofatores em reações bioquímicas, contribuindo para a síntese de proteínas, a formação de hemoglobina e a regulação do metabolismo energético. Por exemplo, o zinco é vital para o sistema imunológico, enquanto o cobre participa da produção de neurotransmissores. A quantidade adequada desses metais é necessária para garantir a saúde e o desenvolvimento adequado dos organismos.

No entanto, a concentração excessiva de metais no meio pode resultar em sérios problemas de toxicidade. O acúmulo desses elementos em solos, águas e organismos vivos é frequentemente associado a atividades humanas, como a mineração, a industrialização e o uso de fertilizantes.

A bioacumulação ocorre quando organismos absorvem esses metais em taxas superiores à sua excreção, levando a concentrações nocivas. Esse fenômeno é particularmente preocupante em cadeias alimentares aquáticas, onde peixes e outros organismos acumulam metais em níveis que podem afetar tanto a vida selvagem quanto a saúde humana. A toxicidade pode se manifestar de várias maneiras, incluindo danos ao sistema nervoso, problemas de desenvolvimento e doenças metabólicas.

Este estudo contribui para a base de conhecimento global sobre a contaminação por metais, sendo relevante para outras áreas geográficas que enfrentam desafios semelhantes. Essa compreensão é vital para promover práticas sustentáveis e garantir a saúde dos ecossistemas e das comunidades que deles dependem.

Considerando este contexto do monitoramento ambiental, em especial sobre os metais nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, estabelece a estratégia de responder o estado ambiental dos sedimentos, sua qualidade frente aos multiusos da B.H.A.C., com base nos referenciais dado na forma de concentrações dos metais no estudo, na crosta terrestre, nos sedimentos considerados pré-industriais pela literatura internacional, no Clarke geoquímico, oriundo da prospecção geoquímica, e nos folhelhos médios, Tabela 29. Além disso responde-se, com base nas concentrações encontradas usando os limites das linhas guias da qualidade dos sedimentos (SQGs), se as taxas encontradas estão influenciando de maneira significativa os

organismos do lugar, para tanto utilizando os atuais SQGs (TEC, LEL, ERL, TEL) neste estudo utilizados, são derivados principalmente de vários estados da América do Norte (EUA e Canada), para ecossistemas de água doce e são compostos por uma variedade de cálculos, Tabela 30.

2.5.2. RESULTADOS

Física dos Sedimentos Fluviais do Arroio Candiota

Foi analisada a distribuição dos tamanhos de grãos que compõe cada uma das unidades amostrais estudadas, Tabela 31 e Tabela 32.

Na Tabela 31 apresenta-se a distribuição dos tamanhos de grãos das unidades amostrais, e as relações da dinâmica ambiental fornecida pela razão entre os percentuais de tamanhos de grãos grosseiros e finos.

Tabela 31 - Distribuição dos tamanhos de grãos, escala Wentworth (areia-silte-argila), em cada uma das unidades amostrais dos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, no ano amostral representado pelas campanhas BI primavera de 2023, BJ verão, BK outono e BL inverno de 2024. A relação grosseiros finos, esta hachurada de amarelo são os valores mais baixos, laranja os valores de percentil 50 e vermelho os valores mais altos.

Tamanho de Grãos	Areia total(%)	Silte(%)	Argila(%)	Rel.grosseiros/Finos
1BI	95,40	2,70	1,90	20,74
2BI	92,10	3,50	4,40	11,66
3BI	94,62	4,40	0,98	17,59
4BI	92,90	4,62	2,48	13,09
5BI	20,07	51,83	28,10	0,25
6BI	97,41	2,10	0,49	37,61
7BI	78,74	10,43	10,83	3,70
8BI	76,30	15,30	8,40	3,22
1BJ	96,70	3,30	0,00	29,31
2BJ	94,60	5,40	0,00	17,52
3BJ	97,00	3,00	0,00	32,35
4BJ	94,30	5,70	0,00	16,54
5BJ	93,68	5,32	1,00	14,82
6BJ	95,15	3,89	0,97	19,61
7BJ	92,50	4,20	3,30	12,33
8BJ	98,30	1,70	0,00	57,81
1BK	97,14	0,86	2,00	33,97
2BK	40,29	51,11	8,60	0,67
3BK	98,60	0,00	1,40	70,47
4BK	97,52	0,00	2,48	39,25
5BK	93,69	0,51	5,80	14,85
6BK	95,40	1,20	3,40	20,76
7BK	71,70	18,60	9,70	2,53
8BK	82,37	5,70	11,92	4,67
1BL	94,34	0,00	5,66	16,67
2BL	93,90	0,00	6,10	15,39
3BL	96,90	3,10	0,00	31,26
4BL	95,04	0,00	4,96	19,16
5BL	97,20	2,80	0,00	34,71
6BL	94,10	0,00	5,90	15,95
7BL	97,60	2,40	0,00	40,67
8BL	78,13	9,20	12,67	3,57

Na Tabela 32 apresentam-se os intervalos granulométricos presentes em cada uma das unidades amostrais recolhidas na superfície de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, a escala expressa e a de Wentworth.

Tabela 32– Distribuição dos tamanhos de grãos seguindo a escala de Wentworth para os sedimentos superficicias de fundo da calha fluvial do arroio Candiota. No ano amostral representado pelas campanhas BI primavera de 2023, BJ verão, BK outono e BL inverno de 2024. s valores que estão hachurados de amarelo são os valores mais baixos, laranja os valores de percentil 50 e vermelho os valores mais altos.

Tamanho de Grãos	Areia MtoGrossa(%)	Areia Grossa(%)	Areia Média(%)	Areia Fina(%)	Areia Mto Fina(%)	Silte(%)	Argila(%)
1BI	15,98	51,11	24,80	3,04	0,47	2,70	1,90
2BI	12,58	29,74	37,40	11,00	1,39	3,50	4,40
3BI	23,30	26,88	25,83	14,23	4,38	4,40	0,98
4BI	24,98	45,11	7,11	14,62	1,08	4,62	2,48
5BI	3,77	1,68	2,08	5,83	6,71	51,83	28,10
6BI	11,41	42,20	36,04	7,36	0,40	2,10	0,49
7BI	6,00	7,23	18,44	29,25	17,83	10,43	10,83
8BI	2,02	6,06	22,04	32,71	13,47	15,30	8,40
1BJ	27,62	51,46	14,91	1,97	0,74	3,30	0,00
2BJ	17,55	33,46	34,43	8,43	0,73	5,40	0,00
3BJ	18,06	49,70	21,43	6,21	1,61	3,00	0,00
4BJ	16,46	32,42	30,41	13,60	1,40	5,70	0,00
5BJ	52,94	26,10	6,27	5,78	2,59	5,32	1,00
6BJ	33,05	35,32	19,92	6,18	0,68	3,89	0,97
7BJ	38,85	30,04	8,10	6,42	9,09	4,20	3,30
8BJ	48,82	23,86	13,75	7,90	3,96	1,70	0,00
1BK	8,76	47,07	37,39	3,55	0,37	0,86	2,00
2BK	2,36	1,10	1,37	3,20	32,26	51,11	8,60
3BK	44,76	37,59	12,48	2,96	0,81	0,00	1,40
4BK	21,20	37,16	27,85	10,88	0,43	0,00	2,48
5BK	47,25	40,56	4,14	1,20	0,54	0,51	5,80
6BK	41,73	45,01	7,97	0,40	0,29	1,20	3,40
7BK	4,87	1,40	34,74	19,99	10,71	18,60	9,70
8BK	33,98	27,99	12,53	6,07	1,80	5,70	11,92
1BL	11,35	41,43	35,52	5,09	0,94	0,00	5,66
2BL	16,04	40,44	29,52	7,19	0,71	0,00	6,10
3BL	40,99	31,42	16,65	6,67	1,17	3,10	0,00
4BL	31,76	44,42	17,55	1,16	0,15	0,00	4,96
5BL	55,33	30,38	9,68	1,22	0,59	2,80	0,00
6BL	22,89	54,77	15,38	0,88	0,17	0,00	5,90
7BL	5,76	71,03	18,61	1,16	1,04	2,40	0,00
8BL	27,58	21,77	17,23	8,75	2,79	9,20	12,67

A relação dinâmica dada pelos grosseiros e finos estabelece uma ordenação entre as unidades amostrais, a Tabela 31 apresenta na forma de hachuramento tendo como significado as cores amarelas as menores dinâmicas, as cores laranja as dinâmicas medianas e as cores vermelhas as dinâmicas mais intensas registradas pelas concentrações dos tamanhos de grãos dado pela distribuição granulométrica de cada uma das unidades amostrais.

Aqui está a sequência decrescente de dinâmica ambiental em cada uma das campanhas amostrais, use o sufixo da unidade amostral para a identificação da campanha:

6BI > 1BI > 3BI > 4BI > 2BI > 7BI > 8BI > 5BI; Campanha amostral de primavera de 2023.

8BJ > 3BJ > 1BJ > 6BJ > 2BJ > 4BJ > 5BJ >7BJ; Campanha amostral de verão de 2024.

3BK > 4BK > 1BK >6BK > 5BK > 8BK > 7BK > 2BK; Campanha amostral de outono de 2024.

7BL > 5BL > 3BL > 4BL > 1BL > 6BL > 2BL > 8BL; Campanha amostral de inverno de 2024.

A Figura 51 - Distribuição das classes de tamanho de grãos que compõem os sedimentos das estações amostrais da campanha de primavera 2023, identificada pelo sufixo BI.Figura 51 até Figura 54 apresentam as distribuições de tamanhos de grãos em cada uma das unidades amostrais com as frações de grãos dadas pela escala de Wentworth. Já da Figura 55 até Figura 58 apresentam as relações razões entre grosseiros e finos mostrando as dinâmicas de ambientais registradas a partir dos tamanhos de grãos em cada uma das unidades amostrais.

Figura 51 - Distribuição das classes de tamanho de grãos que compõem os sedimentos das estações amostrais da campanha de primavera 2023, identificada pelo sufixo BI.

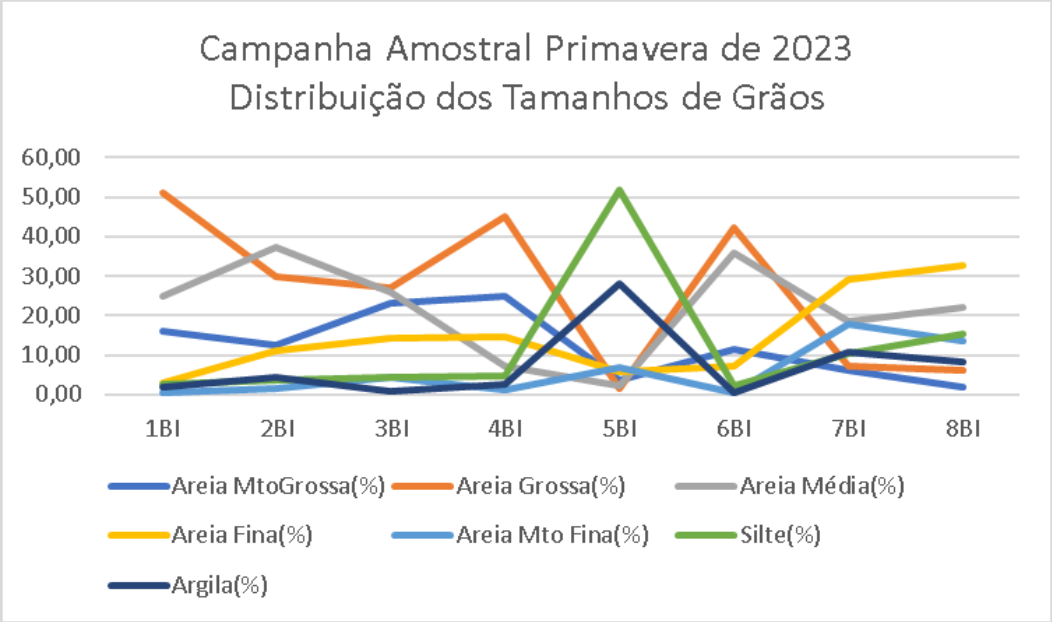


Figura 52 - Distribuição das classes de tamanho de grãos que compõem os sedimentos das estações amostrais da campanha de verão de 2024, identificada pelo sufixo BJ.

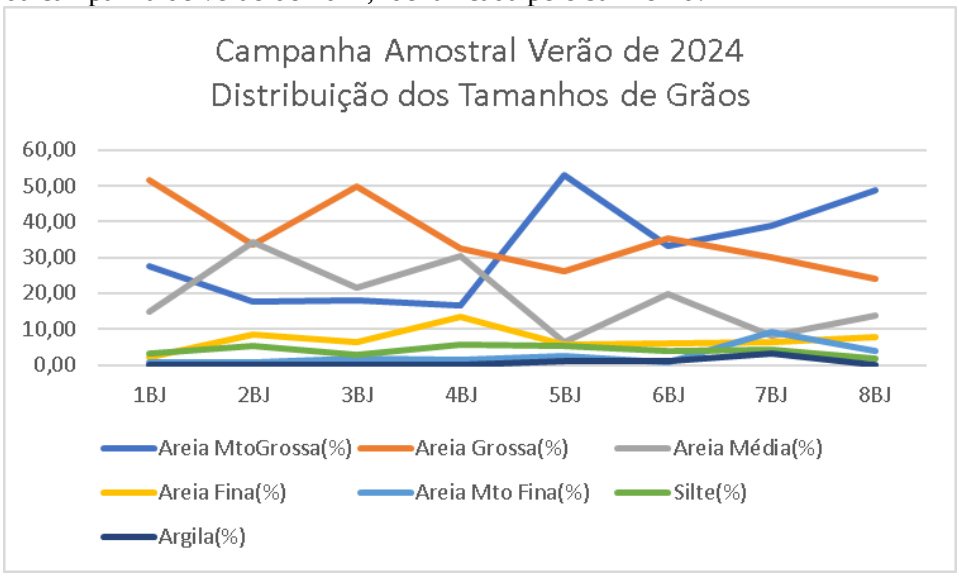


Figura 53 - Distribuição das classes de tamanho de grãos que compõem os sedimentos das estações amostrais da campanha de outono de 2024, identificada pelo sufixo BK.

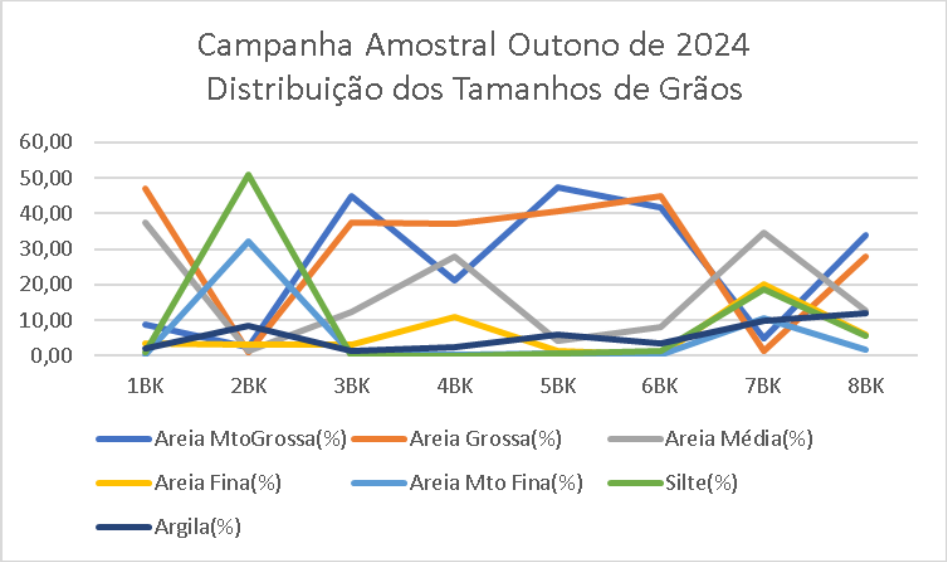


Figura 54 - Distribuição das classes de tamanho de grãos que compõem os sedimentos das estações amostrais da campanha de inverno de 2024, identificada pelo sufixo BL.

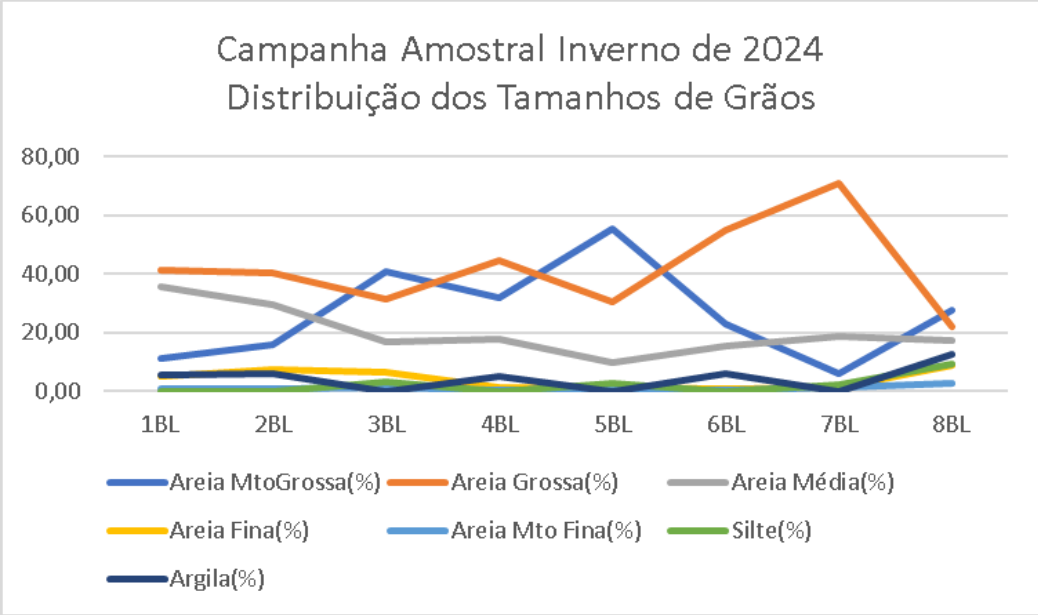


Figura 55 – Campanha amostral de primavera de 2023. Relação entre os tamanhos de grãos grosseiros e finos, indicando quanto maior a razão maior a intensidade da dinamica ambiental. Identificada pelo sufixo BI.

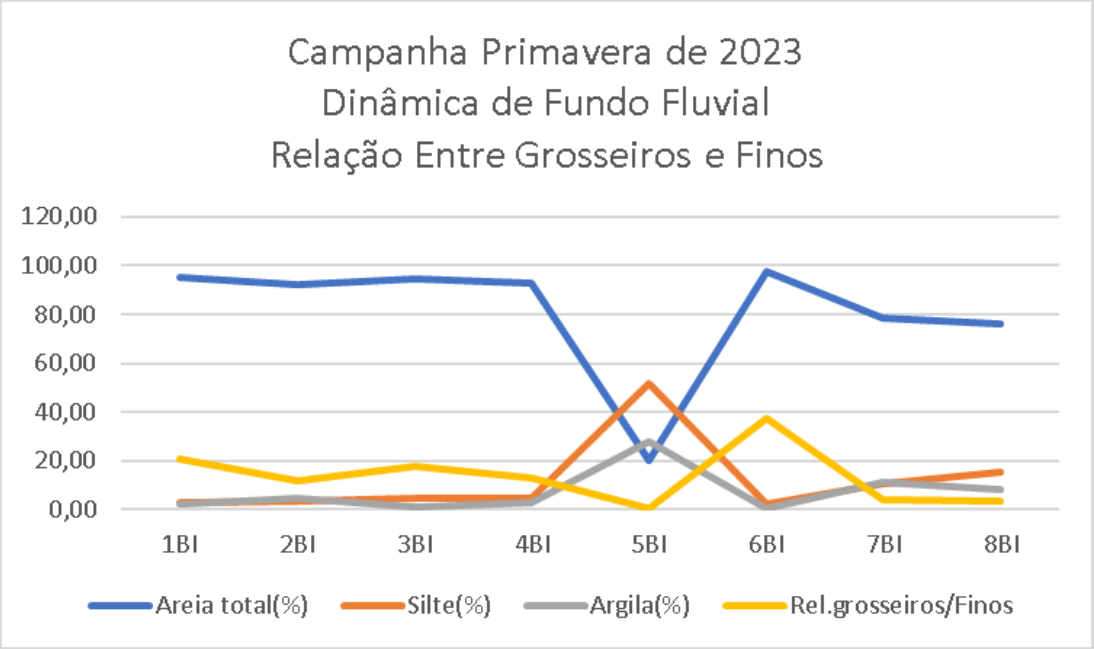


Figura 56 - Campanha amostral de verão de 2024. Relação entre os tamanhos de grãos grosseiros e finos, indicando quanto maior a razão maior a intensidade da dinamica ambiental. Identificada pelo sufixo BJ.

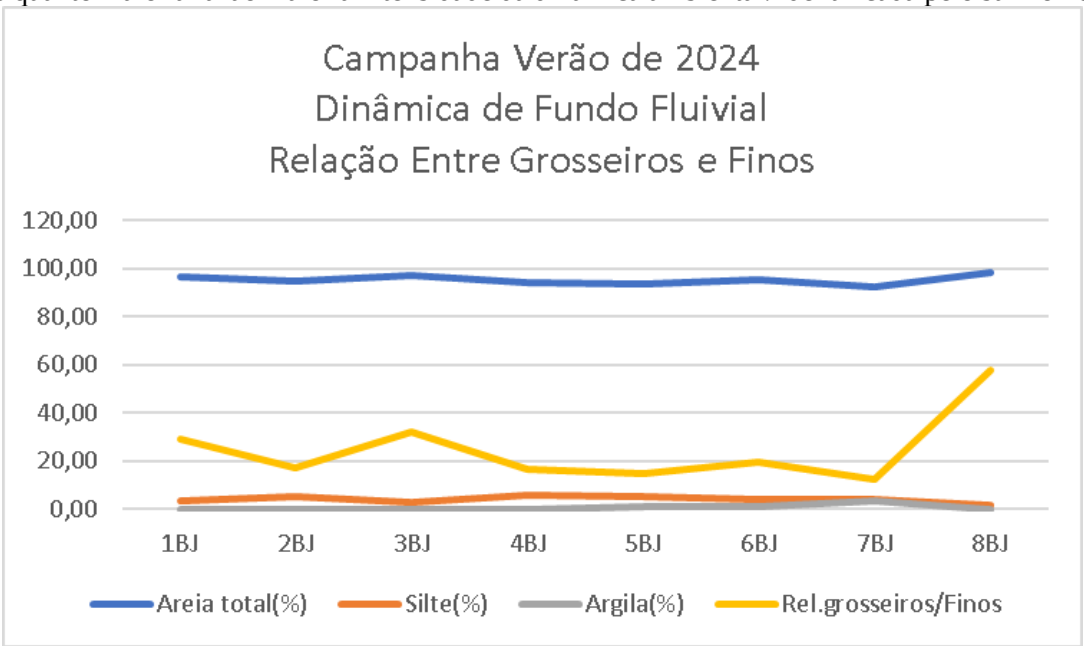


Figura 57 -Campanha amostral de outono de 2024. Relação entre os tamanhos de grãos grosseiros e finos, indicando quanto maior a razão maior a intensidade da dinamica ambiental. Identificada pelo sufixo BK.

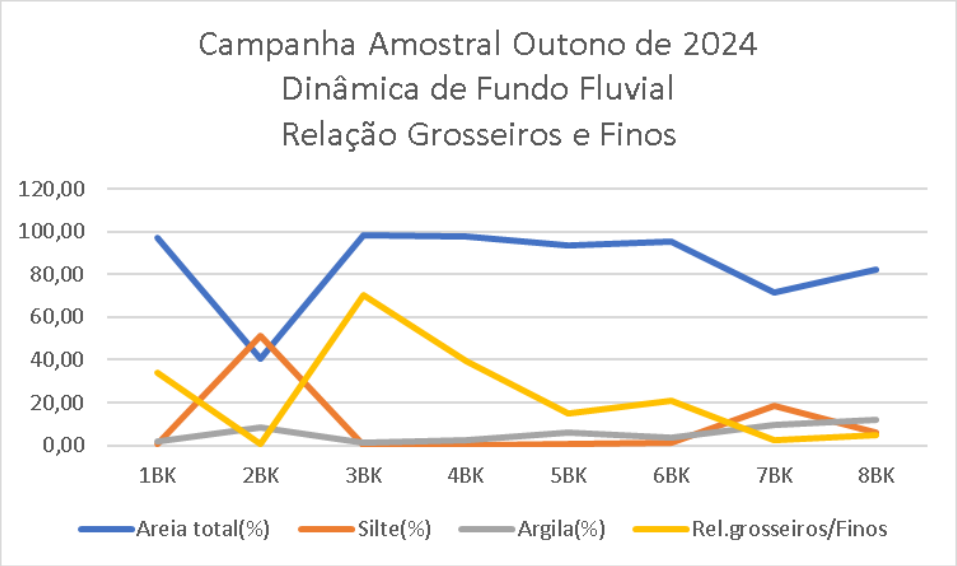
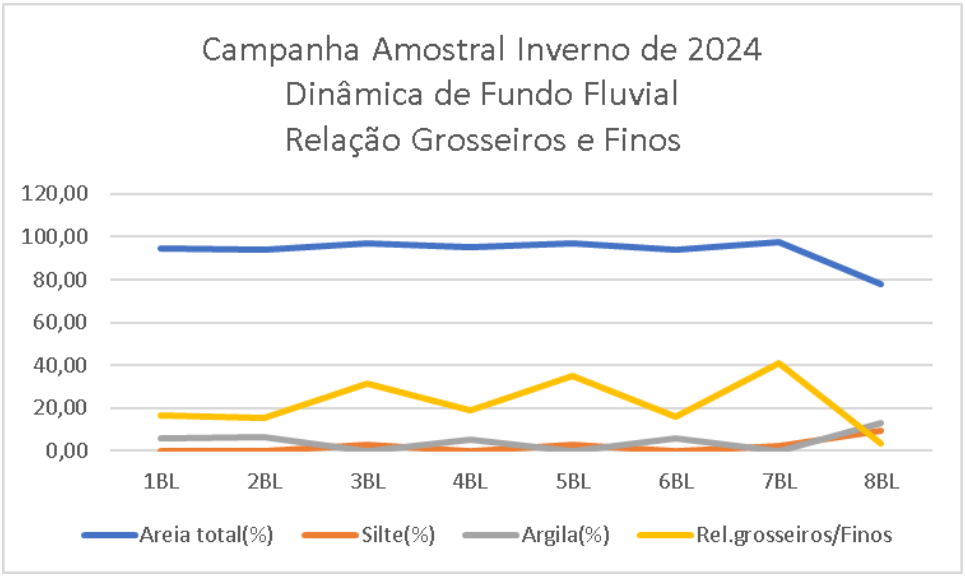


Figura 58 - Campanha amostral de inverno de 2024. Relação entre os tamanhos de grãos grosseiros e finos, indicando quanto maior a razão maior a intensidade da dinamica ambiental. Identificada pelo sufixo BL.



Além dos tamanhos de grão foram medidos a taxa de matéria orgânica, o pH, a umidade e os sólidos totais. Os resultados estão na Tabela 33, caracterizando a física dos sedimentos do estudo.

Tabela 33- Porcentagens de matéria orgânica, umidade e teor de sólidos, além do pH em cada unidade amostral. Os valores hachurados representam as relações entre as variáveis ou seja: hachurados em amarelo, representam os menores valores, hachurados em laranja os valores medianos (percentil 50) e os hachurados em vermelho representam os valores mais altos da variável em questão.

Unid.Amost	MO (%)	pH	Umidade (%)	Teor Sol.(%)
1BI	92,9	6	84,8	54,18
2BI	0,6	6	30,8	77,18
3BI	15,6	6	45,6	81,28
4BI	1,21	6	49,4	82,08
5BI	10,2	6	54,1	54,66
6BI	0,18	6	27,3	80,41
7BI	13,2	6	98,1	54,28
8BI	3,93	7	85,4	64,58
1BJ	92,60	5	21,8	68,17
2BJ	93,20	5	16,1	86,9
3BJ	92,60	5	30,9	75,04
4BJ	92,30	5	28,5	52,48
5BJ	92,70	5	22,8	80,24
6BJ	92,10	4	30,4	78,56
7BJ	92,70	5	17	82,78
8BJ	92,80	6	30,9	72,55
1BK	92,5	5	31,4	76,23
2BK	93,4	6	33,7	66,79
3BK	92,8	5	17,7	83,99
4BK	92,4	5	19,2	81,25
5BK	92,5	5	24,8	75,59
6BK	92,7	5	17	80,24
7BK	92,3	5	30,8	46,39
8BK	92,9	5	23,7	75,32
1BL	0,07	7	37,2	79,53
2BL	0,49	7	31,6	80,76
3BL	0,22	7	38	78,2
4BL	0,3	6	35,2	75,46
5BL	0,25	6	8,77	81,51
6BL	0,73	7	53	85,93
7BL	0,97	7	28,8	72,9
8BL	2,08	7	46,5	85,79

A matéria orgânica, em função da sua baixa densidade, também é importante avaliar a ordenação das unidades amostrais, porque também informa a dinâmica do meio.

Química dos Sedimentos Fluviais do Arroio Candiota

Os resultados das concentrações dos elementos químicos, obtidas nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, estão apresentados nas Tabela 34 e Tabela 35.

Na Tabela 34 apresentam-se as concentrações dos metais móveis, já na Tabela 35 apresentam-se os valores das concentrações dos metais totais.

Tabela 34 - Metais móveis, concentrações obtidas a partir do ataque com o ácido fraco. O hachuramento dos valores tem o seguinte significado: amarelo os valores mais baixos, o laranja o percentil 50, e vermelho os valores mais altos.

	Al móvel	As móvel	Cd móvel	Pb móvel	Cu móvel	Cr móvel	Fe móvel	Mn móvel	Hg móvel	Ni móvel	Zn móvel
Unid.Amost	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1BI	6,02	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	453,47	352,17	0,00739	0,418	3,05
2BI	6,16	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	0,25	25,87	0,0075	0,25	1,4
3BI	4,82	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	0,25	22,45	0,00728	0,25	1,34
4BI	9,17	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	4,81	20,25	0,00718	0,25	2,89
5BI	3,93	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	0,347	73,72	0,00732	0,301	2,51
6BI	126,82	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	32,96	10,06	0,00743	0,857	4,12
7BI	5,34	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	9,53	156,96	0,0075	0,493	2,95
8BI	62,32	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	6,62	38,97	0,0075	0,327	10,43
1BJ	5,63	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	561,68	135,17	0,0025	0,25	1,53
2BJ	3,59	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	0,8	40,73	0,0025	0,25	0,25
3BJ	3,01	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	1,59	71,67	0,0025	0,25	0,402
4BJ	6,41	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	4,11	108,03	0,0025	0,25	6,51
5BJ	5,38	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	5,07	138,94	0,0025	0,25	1,73
6BJ	69,21	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	27,74	26,17	0,0025	0,25	3,05
7BJ	1,25	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	4,24	77,82	0,0025	0,25	0,845
8BJ	9,86	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	2,73	130,02	0,0025	0,399	6,17
1BK	18,72	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	36,66	62,64	0,0025	0,25	0,861
2BK	7,5	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	3,48	109,96	0,0025	0,404	0,25
3BK	11,16	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	4,53	7,58	0,0025	0,25	0,289
4BK	18,4	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	17,69	21,33	0,0025	0,293	4,71
5BK	13,85	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	5,96	44,93	0,0025	0,425	2,03
6BK	88,53	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	29,38	4,97	0,0025	0,654	1,59
7BK	16,78	0,0531	0,00531	0,25	0,25	0,25	11,37	45,8	0,0025	0,717	1,85
8BK	14,98	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	9,21	38,21	0,0025	0,259	6,47
1BL	5,75	0,05	0,005	0,251	0,251	0,251	60,85	41,96	0,0025	0,251	0,648

	Al móvel	As móvel	Cd móvel	Pb móvel	Cu móvel	Cr móvel	Fe móvel	Mn móvel	Hg móvel	Ni móvel	Zn móvel
Unid.Amost	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
2BL	6,85	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	3,3	182,27	0,00251	0,411	1,37
3BL	5,48	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	3,35	16,75	0,0025	0,25	0,838
4BL	15,42	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	7,55	79,66	0,00251	1,06	13,06
5BL	5,22	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	6,94	15,17	0,0025	0,25	1,01
6BL	45,17	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	13,36	5,48	0,0025	0,25	1,24
7BL	3,5	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	3,5	56,76	0,0025	0,316	0,928
8BL	13,52	0,05	0,005	0,25	0,25	0,25	5,12	21,43	0,0025	0,25	10,92

Tabela 35- Metais totais, concentrações obtidas a partir do ataque de ácido forte. O hachuramento dos valores tem o seguinte significado: **amarelo** os valores baixos, o laranja o percentil 50, e **vermelho** os valores mais altos.

Unid.Amost	Al(ppm)	As(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Cu(ppm)	Cr(ppm)	Fe(ppm)	Mn(ppm)	Hg(ppm)	Ni(ppm)	Zn(ppm)
1BI	2209,40	2,63	0,01	0,44	3,50	2,64	8570,06	829,80	0,03	2,36	15,52
2BI	2340,60	0,85	0,01	0,29	2,33	4,09	5367,90	442,51	0,02	2,78	17,40
3BI	557,48	0,11	0,01	0,27	0,83	0,92	1706,55	152,68	0,02	0,53	4,25
4BI	679,84	0,11	0,01	5,38	1,26	3,29	3454,30	205,09	0,02	2,43	17,05
5BI	4363,34	0,18	0,01	2,29	6,53	5,29	8879,31	853,83	0,03	10,71	32,07
6BI	839,61	0,11	0,05	0,26	1,44	0,26	4151,67	39,52	0,02	1,83	8,78
7BI	2172,94	0,16	0,01	1,95	3,39	1,95	4278,76	601,48	0,02	6,80	17,05
8BI	1979,48	2,71	0,01	0,35	3,24	3,18	3842,09	143,89	0,02	2,48	44,92
1BJ	1534,73	0,07	0,01	1,64	1,64	1,64	7260,82	263,41	0,02	3,27	8,82
2BJ	1347,59	0,05	0,01	1,28	1,28	1,77	2717,12	203,46	0,02	2,57	7,77
3BJ	846,30	0,06	0,01	1,49	1,49	1,49	3357,30	317,77	0,02	2,97	5,73
4BJ	369,75	0,05	0,01	0,38	0,55	1,21	1863,55	109,35	0,01	0,75	9,35
5BJ	417,26	0,06	0,01	1,39	1,39	1,39	1143,17	167,79	0,02	2,78	4,07
6BJ	981,60	0,01	0,01	1,47	1,47	1,47	4242,03	233,10	0,02	2,95	11,49
7BJ	453,71	0,06	0,01	1,51	1,51	1,51	1483,16	118,98	0,02	3,02	4,02

Unid.Amost	Al(ppm)	As(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Cu(ppm)	Cr(ppm)	Fe(ppm)	Mn(ppm)	Hg(ppm)	Ni(ppm)	Zn(ppm)
8BJ	1725,38	0,07	0,01	10,54	3,15	2,40	5794,70	670,52	0,02	1,83	27,87
1BK	488,18	0,06	0,01	0,29	0,29	0,72	2842,35	139,51	0,02	0,06	2,75
2BK	5980,94	0,07	0,01	0,34	0,26	11,17	10444,04	526,80	0,02	7,18	26,56
3BK	340,39	0,05	0,01	0,26	0,26	0,69	1275,27	70,83	0,02	0,51	0,05
4BK	989,46	0,05	0,01	0,27	0,27	3,75	8133,04	95,91	0,02	3,05	17,24
5BK	349,88	0,06	0,01	0,30	0,30	0,66	1301,00	134,12	0,02	0,73	3,59
6BK	461,31	0,06	0,01	0,28	0,28	0,97	3901,89	50,59	0,02	1,36	5,43
7BK	1013,04	0,09	0,01	0,49	1,92	0,85	3605,23	230,08	0,03	4,98	11,01
8BK	852,31	0,07	0,01	0,33	0,33	1,07	7790,64	172,55	0,02	1,12	9,22
1BL	278,42	0,40	0,01	0,71	0,28	1,70	1790,65	45,41	0,04	0,56	1,94
2BL	4196,91	0,30	0,01	1,31	0,67	7,44	3875,44	322,06	0,04	2,16	7,02
3BL	846,59	0,30	0,01	1,44	0,60	2,06	2693,71	131,43	0,04	0,59	5,06
4BL	1331,83	0,84	0,01	3,80	1,74	3,95	7089,85	1411,34	0,03	4,70	23,59
5BL	294,22	0,47	0,01	1,06	0,32	1,45	1135,97	63,61	0,04	0,61	2,87
6BL	682,81	1,35	0,01	1,71	0,62	1,57	3752,46	21,91	0,04	1,71	5,55
7BL	1005,16	0,85	0,01	2,62	0,73	1,76	2317,77	218,18	0,04	1,25	5,15
8BL	1808,94	4,33	0,01	7,64	6,76	2,16	15945,03	302,41	0,03	2,66	27,93

Avaliação da Contaminação / Poluição

A contaminação dos sedimentos fluviais foi avaliada por meio da comparação com os valores orientadores estipulados pelo CONAMA (2012)[20] e pelo cálculo dos multi-índices. No Brasil, a qualidade ambiental dos sedimentos aquáticos é regulamentada pela Resolução CONAMA nº 344-2004[21], que foi posteriormente substituída pela Resolução CONAMA nº 454-2012[22]. Os critérios de formulação dessa resolução foram baseados em legislações ambientais internacionais, destacando-se a canadense (CANADIAN COUNCIL, 2001)[23].

A orientação de CANADIAN COUNCIL (2001) para teores de metais em sedimentos é baseada na toxicidade destes contaminantes para a biota bentônica.

Portanto, a avaliação de risco ecológico com base no cálculo da concentração total continua a ser um método indispensável no estudo da contaminação/poluição por metais na água no meio e compõe um caminho fundamental para identificar fontes de contaminação/poluição.

Os métodos de avaliação de risco pela presença de metais, baseados no cálculo da concentração total, têm sido amplamente propostos e aceito no mundo inteiro ISLAM et al. (2015)[24]; XIA et al. (2020)[25], incluindo principalmente duas categorias:

---

20 CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 454, de 1 de novembro de 2012**. Estabelece as diretrizes gerais e osprocedimentos referenciais para ogerenciamento do material a serdragado em águas sob jurisdiçãonacional. 2012.

21 CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004**. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. 2004.

22 CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2012.

23 [*S. l.*], [*s. d.*]. Disponível em: https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/ceea/archive/Water/CCME_Canada.PDF. Acesso em: 16 jan. 2025a.

24 ISLAM, Md. S. *et al.* Preliminary assessment of heavy metal contamination in surface sediments from a river in Bangladesh. **Environmental Earth Sciences**, [*s. l.*], v. 73, n. 4, p. 1837–1848, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12665-014-3538-5

25 XIA, P. *et al.* Evaluation of potential ecological risk, possible sources and controlling factors of heavy metals in surface sediment of Caohai Wetland, China. **Science of The Total**

- Uma está relacionada aos valores históricos, o que pode ser usado no impacto ambiental;

- Outra está relacionada às diretrizes de qualidade dos sedimentos, SQGs, que pode ser usado no estabelecimento da qualidade ambiental, na situação ambiental do meio estudado, com base nos sedimentos.

As diretrizes de qualidade de sedimentos (SQGs) são os valores reais permitidos de um produto químico específico, ou substância, presentes nos sedimentos que não prejudique os organismos aquáticos bentônicos ou outros organismos e as relevantes funções da água, MADZIN et al (2015); EMENIKE et al. (2020)[26].

Embora ainda não exista uma metodologia acordada internacionalmente, utiliza-se para a definição de valores como um consenso internacional, os SQGs têm sido úteis em várias aplicações. Eles são empregados na concepção de programas de monitoramento, na interpretação de dados históricos, na avaliação de riscos ecológicos e no desenvolvimento de objetivos para a remediação da qualidade dos sedimentos.

O método de avaliação da contaminação e poluição compara as concentrações de metais com valores de nível de base e diretrizes básicas da qualidade dos sedimentos (SQGs), o que auxilia na avaliação do acúmulo de metais nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota. Os cálculos realizados são de relativização, ou seja, a concentração encontrada é dividida pelo valor de referência.

Dessa forma, é essencial considerar a intensidade da contaminação e poluição por metais, fazendo um inventário das concentrações e de sua distribuição nos ecossistemas de fundo fluvial do arroio Candiota.

Environment, [*s. l.*], v. 740, p. 140231, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140231

[26] EMENIKE, P. C. *et al.* An integrated assessment of land-use change impact, seasonal variation of pollution indices and human health risk of selected toxic elements in sediments of River Atuwara, Nigeria. **Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)**, [*s. l.*], v. 265, n. Pt B, p. 114795, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114795

Além disso, as várias bases de índices de avaliação preveem riscos inconsistentes de metais em sedimentos de diferentes regiões.

As pesquisas existentes concentram-se principalmente na aplicação de superposição de cada método EMENIKE et al (2020)[27]; ISLAM et al. (2015)[28], esta foi a abordagem deste estudo, calculando vários índices de qualidade dos sedimentos de superfície de fundo do arroio Candiota.

A abordagem que se estabelece no estudo assume que cada método de avaliação é suficientemente independente e, que a distribuição e migração de metais são afetadas principalmente por fontes de contaminação e fatores ambientais, portanto o risco oferecido pela presença de metais depende dos conteúdos medidos e os valores utilizados como níveis de base.

Utilizam-se duas estratégias, a primeira estratégia avalia como estão as concentrações encontradas ao serem comparadas com referenciais aceitos para litologias existentes no planeta, composição médias da crosta terrestre, sedimentos pré-industriais, folhelhos, e um índice de prospecção (Clarke**),** Tabela 29.

Já a segunda estratégia, Tabela 30, é o uso dos referenciais oriundos das ecotoxicidade, e que de maneira indireta avalia a bioacumulação e as interferências que os metais podem gerar nos sistemas vivos do lugar, lembrando que os quatros referenciais, SQGs (TEC, LEL, ERL, TEL), estabelecem limites que quando ultrapassados indicam que algum efeito pode ser ocasionado nos organismos vivos do meio. São os usos das diretrizes básicas da qualidade dos sedimentos (SQGs)

O uso das SQGs permite uma análise comparativa entre as concentrações de metais nos sedimentos e os níveis considerados seguros ou tóxicos para os organismos. Quando os dados coletados ultrapassam os limites estabelecidos, isso pode indicar a presença de riscos significativos para a fauna bentônica e outros organismos que habitam o fundo fluvial. As SQGs são especialmente importantes em ambientes contaminados/poluídos, pois ajudam a priorizar áreas quando que necessitam de monitoramento adicional ou intervenções de remediação. No

[27] Ibid.
[28] ISLAM *et al.*, 2015.

contexto do estudo, a aplicação dessas diretrizes contribui para a avaliação das consequências da contaminação, tanto em termos ecológicos quanto para as comunidades que dependem dos recursos naturais.

Além de sua função de avaliação, as SQGs têm implicações para a gestão ambiental e a formulação de políticas. Elas servem como uma ferramenta para a tomada de decisões informadas sobre o uso do solo, a proteção de habitats e a regulação de atividades industriais e urbanas nas proximidades de corpos hídricos.

A aplicação das SQGs no estudo oferece um panorama mais claro da situação de contaminação/ poluição na região, facilitando a comunicação dos riscos associados e a necessidade de estratégias de mitigação. Dessa forma, as SQGs não apenas ajudam na compreensão do estado atual dos sedimentos, mas também na elaboração de um plano para a conservação e recuperação dos ecossistemas fluviais afetados.

Esta abordagem dos SQGs, apresenta tanto oportunidades quanto desafios. A escolha de aplicar as SQGs se justifica pela necessidade de estabelecer padrões que ajudem a interpretar a qualidade dos sedimentos e os riscos associados à presença de contaminantes. Essas diretrizes são essenciais para determinar se os níveis de metais encontrados nos sedimentos são seguros ou se representam uma ameaça para a biota aquática e a saúde humana.

As quatro concepções utilizadas foram:

- TEC (Treshold Effect Contamination); PEC (Probable Effect Contaminantion), McDonald et al. 2000;

- LEL (Low Effect Level); SEL (severe Effect Level), Persaud et al.1993;

- ERL (Effect Range Low); ERM (Effect Range Median) estabelecidos por Long et al. (1995).

- TEL (Treshold Effects Levels), PEL (Probable Effect Contamination), MacDonald et al. (1996), Smith et al. (1996), USEPA (1996).

Utilizando-se sempre como padrão restritivo o primeiro termo de cada concepção, isto é: TEC (Treshold Effect Contamination): LEL (Low Effect Level); ERL (Effect Range Low); TEL (Treshold Effects Levels),

Já a interpretação dos resultados podem variar dependendo da metodologia utilizada para a sua elaboração, e isso pode levar a inconsistências ao comparar dados de diferentes regiões ou estudos. As diferenças nas condições ambientais, nas fontes de poluição e nas espécies de organismos afetados também podem afetar a aplicabilidade das diretrizes. Portanto, o autor precisou considerar esses fatores ao avaliar os resultados e suas implicações, foram quatro concepções de SQGs utilizadas, tornando a avaliação a mais abrangente e restritiva possível.

Embora as SQGs sejam ferramentas valiosas para a avaliação da qualidade dos sedimentos, sua aplicação exige um cuidado especial em relação à coleta de dados, à interpretação e à contextualização das informações obtidas.

Estabelecem-se, os termos:

Definição de Referência: As SQGs fornecem valores de referência para diferentes metais, estabelecendo limites que, quando excedidos, indicam a possibilidade de efeitos adversos sobre a biota aquática. Além das referências fornecidas pela geologia ortodoxa, e os SQGs, acrescenta-se a estação amostral 1

Comparação de Dados: Durante a pesquisa, as concentrações de metais nos sedimentos são comparadas com esses valores de referência. Essa comparação permite identificar locais com contaminação significativa.

Classificação do Risco: As SQGs ajudam a classificar o risco ecológico em diferentes categorias, como "baixo", "moderado" ou "alto", com base na quantidade de metal presente e no potencial de impacto sobre organismos aquáticos.

Gestão Ambiental: As SQGs são ferramentas essenciais para a gestão de ecossistemas aquáticos, permitindo que decisões informadas sejam tomadas sobre a remediação e conservação de áreas contaminadas.

Proteção da Biodiversidade: Ao identificar áreas de risco elevado, as SQGs contribuem para a proteção da biodiversidade e a saúde dos ecossistemas, promovendo ações direcionadas para mitigar impactos negativos.

Comunicação com as partes interessadas: As diretrizes facilitam a comunicação entre cientistas, gestores e o público, proporcionando uma linguagem comum para discutir questões de contaminação e seus riscos.

Contexto Local: É importante avaliar as condições específicas do local, como características do sedimento e fauna presente, para entender melhor os resultados. Além disso é preciso considerar que Candiota apresenta afloramentos de camadas de carvão mineral naturalmente expostas, aflorantes, é a sua estrutura geológica.

Efeitos Sinérgicos: A presença de múltiplos contaminantes deve ser considerada, pois a combinação de diferentes metais pode ter efeitos sinérgicos, aumentando o risco.

Monitoramento Contínuo: A interpretação das SQGs não deve ser estática. Monitoramento contínuo é necessário para acompanhar as mudanças na qualidade dos sedimentos ao longo do tempo.

Em suma, as diretrizes de qualidade dos sedimentos são fundamentais para a avaliação do risco ecológico em ambientes aquáticos, permitindo ações informadas para proteger esses ecossistemas.

Índices de Contaminação/Poluição, Multi-índices

Para analisar os significados das concentrações obtidas neste estudo foram utilizados índices de contaminação/poluição, e índices de risco.

Estes índices de contaminação/poluição e risco ecológico são ferramentas já consolidadas por geocientistas, químicos e muitos outros profissionais envolvidos com avaliações ambientais que tem como objetivo avaliar a presença de elementos químicos em sedimentos. Estes índices podem ser subdivididos em individuais e integrados, o que irá depender do tipo de avaliação executada, de somente uma métrica ou mais métricas dos elementos de interesse.

A análise detalhada das dinâmicas de contaminação/poluição em sedimentos é essencial para a avaliação dos impactos da atividade humana sobre o ambiente. Foram utilizados vários

índices de contaminação/poluição para quantificar o nível de contaminação e determinar o risco à saúde associado.

A análise de multi-índices de contaminação de metais em sedimentos fluviais é uma abordagem eficaz para avaliar a qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos. Esses índices combinam diferentes parâmetros e métricas para fornecer uma visão integrada da poluição por metais. O uso de múltiplos índices pode permitir identificar padrões, quando existirem, de contaminação/poluição, facilitando a comparação entre diferentes locais e períodos. Essa abordagem é fundamental, pois a contaminação/poluição por metais pode ter efeitos adversos tanto nos ecossistemas aquáticos quanto na saúde humana, uma vez que esses elementos podem se acumular na cadeia alimentar.

Outra importância dos multi-índices reside na capacidade de relacionar a contaminação com suas fontes. A análise integrada pode revelar a influência de atividades antropogênicas, como a mineração, agricultura e urbanização, sobre a qualidade dos sedimentos. Ao correlacionar os índices de contaminação com dados de uso do solo e práticas industriais, é possível identificar áreas críticas e desenvolver estratégias para mitigação e monitoramento. Essa informação é vital para a implementação de políticas de gestão ambiental que visem reduzir os impactos da poluição nos corpos d'água.

Estes índices fornecem uma compreensão clara da severidade da contaminação/poluição e das tendências temporais. No caso do arroio Candiota, os resultados indicaram níveis importantes de metais, o que sugere uma forte influência de atividades antropogênicas.

Compreender essas dinâmicas é fundamental para a implementação de ações eficazes de gestão ambiental e para a proteção de ecossistemas aquáticos, bem como da saúde pública.

A identificação de níveis de contaminação que ultrapassam limites estabelecidos pode orientar ações de proteção à saúde das comunidades que dependem desses recursos hídricos, promovendo uma abordagem mais proativa em relação à gestão de riscos.

Estudos que utilizam essa abordagem podem servir de base para novas investigações sobre os efeitos a longo prazo da contaminação por metais nos sedimentos fluviais. A comparação de diferentes metodologias e a validação de resultados entre diferentes contextos

geográficos e ecológicos enriquecem o conhecimento sobre a dinâmica da poluição por metais. Dessa forma, essas análises podem ser fundamentais para a formação de estratégias de remediação e conservação dos ambientes aquáticos.

Em suma, o uso destes índices não apenas fornece uma avaliação clara da contaminação/poluição, mas também atua como guias para ações concretas que protejam o meio ambiente e a saúde das pessoas.

Entre estes índices existentes destacam-se os seguintes índices que foram aplicados aos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota:

2.5.3. ÍNDICES INDIVIDUAIS

Índice de geoacumulação (Igeo)

O Índice de Geoacumulação (Igeo) é um índice amplamente utilizado para avaliar a intensidade da contaminação por metais nos sedimentos de corpos d'água, como rios e lagos, e sua relação com as concentrações naturais desses metais conhecidas. Desenvolvido por Müller em 1969, o Igeo permite determinar o grau de poluição em áreas impactadas por atividades humanas, considerando a diferença entre as concentrações de metais nos sedimentos e os valores naturais de nível de base (background). Esse índice é particularmente relevante quando se trata de monitorar a evolução da contaminação/poluição ao longo do tempo, pois proporciona uma base para comparar os níveis atuais de contaminação com os níveis naturais que existiam antes da interferência antropogênica.

O Igeo foi empregado para entender a dinâmica de contaminação por metais nos sedimentos do arroio Candiota, e sua aplicação foi crucial para determinar a magnitude e os impactos da contaminação/poluição gerada por atividades industriais, agrícolas e urbanas. A relevância desse índice está em sua capacidade de fornecer uma avaliação qualitativa e quantitativa da contaminação, auxiliando na identificação de áreas de risco.

A metodologia de cálculo do índice de geoacumulação envolve uma comparação entre a concentração do metal nas amostras de sedimentos e a concentração de referência, ou o valor

de nível de base considerado (background), que representa o nível natural do metal na em regiões não impactadas. A fórmula do Igeo é expressa como:

$$I_{geo} = \log_2\left(\frac{[X]_{\text{amostra}}}{1.5 \times B_n}\right)$$

[X]amostra, é o conteúdo de um elemento químico estudado nos sedimentos;

Bn é o conteúdo geoquímico de nível de base escolhidos na Tabela 28.

O valor 1,5 é o fator que compensa o conteúdo de nível de base devido a geodiversidade da área da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, são os chamados efeitos litogênicos.

O fator 1,5 é uma constante que considera a variação natural da concentração do metal nos sedimentos, ajudando a minimizar a influência de flutuações naturais (geodiversidade). O valor de Igeo obtido pode ser usado para categorizar os níveis de contaminação em diferentes classes, que variam de um grau de contaminação muito baixo até um nível extremamente alto. O cálculo do Igeo, portanto, permite uma análise mais detalhada da poluição, levando em consideração não apenas a concentração dos metais, mas também as variações naturais que podem ocorrer devido a características geológicas ou ambientais locais.

A interpretação do índice de geoacumulação oferece informações importantes sobre o grau de contaminação por metais em uma região. Os valores do Igeo podem ser interpretados de acordo com a seguinte escala de contaminação:

Igeo ≤ 0: Nenhuma ou contaminação mínima.
$0 <$ Igeo ≤ 1: Contaminação leve, com valores de concentração próximos ao fundo natural.
$1 <$ Igeo ≤ 2: Contaminação moderada.
$2 <$ Igeo ≤ 3: Contaminação considerável.
$3 <$ Igeo ≤ 4: Contaminação intensa.
Igeo > 4: Contaminação extremamente alta.

Essa informação é muito importante na avaliação dos riscos ambientais e à saúde humana, pois permite identificar quais metais estavam presentes em concentrações superiores aos níveis naturais e, portanto, poderiam representar riscos potenciais. A interpretação do Igeo também é fundamental para estabelecer prioridades em termos de monitoramento ambiental e

remediação, além de possibilitar a análise das fontes de poluição e os impactos de longo prazo nas comunidades que dependem desses recursos hídricos.

Aplicação do índice de geoacumulação aos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota está apresentado nas Tabela 36 até a Tabela 39.

Tabela 36 - Resultado da aplicação do índice de geoacumulação em cada unidade amostral e em cada elemento químico estudado nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, usando como referência os valores para a crosta terrestre, Tabela 30.

Crosta	Igeo Al	Igeo AS	Igeo Cd	Igeo Pb	Igeo Cu	IgeoCr	Igeo Fe	Igeo Mn	Igeo Hg	Igeo Ni	Igeo Zn
1BI	-5,80	0,23	-4,25	-5,59	-4,42	-5,83	-2,84	-0,78	-1,52	-5,67	-2,86
2BI	-5,72	-1,40	-4,81	-6,16	-5,01	-5,20	-3,52	-1,69	-2,08	-5,43	-2,69
3BI	-7,79	-4,41	-4,94	-6,31	-6,50	-7,35	-5,17	-3,22	-2,24	-7,82	-4,73
4BI	-7,50	-4,39	-4,95	-1,96	-5,90	-5,51	-4,15	-2,80	-2,23	-5,63	-2,72
5BI	-4,82	-3,62	-4,17	-3,20	-3,52	-4,83	-2,79	-0,74	-1,45	-3,49	-1,81
6BI	-7,19	-4,42	-1,65	-6,32	-5,70	-9,16	-3,89	-5,17	-2,25	-6,04	-3,68
7BI	-5,82	-3,85	-4,40	-3,43	-4,47	-6,27	-3,85	-1,24	-1,68	-4,14	-2,72
8BI	-5,96	0,27	-4,55	-5,90	-4,53	-5,56	-4,00	-3,31	-1,83	-5,60	-1,32
1BJ	-6,32	-5,10	-4,65	-3,68	-5,52	-6,52	-3,08	-2,44	-1,94	-5,20	-3,67
2BJ	-6,51	-5,45	-5,00	-4,04	-5,87	-6,41	-4,50	-2,81	-2,28	-5,55	-3,86
3BJ	-7,18	-5,24	-4,79	-3,82	-5,65	-6,65	-4,20	-2,16	-2,08	-5,34	-4,30
4BJ	-8,38	-5,49	-5,04	-5,81	-7,09	-6,95	-5,04	-3,70	-3,91	-7,32	-3,59
5BJ	-8,20	-5,34	-4,89	-3,92	-5,75	-6,75	-5,75	-3,09	-2,17	-5,43	-4,79
6BJ	-6,97	-8,58	-4,81	-3,84	-5,67	-6,67	-3,86	-2,61	-2,08	-5,35	-3,29
7BJ	-8,08	-5,22	-4,77	-3,80	-5,63	-6,63	-5,37	-3,58	-2,05	-5,31	-4,81
8BJ	-6,16	-5,06	-4,61	-0,99	-4,57	-5,97	-3,41	-1,09	-1,89	-6,04	-2,01
1BK	-7,98	-5,29	-4,84	-6,19	-8,02	-7,71	-4,44	-3,35	-2,12	-11,03	-5,35
2BK	-4,36	-5,05	-4,60	-5,95	-8,16	-3,75	-2,56	-1,44	-1,88	-4,06	-2,08
3BK	-8,50	-5,45	-5,01	-6,35	-8,19	-7,77	-5,59	-4,33	-2,28	-7,87	-11,10
4BK	-6,96	-5,41	-4,96	-6,31	-8,14	-5,32	-2,92	-3,89	-2,24	-5,30	-2,71
5BK	-8,46	-5,23	-4,78	-6,12	-7,96	-7,83	-5,56	-3,41	-2,06	-7,37	-4,97
6BK	-8,06	-5,31	-4,87	-6,21	-8,05	-7,27	-3,98	-4,82	-2,14	-6,46	-4,37
7BK	-6,92	-4,60	-4,15	-5,44	-5,29	-7,46	-4,09	-2,63	-1,43	-4,59	-3,35
8BK	-7,17	-5,08	-4,59	-5,98	-7,82	-7,13	-2,98	-3,05	-1,91	-6,74	-3,61
1BL	-8,79	-2,48	-4,88	-4,88	-8,06	-6,46	-5,10	-4,97	-1,05	-7,74	-5,86
2BL	-4,87	-2,92	-4,79	-4,00	-6,81	-4,33	-3,99	-2,15	-1,07	-5,80	-4,00
3BL	-7,18	-2,93	-4,80	-3,87	-6,97	-6,19	-4,51	-3,44	-1,08	-7,66	-4,47
4BL	-6,53	-1,43	-4,64	-2,47	-5,43	-5,25	-3,12	-0,01	-1,13	-4,67	-2,25
5BL	-8,71	-2,26	-4,86	-4,31	-7,89	-6,69	-5,76	-4,49	-1,03	-7,61	-5,29
6BL	-7,49	-0,74	-4,80	-3,62	-6,91	-6,58	-4,03	-6,02	-1,08	-6,13	-4,34
7BL	-6,94	-1,40	-4,80	-3,00	-6,69	-6,41	-4,73	-2,71	-1,08	-6,58	-4,45
8BL	-6,09	0,94	-4,91	-1,46	-3,47	-6,12	-1,95	-2,24	-1,34	-5,50	-2,01

Tabela 37- Resultado da aplicação do índice de geoacumulação em cada unidade amostral para cada elemento químico estudado nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, usando como referência os valores para os sedimentos pré-industriais, Tabela 30.

Sedimentos	Igeo Al	Igeo As	Igeo Cd	Igeo Pb	Igeo Cu	Igeo Cr	Igeo Fe	Igeo Mn	Igeo Hg	Igeo Ni	Igeo Zn
1BI	-5,61	-2,13	-4,87	-6,03	-3,82	-5,35	-2,84	-0,48	-3,45	-5,05	-3,20
2BI	-5,53	-3,76	-5,44	-6,60	-4,41	-4,72	-3,52	-1,38	-4,01	-4,81	-3,03
3BI	-7,60	-6,77	-5,57	-6,75	-5,91	-6,87	-5,17	-2,92	-4,16	-7,20	-5,07
4BI	-7,31	-6,75	-5,58	-2,41	-5,30	-5,04	-4,15	-2,49	-4,15	-5,00	-3,06
5BI	-4,63	-5,98	-4,80	-3,64	-2,92	-4,35	-2,79	-0,44	-3,38	-2,86	-2,15
6BI	-7,01	-6,78	-2,27	-6,76	-5,10	-8,68	-3,89	-4,87	-4,17	-5,41	-4,02
7BI	-5,64	-6,21	-5,03	-3,87	-3,87	-5,79	-3,85	-0,94	-3,61	-3,52	-3,06
8BI	-5,77	-2,09	-5,18	-6,34	-3,93	-5,09	-4,00	-3,00	-3,76	-4,98	-1,67
1BJ	-6,14	-7,46	-5,28	-4,12	-4,92	-6,04	-3,08	-2,13	-3,86	-4,58	-4,01
2BJ	-6,32	-7,81	-5,63	-4,48	-5,27	-5,93	-4,50	-2,51	-4,21	-4,92	-4,20
3BJ	-7,00	-7,60	-5,42	-4,26	-5,05	-6,18	-4,20	-1,86	-4,00	-4,71	-4,64
4BJ	-8,19	-7,85	-5,67	-6,25	-6,49	-6,48	-5,04	-3,40	-5,83	-6,70	-3,93
5BJ	-8,02	-7,70	-5,52	-4,36	-5,15	-6,28	-5,75	-2,78	-4,09	-4,81	-5,13
6BJ	-6,78	-10,94	-5,44	-4,28	-5,07	-6,20	-3,86	-2,31	-4,00	-4,72	-3,63
7BJ	-7,90	-7,58	-5,40	-4,24	-5,03	-6,16	-5,37	-3,28	-3,98	-4,69	-5,15
8BJ	-5,97	-7,42	-5,24	-1,44	-3,97	-5,49	-3,41	-0,78	-3,81	-5,41	-2,35
1BK	-7,79	-7,65	-5,47	-6,63	-7,43	-7,23	-4,44	-3,05	-4,04	-10,41	-5,70
2BK	-4,17	-7,41	-5,23	-6,39	-7,56	-3,27	-2,56	-1,13	-3,80	-3,44	-2,42
3BK	-8,31	-7,81	-5,64	-6,79	-7,59	-7,30	-5,59	-4,03	-4,21	-7,25	-11,44
4BK	-6,77	-7,76	-5,59	-6,75	-7,55	-4,85	-2,92	-3,59	-4,16	-4,68	-3,05
5BK	-8,27	-7,59	-5,41	-6,57	-7,36	-7,36	-5,56	-3,11	-3,98	-6,75	-5,31
6BK	-7,87	-7,67	-5,49	-6,65	-7,45	-6,80	-3,98	-4,51	-4,07	-5,84	-4,71
7BK	-6,74	-6,96	-4,78	-5,88	-4,69	-6,99	-4,09	-2,33	-3,35	-3,97	-3,69
8BK	-6,99	-7,44	-5,22	-6,42	-7,22	-6,66	-2,98	-2,74	-3,84	-6,12	-3,95
1BL	-8,60	-4,84	-5,51	-5,32	-7,46	-5,99	-5,10	-4,67	-2,97	-7,12	-6,20
2BL	-4,69	-5,28	-5,42	-4,44	-6,21	-3,86	-3,99	-1,84	-3,00	-5,17	-4,34
3BL	-7,00	-5,29	-5,43	-4,31	-6,37	-5,71	-4,51	-3,14	-3,01	-7,04	-4,82
4BL	-6,34	-3,79	-5,27	-2,91	-4,83	-4,77	-3,12	0,29	-3,05	-4,05	-2,59
5BL	-8,52	-4,62	-5,49	-4,75	-7,29	-6,22	-5,76	-4,18	-2,95	-6,99	-5,63
6BL	-7,31	-3,10	-5,42	-4,06	-6,31	-6,10	-4,03	-5,72	-3,00	-5,51	-4,68
7BL	-6,75	-3,76	-5,43	-3,44	-6,09	-5,94	-4,73	-2,40	-3,01	-5,96	-4,79
8BL	-5,90	-1,42	-5,53	-1,90	-2,87	-5,64	-1,95	-1,93	-3,27	-4,87	-2,35

Tabela 38-Resultado da aplicação do índice de geoacumulação em cada unidade amostral para cada elemento químico estudado nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, usando como referência os valores para o Clarke geoquímico, Tabela 30.

Clarke	Igeo Al	Igeo As	iGeo Cd	Igeo Pb	Igeo Cu	Igeo Cr	Igeo Fe	Igeo Mn	Igeo Hg	Igeo Ni	Igeo Zn
1BI	-5,83	-0,04	-4,79	-5,49	-4,87	-6,12	-3,44	-0,94	-2,20	-5,98	-2,88
2BI	-5,74	-1,66	-5,35	-6,05	-5,45	-5,48	-4,11	-1,85	-2,76	-5,74	-2,71
3BI	-7,81	-4,67	-5,48	-6,20	-6,95	-7,63	-5,77	-3,38	-2,92	-8,13	-4,75
4BI	-7,53	-4,66	-5,49	-1,86	-6,34	-5,80	-4,75	-2,95	-2,91	-5,93	-2,74
5BI	-4,84	-3,88	-4,71	-3,09	-3,97	-5,11	-3,39	-0,90	-2,13	-3,79	-1,83
6BI	-7,22	-4,68	-2,19	-6,21	-6,15	-9,44	-4,49	-5,33	-2,93	-6,34	-3,70
7BI	-5,85	-4,11	-4,94	-3,32	-4,91	-6,55	-4,44	-1,40	-2,36	-4,45	-2,74
8BI	-5,99	0,01	-5,09	-5,79	-4,98	-5,85	-4,60	-3,47	-2,51	-5,90	-1,34
1BJ	-6,35	-5,37	-5,20	-3,57	-5,96	-6,80	-3,68	-2,59	-2,61	-5,51	-3,69
2BJ	-6,54	-5,72	-5,55	-3,93	-6,32	-6,69	-5,10	-2,97	-2,96	-5,85	-3,87
3BJ	-7,21	-5,50	-5,33	-3,71	-6,10	-6,94	-4,79	-2,32	-2,75	-5,64	-4,31
4BJ	-8,41	-5,75	-5,58	-5,70	-7,53	-7,24	-5,64	-3,86	-4,58	-7,63	-3,61
5BJ	-8,23	-5,60	-5,43	-3,81	-6,20	-7,04	-6,35	-3,24	-2,85	-5,74	-4,81
6BJ	-7,00	-8,84	-5,35	-3,73	-6,12	-6,96	-4,45	-2,77	-2,76	-5,65	-3,31
7BJ	-8,11	-5,48	-5,31	-3,69	-6,08	-6,92	-5,97	-3,74	-2,73	-5,62	-4,83
8BJ	-6,18	-5,32	-5,15	-0,89	-5,02	-6,25	-4,00	-1,25	-2,56	-6,34	-2,03
1BK	-8,00	-5,55	-5,38	-6,08	-8,47	-8,00	-5,03	-3,51	-2,79	-11,33	-5,37
2BK	-4,39	-5,31	-5,14	-5,84	-8,60	-4,03	-3,15	-1,59	-2,56	-4,37	-2,10
3BK	-8,53	-5,72	-5,55	-6,25	-8,63	-8,06	-6,19	-4,49	-2,96	-8,18	-11,12
4BK	-6,99	-5,67	-5,50	-6,20	-8,59	-5,61	-3,52	-4,05	-2,92	-5,61	-2,73
5BK	-8,49	-5,49	-5,32	-6,02	-8,40	-8,12	-6,16	-3,57	-2,74	-7,67	-4,99
6BK	-8,09	-5,58	-5,41	-6,11	-8,49	-7,56	-4,57	-4,97	-2,82	-6,77	-4,39
7BK	-6,95	-4,86	-4,69	-5,33	-5,73	-7,75	-4,69	-2,79	-2,10	-4,90	-3,37
8BK	-7,20	-5,35	-5,13	-5,88	-8,26	-7,42	-3,58	-3,20	-2,59	-7,05	-3,63
1BL	-8,82	-2,74	-5,42	-4,77	-8,50	-6,75	-5,70	-5,13	-1,72	-8,05	-5,88
2BL	-4,90	-3,18	-5,33	-3,90	-7,26	-4,62	-4,58	-2,30	-1,75	-6,10	-4,02
3BL	-7,21	-3,19	-5,34	-3,76	-7,41	-6,47	-5,11	-3,60	-1,76	-7,97	-4,49
4BL	-6,56	-1,69	-5,18	-2,36	-5,87	-5,53	-3,71	-0,17	-1,81	-4,98	-2,27
5BL	-8,74	-2,53	-5,40	-4,20	-8,33	-6,98	-6,36	-4,64	-1,71	-7,92	-5,31
6BL	-7,52	-1,00	-5,34	-3,51	-7,36	-6,86	-4,63	-6,18	-1,75	-6,44	-4,36
7BL	-6,96	-1,67	-5,34	-2,90	-7,13	-6,70	-5,33	-2,87	-1,76	-6,89	-4,47
8BL	-6,12	0,68	-5,45	-1,35	-3,92	-6,40	-2,54	-2,39	-2,02	-5,80	-2,03

Tabela 39-Resultado da aplicação do índice de geoacumulação em cada unidade amostral para cada elemento químico estudado nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, usando como referência os valores para os folhelhos, Tabela 30.

Folhelho	Igeo Al	Igeo As	Igeo Cd	Igeo Pb	Igeo Cu	Igeo Cr	Igeo Fe	Igeo Mn	Igeo Hg	Igeo Ni	Igeo Zn
1BI	-5,90	-2,89	-5,25	-6,31	-4,06	-5,68	-3,07	-0,62	-3,37	-5,43	-3,54
2BI	-5,82	-4,51	-5,81	-6,87	-4,65	-5,04	-3,75	-1,53	-3,93	-5,20	-3,37
3BI	-7,89	-7,52	-5,94	-7,02	-6,15	-7,19	-5,40	-3,06	-4,09	-7,59	-5,40
4BI	-7,60	-7,51	-5,95	-2,68	-5,54	-5,36	-4,38	-2,64	-4,08	-5,39	-3,40
5BI	-4,92	-6,74	-5,17	-3,91	-3,16	-4,67	-3,02	-0,58	-3,30	-3,25	-2,49
6BI	-7,30	-7,54	-2,65	-7,04	-5,34	-9,00	-4,12	-5,01	-4,09	-5,80	-4,36
7BI	-5,92	-6,97	-5,40	-4,15	-4,11	-6,11	-4,07	-1,08	-3,53	-3,91	-3,40
8BI	-6,06	-2,85	-5,55	-6,61	-4,17	-5,41	-4,23	-3,15	-3,68	-5,36	-2,00
1BJ	-6,43	-8,22	-5,65	-4,39	-5,16	-6,36	-3,31	-2,28	-3,78	-4,96	-4,35
2BJ	-6,61	-8,57	-6,00	-4,75	-5,51	-6,25	-4,73	-2,65	-4,13	-5,31	-4,53
3BJ	-7,29	-8,36	-5,79	-4,53	-5,30	-6,50	-4,42	-2,00	-3,92	-5,10	-4,97
4BJ	-8,48	-8,61	-6,04	-6,52	-6,73	-6,80	-5,27	-3,54	-5,75	-7,09	-4,27
5BJ	-8,31	-8,45	-5,89	-4,63	-5,40	-6,60	-5,98	-2,93	-4,02	-5,20	-5,47
6BJ	-7,07	-11,69	-5,81	-4,55	-5,31	-6,52	-4,09	-2,45	-3,93	-5,11	-3,97
7BJ	-8,18	-8,33	-5,77	-4,51	-5,28	-6,48	-5,60	-3,42	-3,90	-5,08	-5,48
8BJ	-6,26	-8,17	-5,61	-1,71	-4,22	-5,81	-3,64	-0,93	-3,73	-5,80	-2,69
1BK	-8,08	-8,41	-5,84	-6,90	-7,67	-7,56	-4,66	-3,19	-3,96	-10,79	-6,03
2BK	-4,46	-8,16	-5,60	-6,66	-7,80	-3,60	-2,79	-1,28	-3,73	-3,83	-2,76
3BK	-8,60	-8,57	-6,01	-7,07	-7,83	-7,62	-5,82	-4,17	-4,13	-7,64	-11,78
4BK	-7,06	-8,52	-5,96	-7,02	-7,79	-5,17	-3,15	-3,73	-4,09	-5,06	-3,38
5BK	-8,56	-8,34	-5,78	-6,84	-7,60	-7,68	-5,79	-3,25	-3,91	-7,13	-5,65
6BK	-8,16	-8,43	-5,87	-6,93	-7,69	-7,12	-4,21	-4,66	-3,99	-6,23	-5,05
7BK	-7,03	-7,71	-5,15	-6,15	-4,93	-7,31	-4,32	-2,47	-3,27	-4,36	-4,03
8BK	-7,27	-8,20	-5,59	-6,70	-7,46	-6,98	-3,21	-2,89	-3,76	-6,51	-4,29
1BL	-8,89	-5,59	-5,88	-5,60	-7,70	-6,31	-5,33	-4,81	-2,89	-7,51	-6,54
2BL	-4,98	-6,03	-5,79	-4,72	-6,45	-4,18	-4,22	-1,99	-2,92	-5,56	-4,68
3BL	-7,28	-6,04	-5,80	-4,58	-6,61	-6,03	-4,74	-3,28	-2,93	-7,43	-5,15
4BL	-6,63	-4,55	-5,64	-3,18	-5,07	-5,09	-3,34	0,15	-2,98	-4,44	-2,93
5BL	-8,81	-5,38	-5,86	-5,02	-7,53	-6,54	-5,99	-4,33	-2,88	-7,38	-5,97
6BL	-7,59	-3,85	-5,80	-4,33	-6,55	-6,43	-4,26	-5,86	-2,92	-5,90	-5,02
7BL	-7,04	-4,52	-5,80	-3,72	-6,33	-6,26	-4,96	-2,55	-2,93	-6,35	-5,13
8BL	-6,19	-2,17	-5,91	-2,17	-3,11	-5,97	-2,17	-2,08	-3,19	-5,26	-2,69

Índice de Fator de Contaminação (CF)

O índice de fator de contaminação (CF) é uma ferramenta fundamental na avaliação da contaminação/poluição ambiental, especialmente no contexto de sedimentos aquáticos. Ele quantifica a concentração de poluentes, como os metais, em relação a níveis de referência, permitindo identificar a gravidade da contaminação em um determinado ambiente.

A aplicação do fator do índice de contaminação (CF) aos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota revela como as atividades antropogênicas impactam a qualidade dos sedimentos. A importância do CF reside em sua capacidade de sintetizar dados complexos e

fornecer uma avaliação clara da poluição, servindo como um indicativo para os gestores ambientais. Além disso, o uso deste índice permite uma comparação entre diferentes locais e períodos, contribuindo para uma compreensão mais ampla das dinâmicas de contaminação/poluição ao longo do tempo.

A metodologia para calcular o CF envolve a medição da concentração de metais nos sedimentos e a comparação com valores de referência, que podem ser definidos com base em padrões ambientais ou níveis de base considerados naturais.

No estudo, foram analisadas amostras de sedimentos ao longo da calha do arroio Candiota, sedimentos superficiais de fundo, permitindo a identificação das condições apresentadas por estas áreas considerando a sua contaminação.

A interpretação dos resultados do CF é crítica, pois valores mais altos indicam um aumento significativo da contaminação/poluição, geralmente associado a atividades industriais, fertilizantes e biocidas, descargas de esgoto e outras fontes de contaminantes/poluentes.

Essa avaliação ajuda a priorizar áreas para monitoramento, além de orientar estratégias de gestão ambiental. Ao permitir uma análise quantitativa da contaminação, o CF facilita a comunicação dos riscos associados à poluição, tanto para a comunidade científica quanto para o público em geral.

A relevância do índice de fator de contaminação vai além da avaliação ambiental; ele tem implicações diretas para a saúde pública e a gestão de recursos hídricos. No contexto do arroio Candiota, o estudo destaca que a contaminação por metais pode ter efeitos adversos significativos sobre a saúde das populações locais, especialmente aquelas que dependem da água do rio para consumo e atividades diárias.

A fórmula do fator de contaminação (FC) é definida como a razão entre a concentração de um metal nas amostras de sedimento e a sua concentração de referência ou background, que representa a concentração média esperada do metal no ambiente não impactado. A fórmula é expressa como:

$$CF = \frac{[X]_{\text{amostra}}}{[X]_{\text{Nivel de Base escolhido}}}$$

Sendo que [X]amostra, é a concentração do elemento nas amostras de sedimento, [X]concentração pré-industrial, é a concentração pré-industrial do elemento estudado considera-se em separado cada um dos referencias do elemento em questão; na geologia ortodoxa, Tabela 28, na crosta terrestre, nos sedimentos pré-industriais, no clarke geoquímico para cada elemento, e ainda a composição média dos folhelhos e ainda nas guias básicas da qualidade para os sedimentos Tabela 29.

Quando o valor do CF é igual a 1, significa que a concentração do metal na amostra é comparável à concentração de nível de base, sem evidências de contaminação. Se o valor for maior que 1, indica que a concentração do metal excede os níveis naturais, sugerindo uma possível contaminação antropogênica. Quanto maior o valor do CF, mais grave é a contaminação. Essa fórmula simples permite a análise comparativa entre diferentes locais e metais, sendo particularmente útil para avaliar a tendência temporal da contaminação em áreas de monitoramento contínuo. A interpretação dos resultados também deve considerar o tipo de metal envolvido, já que diferentes metais apresentam distintos níveis de toxicidade e mobilidade nos sedimentos aquáticos.

$CF \leq 1$: Concentração dentro dos limites naturais, sem contaminação relevante.

$1 < CF \leq 3$: Contaminação leve, com possível origem em fontes locais.

$3 < CF \leq 6$: Contaminação moderada, indicando a necessidade de monitoramento contínuo.

$CF > 6$: Contaminação grave, com alto risco para o ecossistema e saúde humana.

A interpretação precisa desse índice é essencial para entender não apenas a presença de contaminantes, mas também para se for o caso, planejar ações de mitigação. Pode ser usado para identificar, os resultados do CF para os sedimentos do arroio Candiota podem ajudar a identificar áreas críticas de contaminação/poluição e possibilitar a realização de avaliações de risco à saúde.

O fator de contaminação, ao ser combinado com outros índices de contaminação/poluição e com análises de bioacumulação de metais, pode também vir a contribuir para a elaboração de estratégias de remediação e gestão ambiental, particularmente em locais onde as atividades industriais, agrícolas e urbanas exercem forte pressão sobre os recursos hídricos.

A aplicação do índice de fator de contaminação aos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota está apresentado na Tabela 40 até Tabela 47. Na Tabela 40 até Tabela 43

os níveis de base usados foram aqueles da Tabela 29, geologia tradicional, enquanto que a Tabela 44 até Tabela 47 os níveis de base utilizados são aqueles fornecidos pelo ecotoxidade os SQGs. Estas tabelas são autoexplicativas.

Tabela 40-Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores da crosta terrestre. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.

Background ppm	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
Crosta	82000,00	1,50	0,11	14,00	50,00	100,00	41000,00	950,00	0,05	80,00	75,00
1BI	0,03	1,75	0,08	0,03	0,07	0,03	0,21	0,87	0,52	0,03	0,21
2BI	0,03	0,57	0,05	0,02	0,05	0,04	0,13	0,47	0,35	0,03	0,23
3BI	0,01	0,07	0,05	0,02	0,02	0,01	0,04	0,16	0,32	0,01	0,06
4BI	0,01	0,07	0,05	0,38	0,03	0,03	0,08	0,22	0,32	0,03	0,23
5BI	0,05	0,12	0,08	0,16	0,13	0,05	0,22	0,90	0,55	0,13	0,43
6BI	0,01	0,07	0,48	0,02	0,03	0,00	0,10	0,04	0,32	0,02	0,12
7BI	0,03	0,10	0,07	0,14	0,07	0,02	0,10	0,63	0,47	0,09	0,23
8BI	0,02	1,81	0,06	0,03	0,06	0,03	0,09	0,15	0,42	0,03	0,60
1BJ	0,02	0,04	0,06	0,12	0,03	0,02	0,18	0,28	0,39	0,04	0,12
2BJ	0,02	0,03	0,05	0,09	0,03	0,02	0,07	0,21	0,31	0,03	0,10
3BJ	0,01	0,04	0,05	0,11	0,03	0,01	0,08	0,33	0,36	0,04	0,08
4BJ	0,00	0,03	0,05	0,03	0,01	0,01	0,05	0,12	0,10	0,01	0,12
5BJ	0,01	0,04	0,05	0,10	0,03	0,01	0,03	0,18	0,33	0,03	0,05
6BJ	0,01	0,00	0,05	0,11	0,03	0,01	0,10	0,25	0,36	0,04	0,15
7BJ	0,01	0,04	0,05	0,11	0,03	0,02	0,04	0,13	0,36	0,04	0,05
8BJ	0,02	0,05	0,06	0,75	0,06	0,02	0,14	0,71	0,41	0,02	0,37
1BK	0,01	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01	0,07	0,15	0,35	0,00	0,04
2BK	0,07	0,05	0,06	0,02	0,01	0,11	0,25	0,55	0,41	0,09	0,35
3BK	0,00	0,03	0,05	0,02	0,01	0,01	0,03	0,07	0,31	0,01	0,00
4BK	0,01	0,04	0,05	0,02	0,01	0,04	0,20	0,10	0,32	0,04	0,23
5BK	0,00	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01	0,03	0,14	0,36	0,01	0,05
6BK	0,01	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01	0,10	0,05	0,34	0,02	0,07
7BK	0,01	0,06	0,08	0,03	0,04	0,01	0,09	0,24	0,56	0,06	0,15
8BK	0,01	0,04	0,06	0,02	0,01	0,01	0,19	0,18	0,40	0,01	0,12
1BL	0,00	0,27	0,05	0,05	0,01	0,02	0,04	0,05	0,73	0,01	0,03
2BL	0,05	0,20	0,05	0,09	0,01	0,07	0,09	0,34	0,71	0,03	0,09
3BL	0,01	0,20	0,05	0,10	0,01	0,02	0,07	0,14	0,71	0,01	0,07
4BL	0,02	0,56	0,06	0,27	0,03	0,04	0,17	1,49	0,69	0,06	0,31
5BL	0,00	0,31	0,05	0,08	0,01	0,01	0,03	0,07	0,74	0,01	0,04
6BL	0,01	0,90	0,05	0,12	0,01	0,02	0,09	0,02	0,71	0,02	0,07
7BL	0,01	0,57	0,05	0,19	0,01	0,02	0,06	0,23	0,71	0,02	0,07
8BL	0,02	2,89	0,05	0,55	0,14	0,02	0,39	0,32	0,59	0,03	0,37

Tabela 41-Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores dos sedimentos pré-industriais. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.

Background ppm	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
Sedimentos Pre-Ind	72000	7,7	0,17	19	33	72	41000	770	0,19	52	95
1BI	0,03	0,34	0,05	0,02	0,11	0,04	0,21	1,08	0,14	0,05	0,16
2BI	0,03	0,11	0,03	0,02	0,07	0,06	0,13	0,57	0,09	0,05	0,18
3BI	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,04	0,20	0,08	0,01	0,04
4BI	0,01	0,01	0,03	0,28	0,04	0,05	0,08	0,27	0,08	0,05	0,18
5BI	0,06	0,02	0,05	0,12	0,20	0,07	0,22	1,11	0,14	0,21	0,34
6BI	0,01	0,01	0,31	0,01	0,04	0,00	0,10	0,05	0,08	0,04	0,09
7BI	0,03	0,02	0,05	0,10	0,10	0,03	0,10	0,78	0,12	0,13	0,18
8BI	0,03	0,35	0,04	0,02	0,10	0,04	0,09	0,19	0,11	0,05	0,47
1BJ	0,02	0,01	0,04	0,09	0,05	0,02	0,18	0,34	0,10	0,06	0,09
2BJ	0,02	0,01	0,03	0,07	0,04	0,02	0,07	0,26	0,08	0,05	0,08
3BJ	0,01	0,01	0,04	0,08	0,05	0,02	0,08	0,41	0,09	0,06	0,06
4BJ	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,05	0,14	0,03	0,01	0,10
5BJ	0,01	0,01	0,03	0,07	0,04	0,02	0,03	0,22	0,09	0,05	0,04
6BJ	0,01	0,00	0,03	0,08	0,04	0,02	0,10	0,30	0,09	0,06	0,12
7BJ	0,01	0,01	0,04	0,08	0,05	0,02	0,04	0,15	0,10	0,06	0,04
8BJ	0,02	0,01	0,04	0,55	0,10	0,03	0,14	0,87	0,11	0,04	0,29
1BK	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,07	0,18	0,09	0,00	0,03
2BK	0,08	0,01	0,04	0,02	0,01	0,16	0,25	0,68	0,11	0,14	0,28
3BK	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03	0,09	0,08	0,01	0,00
4BK	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,05	0,20	0,12	0,08	0,06	0,18
5BK	0,00	0,01	0,04	0,02	0,01	0,01	0,03	0,17	0,09	0,01	0,04
6BK	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,10	0,07	0,09	0,03	0,06
7BK	0,01	0,01	0,05	0,03	0,06	0,01	0,09	0,30	0,15	0,10	0,12
8BK	0,01	0,01	0,04	0,02	0,01	0,01	0,19	0,22	0,10	0,02	0,10
1BL	0,00	0,05	0,03	0,04	0,01	0,02	0,04	0,06	0,19	0,01	0,02
2BL	0,06	0,04	0,04	0,07	0,02	0,10	0,09	0,42	0,19	0,04	0,07
3BL	0,01	0,04	0,03	0,08	0,02	0,03	0,07	0,17	0,19	0,01	0,05
4BL	0,02	0,11	0,04	0,20	0,05	0,05	0,17	1,83	0,18	0,09	0,25
5BL	0,00	0,06	0,03	0,06	0,01	0,02	0,03	0,08	0,19	0,01	0,03
6BL	0,01	0,18	0,03	0,09	0,02	0,02	0,09	0,03	0,19	0,03	0,06
7BL	0,01	0,11	0,03	0,14	0,02	0,02	0,06	0,28	0,19	0,02	0,05
8BL	0,03	0,56	0,03	0,40	0,20	0,03	0,39	0,39	0,16	0,05	0,29

Tabela 42-Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores do clarke geoquímico. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.

Background ppm	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
Clarke Geoq.	83600,00	1,80	0,16	11,00	68,00	122,00	62000,00	1060,00	0,08	99,00	76,00
1BI	0,03	1,46	0,05	0,04	0,05	0,02	0,14	0,78	0,33	0,02	0,20
2BI	0,03	0,47	0,04	0,03	0,03	0,03	0,09	0,42	0,22	0,03	0,23
3BI	0,01	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03	0,14	0,20	0,01	0,06
4BI	0,01	0,06	0,03	0,49	0,02	0,03	0,06	0,19	0,20	0,02	0,22
5BI	0,05	0,10	0,06	0,21	0,10	0,04	0,14	0,81	0,34	0,11	0,42
6BI	0,01	0,06	0,33	0,02	0,02	0,00	0,07	0,04	0,20	0,02	0,12
7BI	0,03	0,09	0,05	0,18	0,05	0,02	0,07	0,57	0,29	0,07	0,22
8BI	0,02	1,51	0,04	0,03	0,05	0,03	0,06	0,14	0,26	0,03	0,59
1BJ	0,02	0,04	0,04	0,15	0,02	0,01	0,12	0,25	0,25	0,03	0,12
2BJ	0,02	0,03	0,03	0,12	0,02	0,01	0,04	0,19	0,19	0,03	0,10
3BJ	0,01	0,03	0,04	0,14	0,02	0,01	0,05	0,30	0,22	0,03	0,08
4BJ	0,00	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,03	0,10	0,06	0,01	0,12
5BJ	0,00	0,03	0,03	0,13	0,02	0,01	0,02	0,16	0,21	0,03	0,05
6BJ	0,01	0,00	0,04	0,13	0,02	0,01	0,07	0,22	0,22	0,03	0,15
7BJ	0,01	0,03	0,04	0,14	0,02	0,01	0,02	0,11	0,23	0,03	0,05
8BJ	0,02	0,04	0,04	0,96	0,05	0,02	0,09	0,63	0,25	0,02	0,37
1BK	0,01	0,03	0,04	0,03	0,00	0,01	0,05	0,13	0,22	0,00	0,04
2BK	0,07	0,04	0,04	0,03	0,00	0,09	0,17	0,50	0,26	0,07	0,35
3BK	0,00	0,03	0,03	0,02	0,00	0,01	0,02	0,07	0,19	0,01	0,00
4BK	0,01	0,03	0,03	0,02	0,00	0,03	0,13	0,09	0,20	0,03	0,23
5BK	0,00	0,03	0,04	0,03	0,00	0,01	0,02	0,13	0,23	0,01	0,05
6BK	0,01	0,03	0,04	0,03	0,00	0,01	0,06	0,05	0,21	0,01	0,07
7BK	0,01	0,05	0,06	0,04	0,03	0,01	0,06	0,22	0,35	0,05	0,14
8BK	0,01	0,04	0,04	0,03	0,00	0,01	0,13	0,16	0,25	0,01	0,12
1BL	0,00	0,22	0,04	0,06	0,00	0,01	0,03	0,04	0,45	0,01	0,03
2BL	0,05	0,17	0,04	0,12	0,01	0,06	0,06	0,30	0,45	0,02	0,09
3BL	0,01	0,16	0,04	0,13	0,01	0,02	0,04	0,12	0,44	0,01	0,07
4BL	0,02	0,46	0,04	0,35	0,03	0,03	0,11	1,33	0,43	0,05	0,31
5BL	0,00	0,26	0,04	0,10	0,00	0,01	0,02	0,06	0,46	0,01	0,04
6BL	0,01	0,75	0,04	0,16	0,01	0,01	0,06	0,02	0,45	0,02	0,07
7BL	0,01	0,47	0,04	0,24	0,01	0,01	0,04	0,21	0,44	0,01	0,07
8BL	0,02	2,41	0,03	0,69	0,10	0,02	0,26	0,29	0,37	0,03	0,37

Tabela 43-Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores dos folhelhos. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.

Background ppm	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
Folhelho	88000,00	13,00	0,22	23,00	39,00	90,00	48000,00	850,00	0,18	68,00	120,00
1BI	0,03	0,20	0,04	0,02	0,09	0,03	0,18	0,98	0,15	0,03	0,13
2BI	0,03	0,07	0,03	0,01	0,06	0,05	0,11	0,52	0,10	0,04	0,15
3BI	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04	0,18	0,09	0,01	0,04
4BI	0,01	0,01	0,02	0,23	0,03	0,04	0,07	0,24	0,09	0,04	0,14
5BI	0,05	0,01	0,04	0,10	0,17	0,06	0,18	1,00	0,15	0,16	0,27
6BI	0,01	0,01	0,24	0,01	0,04	0,00	0,09	0,05	0,09	0,03	0,07
7BI	0,02	0,01	0,04	0,08	0,09	0,02	0,09	0,71	0,13	0,10	0,14
8BI	0,02	0,21	0,03	0,02	0,08	0,04	0,08	0,17	0,12	0,04	0,37
1BJ	0,02	0,01	0,03	0,07	0,04	0,02	0,15	0,31	0,11	0,05	0,07
2BJ	0,02	0,00	0,02	0,06	0,03	0,02	0,06	0,24	0,09	0,04	0,06
3BJ	0,01	0,00	0,03	0,06	0,04	0,02	0,07	0,37	0,10	0,04	0,05
4BJ	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	0,13	0,03	0,01	0,08
5BJ	0,00	0,00	0,03	0,06	0,04	0,02	0,02	0,20	0,09	0,04	0,03
6BJ	0,01	0,00	0,03	0,06	0,04	0,02	0,09	0,27	0,10	0,04	0,10
7BJ	0,01	0,00	0,03	0,07	0,04	0,02	0,03	0,14	0,10	0,04	0,03
8BJ	0,02	0,01	0,03	0,46	0,08	0,03	0,12	0,79	0,11	0,03	0,23
1BK	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,06	0,16	0,10	0,00	0,02
2BK	0,07	0,01	0,03	0,01	0,01	0,12	0,22	0,62	0,11	0,11	0,22
3BK	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,08	0,09	0,01	0,00
4BK	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,04	0,17	0,11	0,09	0,04	0,14
5BK	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03	0,16	0,10	0,01	0,03
6BK	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,08	0,06	0,09	0,02	0,05
7BK	0,01	0,01	0,04	0,02	0,05	0,01	0,08	0,27	0,16	0,07	0,09
8BK	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,16	0,20	0,11	0,02	0,08
1BL	0,00	0,03	0,03	0,03	0,01	0,02	0,04	0,05	0,20	0,01	0,02
2BL	0,05	0,02	0,03	0,06	0,02	0,08	0,08	0,38	0,20	0,03	0,06
3BL	0,01	0,02	0,03	0,06	0,02	0,02	0,06	0,15	0,20	0,01	0,04
4BL	0,02	0,06	0,03	0,17	0,04	0,04	0,15	1,66	0,19	0,07	0,20
5BL	0,00	0,04	0,03	0,05	0,01	0,02	0,02	0,07	0,20	0,01	0,02
6BL	0,01	0,10	0,03	0,07	0,02	0,02	0,08	0,03	0,20	0,03	0,05
7BL	0,01	0,07	0,03	0,11	0,02	0,02	0,05	0,26	0,20	0,02	0,04
8BL	0,02	0,33	0,03	0,33	0,17	0,02	0,33	0,36	0,16	0,04	0,23

Tabela 44 - Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores das diretrizes básica para a qualidade dos sedimentos (SQGs), em especial a TEC- Treshold Effect Contamination. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.

Elementos	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
TEC ppm		9,8	1	36	32	43,4	20000	460	0,18	23	120
1BI		0,268	0,009	0,012	0,109	0,061	0,429	1,804	0,145	0,103	0,129
2BI		0,087	0,006	0,008	0,073	0,094	0,268	0,962	0,098	0,121	0,145
3BI		0,011	0,005	0,007	0,026	0,021	0,085	0,332	0,088	0,023	0,035
4BI		0,011	0,005	0,149	0,039	0,076	0,173	0,446	0,089	0,106	0,142
5BI		0,019	0,009	0,064	0,204	0,122	0,444	1,856	0,152	0,466	0,267
6BI		0,011	0,053	0,007	0,045	0,006	0,208	0,086	0,088	0,080	0,073
7BI		0,016	0,008	0,054	0,106	0,045	0,214	1,308	0,130	0,296	0,142
8BI		0,277	0,007	0,010	0,101	0,073	0,192	0,313	0,117	0,108	0,374
1BJ		0,007	0,007	0,046	0,051	0,038	0,363	0,573	0,109	0,142	0,074
2BJ		0,005	0,005	0,036	0,040	0,041	0,136	0,442	0,086	0,112	0,065
3BJ		0,006	0,006	0,041	0,047	0,034	0,168	0,691	0,099	0,129	0,048
4BJ		0,005	0,005	0,010	0,017	0,028	0,093	0,238	0,028	0,033	0,078
5BJ		0,006	0,006	0,039	0,043	0,032	0,057	0,365	0,093	0,121	0,034
6BJ		0,001	0,006	0,041	0,046	0,034	0,212	0,507	0,099	0,128	0,096
7BJ		0,006	0,006	0,042	0,047	0,035	0,074	0,259	0,101	0,131	0,034
8BJ		0,007	0,007	0,293	0,098	0,055	0,290	1,458	0,113	0,080	0,232
1BK		0,006	0,006	0,008	0,009	0,017	0,142	0,303	0,096	0,003	0,023
2BK		0,007	0,007	0,009	0,008	0,257	0,522	1,145	0,113	0,312	0,221
3BK		0,005	0,005	0,007	0,008	0,016	0,064	0,154	0,086	0,022	0,000
4BK		0,005	0,005	0,007	0,008	0,086	0,407	0,209	0,088	0,133	0,144
5BK		0,006	0,006	0,008	0,009	0,015	0,065	0,292	0,100	0,032	0,030
6BK		0,006	0,006	0,008	0,009	0,022	0,195	0,110	0,094	0,059	0,045
7BK		0,009	0,009	0,013	0,060	0,020	0,180	0,500	0,155	0,217	0,092
8BK		0,007	0,007	0,009	0,010	0,025	0,390	0,375	0,111	0,049	0,077
1BL		0,041	0,006	0,020	0,009	0,039	0,090	0,099	0,202	0,024	0,016
2BL		0,030	0,006	0,036	0,021	0,171	0,194	0,700	0,198	0,094	0,059
3BL		0,030	0,006	0,040	0,019	0,047	0,135	0,286	0,197	0,026	0,042
4BL		0,085	0,007	0,106	0,054	0,091	0,354	3,068	0,191	0,204	0,197
5BL		0,048	0,006	0,029	0,010	0,033	0,057	0,138	0,204	0,027	0,024
6BL		0,138	0,006	0,048	0,019	0,036	0,188	0,048	0,198	0,074	0,046
7BL		0,087	0,006	0,073	0,023	0,041	0,116	0,474	0,197	0,054	0,043
8BL		0,442	0,006	0,212	0,211	0,050	0,797	0,657	0,164	0,116	0,233

Tabela 45-Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores das diretrizes básica para a qualidade dos sedimentos (SQGs), em especial a LEL- Low Effect Level. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.

Elementos	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
LEL ppm		6	0,6	31	16	26	20000	460	0,2	16	120
1BI		0,438	0,015	0,014	0,219	0,102	0,429	1,804	0,131	0,148	0,129
2BI		0,142	0,010	0,009	0,146	0,157	0,268	0,962	0,089	0,174	0,145
3BI		0,018	0,009	0,009	0,052	0,035	0,085	0,332	0,080	0,033	0,035
4BI		0,018	0,009	0,174	0,079	0,127	0,173	0,446	0,080	0,152	0,142
5BI		0,031	0,015	0,074	0,408	0,203	0,444	1,856	0,137	0,669	0,267
6BI		0,018	0,088	0,008	0,090	0,010	0,208	0,086	0,079	0,114	0,073
7BI		0,026	0,013	0,063	0,212	0,075	0,214	1,308	0,117	0,425	0,142
8BI		0,452	0,012	0,011	0,203	0,122	0,192	0,313	0,106	0,155	0,374
1BJ		0,011	0,011	0,053	0,103	0,063	0,363	0,573	0,098	0,204	0,074
2BJ		0,009	0,009	0,041	0,080	0,068	0,136	0,442	0,077	0,161	0,065
3BJ		0,010	0,010	0,048	0,093	0,057	0,168	0,691	0,089	0,186	0,048
4BJ		0,008	0,008	0,012	0,034	0,047	0,093	0,238	0,025	0,047	0,078
5BJ		0,009	0,009	0,045	0,087	0,053	0,057	0,365	0,084	0,174	0,034
6BJ		0,001	0,010	0,047	0,092	0,057	0,212	0,507	0,089	0,184	0,096
7BJ		0,010	0,010	0,049	0,094	0,058	0,074	0,259	0,091	0,189	0,034
8BJ		0,011	0,011	0,340	0,197	0,092	0,290	1,458	0,102	0,114	0,232
1BK		0,010	0,010	0,009	0,018	0,028	0,142	0,303	0,087	0,004	0,023
2BK		0,011	0,011	0,011	0,016	0,430	0,522	1,145	0,102	0,449	0,221
3BK		0,009	0,009	0,008	0,016	0,026	0,064	0,154	0,077	0,032	0,000
4BK		0,009	0,009	0,009	0,017	0,144	0,407	0,209	0,080	0,191	0,144
5BK		0,010	0,010	0,010	0,019	0,025	0,065	0,292	0,090	0,045	0,030
6BK		0,009	0,009	0,009	0,018	0,037	0,195	0,110	0,085	0,085	0,045
7BK		0,015	0,015	0,016	0,120	0,033	0,180	0,500	0,140	0,311	0,092
8BK		0,011	0,011	0,011	0,021	0,041	0,390	0,375	0,100	0,070	0,077
1BL		0,067	0,009	0,023	0,018	0,065	0,090	0,099	0,182	0,035	0,016
2BL		0,050	0,010	0,042	0,042	0,286	0,194	0,700	0,179	0,135	0,059
3BL		0,049	0,010	0,046	0,037	0,079	0,135	0,286	0,178	0,037	0,042
4BL		0,139	0,011	0,123	0,109	0,152	0,354	3,068	0,172	0,294	0,197
5BL		0,078	0,009	0,034	0,020	0,056	0,057	0,138	0,184	0,038	0,024
6BL		0,225	0,010	0,055	0,039	0,060	0,188	0,048	0,178	0,107	0,046
7BL		0,142	0,010	0,085	0,045	0,068	0,116	0,474	0,178	0,078	0,043
8BL		0,722	0,009	0,246	0,423	0,083	0,797	0,657	0,148	0,166	0,233

Tabela 46 - Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores das diretrizes básica para a qualidade dos sedimentos (SQGs), em especial a ERL- Effect Range Low. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.

Elementos	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
ERL ppm		8,2	1,2	46,7	34	81			0,15	20,9	150
1BI		0,321	0,007	0,009	0,103	0,033			0,174	0,113	0,103
2BI		0,104	0,005	0,006	0,069	0,050			0,118	0,133	0,116
3BI		0,013	0,004	0,006	0,024	0,011			0,106	0,025	0,028
4BI		0,013	0,004	0,115	0,037	0,041			0,107	0,116	0,114
5BI		0,022	0,008	0,049	0,192	0,065			0,183	0,512	0,214
6BI		0,013	0,044	0,006	0,042	0,003			0,105	0,088	0,059
7BI		0,019	0,007	0,042	0,100	0,024			0,156	0,325	0,114
8BI		0,330	0,006	0,008	0,095	0,039			0,141	0,119	0,299
1BJ		0,008	0,005	0,035	0,048	0,020			0,131	0,156	0,059
2BJ		0,006	0,004	0,027	0,038	0,022			0,103	0,123	0,052
3BJ		0,007	0,005	0,032	0,044	0,018			0,119	0,142	0,038
4BJ		0,006	0,004	0,008	0,016	0,015			0,033	0,036	0,062
5BJ		0,007	0,005	0,030	0,041	0,017			0,111	0,133	0,027
6BJ		0,001	0,005	0,031	0,043	0,018			0,118	0,141	0,077
7BJ		0,007	0,005	0,032	0,044	0,019			0,121	0,144	0,027
8BJ		0,008	0,006	0,226	0,093	0,030			0,135	0,088	0,186
1BK		0,007	0,005	0,006	0,008	0,009			0,115	0,003	0,018
2BK		0,008	0,006	0,007	0,008	0,138			0,136	0,344	0,177
3BK		0,006	0,004	0,006	0,008	0,008			0,103	0,025	0,000
4BK		0,006	0,004	0,006	0,008	0,046			0,106	0,146	0,115
5BK		0,007	0,005	0,006	0,009	0,008			0,120	0,035	0,024
6BK		0,007	0,005	0,006	0,008	0,012			0,113	0,065	0,036
7BK		0,011	0,008	0,010	0,056	0,011			0,186	0,238	0,073
8BK		0,008	0,006	0,007	0,010	0,013			0,133	0,054	0,061
1BL		0,049	0,005	0,015	0,008	0,021			0,242	0,027	0,013
2BL		0,036	0,005	0,028	0,020	0,092			0,238	0,103	0,047
3BL		0,036	0,005	0,031	0,018	0,025			0,237	0,028	0,034
4BL		0,102	0,006	0,081	0,051	0,049			0,229	0,225	0,157
5BL		0,057	0,005	0,023	0,009	0,018			0,245	0,029	0,019
6BL		0,165	0,005	0,037	0,018	0,019			0,237	0,082	0,037
7BL		0,104	0,005	0,056	0,021	0,022			0,237	0,060	0,034
8BL		0,528	0,005	0,164	0,199	0,027			0,197	0,127	0,186

Tabela 47 - Índice de fator de contaminação calculado para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando como referência os valores das diretrizes básica para a qualidade dos sedimentos (SQGs), em especial a TEL- Treshold Effects Levels. Hachurado verde significa razões compatíveis com áreas não contaminadas, hachurado laranja significa alerta uma vez que a razão se aproxima de 1, apontando uma tendência a ultrapassar o nível de base escolhido. Hachurado de vermelho significa que a concentração medida ultrapassou o valor de referência ou nível de base escolhido.

Elementos	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
TEL ppm		5,9	0,6	35	35,7	37,3			0,17	18	123
1BI		0,446	0,015	0,012	0,098	0,071			0,154	0,131	0,126
2BI		0,145	0,010	0,008	0,065	0,110			0,104	0,154	0,141
3BI		0,018	0,009	0,008	0,023	0,025			0,094	0,029	0,035
4BI		0,018	0,009	0,154	0,035	0,088			0,094	0,135	0,139
5BI		0,031	0,015	0,065	0,183	0,142			0,161	0,595	0,261
6BI		0,018	0,088	0,008	0,040	0,007			0,093	0,102	0,071
7BI		0,026	0,013	0,056	0,095	0,052			0,138	0,378	0,139
8BI		0,459	0,012	0,010	0,091	0,085			0,124	0,138	0,365
1BJ		0,011	0,011	0,047	0,046	0,044			0,115	0,182	0,072
2BJ		0,009	0,009	0,037	0,036	0,047			0,091	0,143	0,063
3BJ		0,010	0,010	0,043	0,042	0,040			0,105	0,165	0,047
4BJ		0,008	0,008	0,011	0,015	0,032			0,029	0,042	0,076
5BJ		0,009	0,009	0,040	0,039	0,037			0,098	0,154	0,033
6BJ		0,001	0,010	0,042	0,041	0,039			0,105	0,164	0,093
7BJ		0,010	0,010	0,043	0,042	0,040			0,106	0,168	0,033
8BJ		0,011	0,011	0,301	0,088	0,064			0,119	0,102	0,227
1BK		0,010	0,010	0,008	0,008	0,019			0,102	0,003	0,022
2BK		0,012	0,011	0,010	0,007	0,299			0,120	0,399	0,216
3BK		0,009	0,009	0,007	0,007	0,018			0,091	0,029	0,000
4BK		0,009	0,009	0,008	0,007	0,101			0,094	0,169	0,140
5BK		0,010	0,010	0,009	0,008	0,018			0,106	0,040	0,029
6BK		0,010	0,009	0,008	0,008	0,026			0,100	0,076	0,044
7BK		0,016	0,015	0,014	0,054	0,023			0,164	0,277	0,090
8BK		0,011	0,011	0,009	0,009	0,029			0,117	0,062	0,075
1BL		0,068	0,009	0,020	0,008	0,046			0,214	0,031	0,016
2BL		0,051	0,010	0,037	0,019	0,199			0,210	0,120	0,057
3BL		0,050	0,010	0,041	0,017	0,055			0,209	0,033	0,041
4BL		0,142	0,011	0,109	0,049	0,106			0,202	0,261	0,192
5BL		0,079	0,009	0,030	0,009	0,039			0,216	0,034	0,023
6BL		0,229	0,010	0,049	0,017	0,042			0,209	0,095	0,045
7BL		0,144	0,010	0,075	0,020	0,047			0,209	0,069	0,042
8BL		0,734	0,009	0,218	0,189	0,058			0,174	0,148	0,227

Índice Fator de Enriquecimento (EF)

O (EF) Fator de Enriquecimento, é uma ferramenta utilizada para avaliar o grau de contaminação por metais em sedimentos e águas, fornecendo uma medida relativa da concentração de um metal em comparação com um elemento de referência, que geralmente é o alumínio ou o ferro. Elementos que estão presentes de maneira constante em sedimentos e que, portanto, serve como base para a normalização dos dados.

Essa relação é expressa através de um cálculo que compara a concentração de um metal específico com a concentração do elemento de referência em uma amostra ambiental.

A premissa por trás do uso do EF é que o alumínio ou o ferro, por serem elementos com distribuição mais frequente e uniforme em ambientes naturais, podem servir como indicadores das concentrações naturais de substâncias, permitindo, assim, identificar a presença e a intensidade de contaminação antropogênica por metais. O EF se torna relevante em estudos ambientais, pois ajuda a distinguir fontes naturais de fontes de contaminação/poluição, contribuindo para uma avaliação mais precisa do impacto ambiental de atividades humanas.

A fórmula básica para o cálculo do EF é dada por:

$$EF = \frac{(C_n/C_M)_{\text{amostra}}}{(C_n/C_M)_{background}}$$

Sendo ((Cn /CM) amostra): é a razão entre a concentração encontrada do metal alvo e a concentração do elemento normalizados Fe ou AL na amostra, e

((Cn / CM) background): é a razão entre os níveis de base, escolhidos, para o metal foco e o seu nível de base)

Valores de EF superiores a 1 indicam uma concentração maior do metal de interesse em comparação com o seu nível natural, sugerindo contaminação, enquanto valores menores ou iguais a 1 indicam que a concentração do metal está dentro dos níveis naturais, sem evidências de poluição significativa. Esse cálculo permite não apenas quantificar o grau de contaminação, mas também entender a origem dos contaminantes, seja ela natural ou resultante de atividades humanas.

As implicações do EF para a saúde pública e gestão ambiental são amplas.

O EF oferece uma maneira eficiente de identificar áreas de risco potencial associado à contaminação/poluição por metais, que são conhecidos por seus efeitos adversos à saúde humana, como intoxicação, doenças neurológicas e problemas respiratórios, além de seus impactos no ecossistema aquático.

A partir da avaliação do EF, pode-se se for o caso, direcionar esforços de monitoramento e remediação em locais mais afetados, ajudando a priorizar intervenções e a otimizar o uso de recursos.

Para a saúde pública, um EF elevado pode ser um indicativo de riscos aumentados de exposição a contaminantes, exigindo ações preventivas, como a limitação do consumo de produtos do ecossistema local ou a melhoria na qualidade da água e dos sedimentos.

No contexto da gestão ambiental, o EF contribui para o planejamento de políticas de controle da contaminação/poluição, fornecendo dados que suportam decisões mais informadas sobre a regulamentação de atividades industriais, controle de emissões e restauração de ambientes degradados.

Na Tabela 48, estão as classes numéricas referenciadas as classes nominais. Já nas Tabela 49 até Tabela 56, estão os resultados do índice de enriquecimento, utilizando os níveis de base escolhidos para o estudo.

Tabela 48 - Classes nominais do fator de enriquecimento.

Valor de EF	Classe Nominal	Cores
EF < 2	Minimo enriquecimento	
EF entre 2 e 5	Moderado enriquecimento	
EF entre 5 e 20	Signficativo enriquecimento	
EF entre 20 e 40	Muito alto enriquecimento	
EF > 40	Extremo enriquecimento	

Tabela 49 - Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o alumínio como elemento normalizador, e a crosta terrestre como referencial. As classes obedecem a **Tabela 48** com as classes nominais.

Crosta-Aluminio	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF
Metais Totais	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
1BI	1,00	65,07	2,94	1,15	2,60	0,98	7,76	32,42	19,37	1,09	7,68
2BI	1,00	19,92	1,88	0,74	1,63	1,43	4,59	16,32	12,40	1,22	8,13
3BI	1,00	10,39	7,19	2,78	2,43	1,36	6,12	23,64	46,77	0,97	8,34
4BI	1,00	8,60	5,86	46,35	3,04	3,97	10,16	26,04	38,60	3,66	27,42
5BI	1,00	2,29	1,56	3,07	2,45	0,99	4,07	16,89	10,30	2,52	8,04
6BI	1,00	6,84	46,79	1,83	2,81	0,26	9,89	4,06	30,86	2,23	11,43
7BI	1,00	3,92	2,68	5,26	2,56	0,74	3,94	23,89	17,66	3,21	8,58
8BI	1,00	74,84	2,65	1,04	2,68	1,32	3,88	6,27	17,48	1,28	24,81
1BJ	1,00	2,33	3,18	6,26	1,75	0,88	9,46	14,81	20,94	2,18	6,28
2BJ	1,00	2,09	2,84	5,56	1,56	1,08	4,03	13,03	18,74	1,95	6,30
3BJ	1,00	3,84	5,24	10,31	2,89	1,44	7,93	32,41	34,49	3,60	7,40
4BJ	1,00	7,39	10,08	5,94	2,44	2,68	10,08	25,53	22,18	2,08	27,65
5BJ	1,00	7,28	9,93	19,51	5,46	2,73	5,48	34,71	65,64	6,83	10,66
6BJ	1,00	0,33	4,47	8,77	2,46	1,23	8,64	20,50	29,69	3,08	12,80
7BJ	1,00	7,28	9,92	19,49	5,46	2,73	6,54	22,64	65,43	6,82	9,69
8BJ	1,00	2,14	2,92	35,78	2,99	1,14	6,72	33,54	19,30	1,09	17,66
1BK	1,00	6,44	8,78	3,46	0,97	1,20	11,64	24,67	58,12	0,12	6,16
2BK	1,00	0,62	0,85	0,33	0,07	1,53	3,49	7,60	5,59	1,23	4,86
3BK	1,00	8,24	11,23	4,42	1,24	1,65	7,49	17,96	74,20	1,54	0,16
4BK	1,00	2,93	4,00	1,57	0,44	3,11	16,44	8,37	26,35	3,16	19,05
5BK	1,00	9,39	12,80	5,04	1,41	1,54	7,44	33,09	84,37	2,13	11,22
6BK	1,00	6,71	9,15	3,59	1,01	1,72	16,92	9,47	60,44	3,02	12,87
7BK	1,00	5,01	6,84	2,80	3,11	0,69	7,12	19,60	45,17	5,04	11,88
8BK	1,00	4,26	5,98	2,28	0,64	1,03	18,28	17,47	38,29	1,35	11,83
1BL	1,00	79,32	15,02	15,00	1,66	5,01	12,86	14,08	213,82	2,07	7,62
2BL	1,00	3,88	1,06	1,83	0,26	1,45	1,85	6,62	13,95	0,53	1,83
3BL	1,00	19,11	5,21	9,96	1,16	2,00	6,36	13,40	68,77	0,72	6,53
4BL	1,00	34,27	3,71	16,71	2,14	2,43	10,65	91,47	42,24	3,62	19,37
5BL	1,00	87,14	14,39	21,10	1,76	4,04	7,72	18,66	205,13	2,14	10,67
6BL	1,00	108,08	6,48	14,67	1,50	1,89	10,99	2,77	85,51	2,57	8,89
7BL	1,00	46,28	4,38	15,27	1,19	1,44	4,61	18,74	57,92	1,27	5,60
8BL	1,00	130,85	2,27	24,74	6,13	0,98	17,63	14,43	26,84	1,51	16,88

Tabela 50- Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o ferro como elemento normalizador, e a crosta terrestre como referencial. As classes obedecem a **Tabela 48** com as classes nominais.

Crosta-Ferro	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF
Metais Totais	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
1BI	0,13	8,39	0,38	0,15	0,33	0,13	1,00	4,18	2,50	0,14	0,99
2BI	0,22	4,34	0,41	0,16	0,36	0,31	1,00	3,56	2,70	0,27	1,77
3BI	0,16	1,70	1,18	0,45	0,40	0,22	1,00	3,86	7,64	0,16	1,36
4BI	0,10	0,85	0,58	4,56	0,30	0,39	1,00	2,56	3,80	0,36	2,70
5BI	0,25	0,56	0,38	0,76	0,60	0,24	1,00	4,15	2,53	0,62	1,97
6BI	0,10	0,69	4,73	0,19	0,28	0,03	1,00	0,41	3,12	0,23	1,16
7BI	0,25	1,00	0,68	1,33	0,65	0,19	1,00	6,07	4,48	0,81	2,18
8BI	0,26	19,28	0,68	0,27	0,69	0,34	1,00	1,62	4,50	0,33	6,39
1BJ	0,11	0,25	0,34	0,66	0,19	0,09	1,00	1,57	2,21	0,23	0,66
2BJ	0,25	0,52	0,71	1,38	0,39	0,27	1,00	3,23	4,65	0,48	1,56
3BJ	0,13	0,48	0,66	1,30	0,36	0,18	1,00	4,08	4,35	0,45	0,93
4BJ	0,10	0,73	1,00	0,59	0,24	0,27	1,00	2,53	2,20	0,21	2,74
5BJ	0,18	1,33	1,81	3,56	1,00	0,50	1,00	6,33	11,98	1,25	1,95
6BJ	0,12	0,04	0,52	1,01	0,28	0,14	1,00	2,37	3,44	0,36	1,48
7BJ	0,15	1,11	1,52	2,98	0,83	0,42	1,00	3,46	10,01	1,04	1,48
8BJ	0,15	0,32	0,43	5,33	0,45	0,17	1,00	4,99	2,87	0,16	2,63
1BK	0,09	0,55	0,75	0,30	0,08	0,10	1,00	2,12	4,99	0,01	0,53
2BK	0,29	0,18	0,24	0,10	0,02	0,44	1,00	2,18	1,60	0,35	1,39
3BK	0,13	1,10	1,50	0,59	0,17	0,22	1,00	2,40	9,90	0,21	0,02
4BK	0,06	0,18	0,24	0,10	0,03	0,19	1,00	0,51	1,60	0,19	1,16
5BK	0,13	1,26	1,72	0,68	0,19	0,21	1,00	4,45	11,35	0,29	1,51
6BK	0,06	0,40	0,54	0,21	0,06	0,10	1,00	0,56	3,57	0,18	0,76
7BK	0,14	0,70	0,96	0,39	0,44	0,10	1,00	2,75	6,35	0,71	1,67
8BK	0,05	0,23	0,33	0,12	0,03	0,06	1,00	0,96	2,09	0,07	0,65
1BL	0,08	6,17	1,17	1,17	0,13	0,39	1,00	1,09	16,62	0,16	0,59
2BL	0,54	2,10	0,57	0,99	0,14	0,79	1,00	3,59	7,55	0,29	0,99
3BL	0,16	3,00	0,82	1,57	0,18	0,31	1,00	2,11	10,81	0,11	1,03
4BL	0,09	3,22	0,35	1,57	0,20	0,23	1,00	8,59	3,97	0,34	1,82
5BL	0,13	11,28	1,86	2,73	0,23	0,52	1,00	2,42	26,56	0,28	1,38
6BL	0,09	9,83	0,59	1,33	0,14	0,17	1,00	0,25	7,78	0,23	0,81
7BL	0,22	10,04	0,95	3,31	0,26	0,31	1,00	4,06	12,56	0,28	1,21
8BL	0,06	7,42	0,13	1,40	0,35	0,06	1,00	0,82	1,52	0,09	0,96

Tabela 51 - Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o alumínio como elemento normalizador, e os sedimentos pré-industriais como referencial. As classes obedecem a **Tabela 48** com as classes nominais.

Sed Pre-Ind-Aluminio	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF
Metais Totais	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
1BI	1,00	11,13	1,67	0,75	3,46	1,19	6,81	35,12	4,48	1,48	5,32
2BI	1,00	3,41	1,07	0,48	2,17	1,75	4,03	17,68	2,87	1,64	5,63
3BI	1,00	1,78	4,09	1,80	3,23	1,65	5,38	25,61	10,81	1,32	5,78
4BI	1,00	1,47	3,33	29,99	4,04	4,84	8,92	28,21	8,92	4,95	19,01
5BI	1,00	0,39	0,89	1,99	3,27	1,21	3,57	18,30	2,38	3,40	5,57
6BI	1,00	1,17	26,58	1,19	3,74	0,31	8,68	4,40	7,13	3,02	7,93
7BI	1,00	0,67	1,52	3,40	3,40	0,90	3,46	25,88	4,08	4,33	5,95
8BI	1,00	12,80	1,51	0,67	3,57	1,61	3,41	6,80	4,04	1,73	17,20
1BJ	1,00	0,40	1,81	4,05	2,33	1,07	8,31	16,05	4,84	2,95	4,36
2BJ	1,00	0,36	1,62	3,60	2,07	1,31	3,54	14,12	4,33	2,64	4,37
3BJ	1,00	0,66	2,98	6,67	3,84	1,76	6,97	35,11	7,97	4,86	5,13
4BJ	1,00	1,26	5,73	3,84	3,25	3,27	8,85	27,65	5,12	2,81	19,17
5BJ	1,00	1,25	5,64	12,62	7,27	3,33	4,81	37,60	15,17	9,23	7,39
6BJ	1,00	0,06	2,54	5,67	3,27	1,50	7,59	22,20	6,86	4,16	8,87
7BJ	1,00	1,24	5,64	12,61	7,26	3,33	5,74	24,52	15,12	9,22	6,72
8BJ	1,00	0,37	1,66	23,15	3,98	1,39	5,90	36,34	4,46	1,47	12,24
1BK	1,00	1,10	4,99	2,24	1,29	1,47	10,22	26,72	13,43	0,16	4,27
2BK	1,00	0,11	0,48	0,22	0,10	1,87	3,07	8,24	1,29	1,66	3,37
3BK	1,00	1,41	6,38	2,86	1,65	2,02	6,58	19,46	17,14	2,09	0,11
4BK	1,00	0,50	2,27	1,01	0,58	3,79	14,43	9,06	6,09	4,27	13,21
5BK	1,00	1,61	7,28	3,26	1,88	1,88	6,53	35,84	19,50	2,88	7,78
6BK	1,00	1,15	5,20	2,32	1,34	2,10	14,85	10,25	13,96	4,08	8,92
7BK	1,00	0,86	3,88	1,81	4,14	0,84	6,25	21,24	10,44	6,81	8,24
8BK	1,00	0,73	3,40	1,48	0,85	1,26	16,05	18,93	8,85	1,82	8,20
1BL	1,00	13,57	8,53	9,70	2,20	6,11	11,29	15,25	49,41	2,79	5,28
2BL	1,00	0,66	0,60	1,18	0,35	1,77	1,62	7,18	3,22	0,71	1,27
3BL	1,00	3,27	2,96	6,45	1,54	2,43	5,59	14,52	15,89	0,97	4,53
4BL	1,00	5,86	2,11	10,81	2,85	2,97	9,35	99,09	9,76	4,89	13,42
5BL	1,00	14,91	8,18	13,65	2,34	4,93	6,78	20,22	47,40	2,88	7,39
6BL	1,00	18,49	3,68	9,49	1,99	2,30	9,65	3,00	19,76	3,47	6,16
7BL	1,00	7,92	2,49	9,88	1,58	1,75	4,05	20,30	13,38	1,72	3,88
8BL	1,00	22,38	1,29	16,00	8,15	1,19	15,48	15,63	6,20	2,04	11,70

Tabela 52 - Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o ferro como elemento normalizador, e os sedimentos pré-industriais como referencial. As classes obedecem a **Tabela 48** com as classes nominais.

Sed Pre-Ind-Ferro	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF
Metais Totais	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
1BI	0,15	1,63	0,24	0,11	0,51	0,18	1,00	5,16	0,66	0,22	0,78
2BI	0,25	0,85	0,26	0,12	0,54	0,43	1,00	4,39	0,71	0,41	1,40
3BI	0,19	0,33	0,76	0,34	0,60	0,31	1,00	4,76	2,01	0,24	1,07
4BI	0,11	0,16	0,37	3,36	0,45	0,54	1,00	3,16	1,00	0,55	2,13
5BI	0,28	0,11	0,25	0,56	0,91	0,34	1,00	5,12	0,67	0,95	1,56
6BI	0,12	0,13	3,06	0,14	0,43	0,04	1,00	0,51	0,82	0,35	0,91
7BI	0,29	0,19	0,44	0,98	0,98	0,26	1,00	7,49	1,18	1,25	1,72
8BI	0,29	3,76	0,44	0,20	1,05	0,47	1,00	1,99	1,19	0,51	5,05
1BJ	0,12	0,05	0,22	0,49	0,28	0,13	1,00	1,93	0,58	0,36	0,52
2BJ	0,28	0,10	0,46	1,02	0,59	0,37	1,00	3,99	1,22	0,75	1,23
3BJ	0,14	0,09	0,43	0,96	0,55	0,25	1,00	5,04	1,14	0,70	0,74
4BJ	0,11	0,14	0,65	0,43	0,37	0,37	1,00	3,12	0,58	0,32	2,17
5BJ	0,21	0,26	1,17	2,62	1,51	0,69	1,00	7,82	3,15	1,92	1,54
6BJ	0,13	0,01	0,33	0,75	0,43	0,20	1,00	2,93	0,90	0,55	1,17
7BJ	0,17	0,22	0,98	2,20	1,26	0,58	1,00	4,27	2,63	1,61	1,17
8BJ	0,17	0,06	0,28	3,93	0,68	0,24	1,00	6,16	0,76	0,25	2,08
1BK	0,10	0,11	0,49	0,22	0,13	0,14	1,00	2,61	1,31	0,02	0,42
2BK	0,33	0,03	0,16	0,07	0,03	0,61	1,00	2,69	0,42	0,54	1,10
3BK	0,15	0,21	0,97	0,43	0,25	0,31	1,00	2,96	2,61	0,32	0,02
4BK	0,07	0,03	0,16	0,07	0,04	0,26	1,00	0,63	0,42	0,30	0,91
5BK	0,15	0,25	1,11	0,50	0,29	0,29	1,00	5,49	2,99	0,44	1,19
6BK	0,07	0,08	0,35	0,16	0,09	0,14	1,00	0,69	0,94	0,27	0,60
7BK	0,16	0,14	0,62	0,29	0,66	0,13	1,00	3,40	1,67	1,09	1,32
8BK	0,06	0,05	0,21	0,09	0,05	0,08	1,00	1,18	0,55	0,11	0,51
1BL	0,09	1,20	0,76	0,86	0,19	0,54	1,00	1,35	4,37	0,25	0,47
2BL	0,62	0,41	0,37	0,73	0,21	1,09	1,00	4,42	1,99	0,44	0,78
3BL	0,18	0,59	0,53	1,15	0,28	0,44	1,00	2,60	2,84	0,17	0,81
4BL	0,11	0,63	0,23	1,16	0,30	0,32	1,00	10,60	1,04	0,52	1,44
5BL	0,15	2,20	1,21	2,01	0,35	0,73	1,00	2,98	6,99	0,43	1,09
6BL	0,10	1,92	0,38	0,98	0,21	0,24	1,00	0,31	2,05	0,36	0,64
7BL	0,25	1,96	0,61	2,44	0,39	0,43	1,00	5,01	3,31	0,43	0,96
8BL	0,06	1,45	0,08	1,03	0,53	0,08	1,00	1,01	0,40	0,13	0,76

Tabela 53 - Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o alumínio como elemento normalizador, e o clarke geoquímico como referencial. As classes obedecem a **Tabela 48** com as classes nominais.

Clarke-Alumínio	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF
Metais Totais	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
1BI	1	55,29	2,06	1,27	1,95	0,82	5,23	29,62	12,34	0,90	7,73
2BI	1	16,93	1,31	0,81	1,22	1,20	3,09	14,91	7,90	1,00	8,18
3BI	1	8,83	5,04	3,06	1,82	1,13	4,13	21,60	29,80	0,80	8,39
4BI	1	7,31	4,10	50,89	2,28	3,32	6,85	23,79	24,59	3,02	27,59
5BI	1	1,95	1,10	3,38	1,84	0,83	2,74	15,43	6,56	2,07	8,08
6BI	1	5,81	32,80	2,01	2,11	0,21	6,67	3,71	19,67	1,84	11,50
7BI	1	3,33	1,88	5,77	1,92	0,61	2,66	21,83	11,25	2,64	8,63
8BI	1	63,58	1,86	1,14	2,01	1,10	2,62	5,73	11,14	1,06	24,96
1BJ	1	1,98	2,23	6,87	1,31	0,73	6,38	13,54	13,35	1,80	6,32
2BJ	1	1,77	1,99	6,11	1,17	0,90	2,72	11,91	11,94	1,61	6,34
3BJ	1	3,27	3,67	11,32	2,16	1,21	5,35	29,61	21,98	2,96	7,45
4BJ	1	6,28	7,07	6,52	1,83	2,24	6,80	23,32	14,13	1,71	27,82
5BJ	1	6,19	6,96	21,42	4,10	2,28	3,69	31,71	41,82	5,63	10,73
6BJ	1	0,28	3,14	9,63	1,84	1,03	5,83	18,73	18,92	2,54	12,88
7BJ	1	6,18	6,96	21,40	4,09	2,28	4,41	20,68	41,69	5,62	9,75
8BJ	1	1,82	2,05	39,28	2,24	0,95	4,53	30,65	12,29	0,90	17,77
1BK	1	5,47	6,15	3,79	0,73	1,01	7,85	22,54	37,03	0,10	6,20
2BK	1	0,53	0,59	0,37	0,05	1,28	2,35	6,95	3,56	1,01	4,88
3BK	1	7,00	7,87	4,86	0,93	1,38	5,05	16,41	47,28	1,27	0,17
4BK	1	2,49	2,80	1,72	0,33	2,60	11,08	7,64	16,79	2,60	19,17
5BK	1	7,98	8,98	5,53	1,06	1,29	5,01	30,23	53,76	1,75	11,29
6BK	1	5,70	6,41	3,95	0,75	1,44	11,41	8,65	38,51	2,49	12,95
7BK	1	4,26	4,79	3,08	2,33	0,58	4,80	17,91	28,78	4,15	11,96
8BK	1	3,62	4,19	2,50	0,48	0,86	12,33	15,97	24,40	1,11	11,90
1BL	1	67,39	10,53	16,47	1,24	4,18	8,67	12,86	136,25	1,70	7,66
2BL	1	3,30	0,74	2,01	0,20	1,21	1,25	6,05	8,89	0,43	1,84
3BL	1	16,24	3,65	10,94	0,87	1,67	4,29	12,24	43,82	0,59	6,57
4BL	1	29,12	2,60	18,35	1,61	2,03	7,18	83,58	26,91	2,98	19,48
5BL	1	74,03	10,09	23,17	1,32	3,38	5,21	17,05	130,70	1,76	10,73
6BL	1	91,83	4,55	16,10	1,12	1,58	7,41	2,53	54,48	2,11	8,94
7BL	1	39,32	3,07	16,76	0,89	1,20	3,11	17,12	36,91	1,05	5,64
8BL	1	111,17	1,59	27,16	4,59	0,82	11,89	13,18	17,10	1,24	16,98

Tabela 54 - Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o ferro como elemento normalizador, e o clarke geoquímico como referencial. As classes obedecem a **Tabela 48** com as classes nominais.

Clarke-Ferro	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF
Metais Totais	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
1BI	0,19	10,57	0,39	0,24	0,37	0,16	1,00	5,66	2,36	0,17	1,48
2BI	0,32	5,47	0,43	0,26	0,40	0,39	1,00	4,82	2,56	0,32	2,64
3BI	0,24	2,14	1,22	0,74	0,44	0,27	1,00	5,23	7,22	0,19	2,03
4BI	0,15	1,07	0,60	7,43	0,33	0,48	1,00	3,47	3,59	0,44	4,03
5BI	0,36	0,71	0,40	1,23	0,67	0,30	1,00	5,62	2,39	0,76	2,95
6BI	0,15	0,87	4,92	0,30	0,32	0,03	1,00	0,56	2,95	0,28	1,73
7BI	0,38	1,26	0,71	2,17	0,72	0,23	1,00	8,22	4,24	1,00	3,25
8BI	0,38	24,30	0,71	0,44	0,77	0,42	1,00	2,19	4,26	0,40	9,54
1BJ	0,16	0,31	0,35	1,08	0,21	0,11	1,00	2,12	2,09	0,28	0,99
2BJ	0,37	0,65	0,73	2,25	0,43	0,33	1,00	4,38	4,39	0,59	2,33
3BJ	0,19	0,61	0,69	2,12	0,40	0,23	1,00	5,54	4,11	0,55	1,39
4BJ	0,15	0,92	1,04	0,96	0,27	0,33	1,00	3,43	2,08	0,25	4,09
5BJ	0,27	1,68	1,88	5,80	1,11	0,62	1,00	8,59	11,32	1,52	2,90
6BJ	0,17	0,05	0,54	1,65	0,32	0,18	1,00	3,21	3,25	0,44	2,21
7BJ	0,23	1,40	1,58	4,86	0,93	0,52	1,00	4,69	9,46	1,28	2,21
8BJ	0,22	0,40	0,45	8,67	0,50	0,21	1,00	6,77	2,71	0,20	3,92
1BK	0,13	0,70	0,78	0,48	0,09	0,13	1,00	2,87	4,72	0,01	0,79
2BK	0,42	0,22	0,25	0,16	0,02	0,54	1,00	2,95	1,51	0,43	2,07
3BK	0,20	1,39	1,56	0,96	0,18	0,27	1,00	3,25	9,36	0,25	0,03
4BK	0,09	0,22	0,25	0,16	0,03	0,23	1,00	0,69	1,52	0,23	1,73
5BK	0,20	1,59	1,79	1,10	0,21	0,26	1,00	6,03	10,72	0,35	2,25
6BK	0,09	0,50	0,56	0,35	0,07	0,13	1,00	0,76	3,38	0,22	1,14
7BK	0,21	0,89	1,00	0,64	0,49	0,12	1,00	3,73	6,00	0,87	2,49
8BK	0,08	0,29	0,34	0,20	0,04	0,07	1,00	1,30	1,98	0,09	0,97
1BL	0,12	7,77	1,21	1,90	0,14	0,48	1,00	1,48	15,71	0,20	0,88
2BL	0,80	2,65	0,59	1,61	0,16	0,98	1,00	4,86	7,14	0,35	1,48
3BL	0,23	3,78	0,85	2,55	0,20	0,39	1,00	2,85	10,21	0,14	1,53
4BL	0,14	4,06	0,36	2,56	0,22	0,28	1,00	11,64	3,75	0,42	2,71
5BL	0,19	14,22	1,94	4,45	0,25	0,65	1,00	3,28	25,11	0,34	2,06
6BL	0,13	12,39	0,61	2,17	0,15	0,21	1,00	0,34	7,35	0,29	1,21
7BL	0,32	12,65	0,99	5,39	0,29	0,39	1,00	5,51	11,87	0,34	1,81
8BL	0,08	9,35	0,13	2,29	0,39	0,07	1,00	1,11	1,44	0,10	1,43

Tabela 55 - Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o alumínio como elemento normalizador, e o folhelho médio como referencial. As classes obedecem a Tabela 48 com as classes nominais.

Folhelho-Alumínio	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF
Elementos	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
1BI	1,00	8,06	1,58	0,75	3,57	1,17	7,11	38,88	5,78	1,38	5,15
2BI	1,00	2,47	1,01	0,48	2,25	1,71	4,20	19,57	3,70	1,54	5,45
3BI	1,00	1,29	3,86	1,82	3,34	1,62	5,61	28,35	13,94	1,23	5,59
4BI	1,00	1,07	3,14	30,28	4,18	4,73	9,32	31,23	11,51	4,63	18,39
5BI	1,00	0,28	0,84	2,01	3,38	1,19	3,73	20,26	3,07	3,18	5,39
6BI	1,00	0,85	25,11	1,20	3,87	0,31	9,07	4,87	9,20	2,82	7,67
7BI	1,00	0,49	1,44	3,43	3,52	0,88	3,61	28,66	5,26	4,05	5,75
8BI	1,00	9,27	1,42	0,68	3,69	1,57	3,56	7,53	5,21	1,62	16,64
1BJ	1,00	0,29	1,71	4,09	2,41	1,04	8,67	17,77	6,24	2,76	4,21
2BJ	1,00	0,26	1,53	3,63	2,14	1,28	3,70	15,63	5,59	2,47	4,23
3BJ	1,00	0,48	2,81	6,74	3,97	1,72	7,27	38,87	10,28	4,54	4,97
4BJ	1,00	0,92	5,41	3,88	3,36	3,20	9,24	30,62	6,61	2,62	18,54
5BJ	1,00	0,90	5,33	12,75	7,52	3,26	5,02	41,63	19,57	8,62	7,15
6BJ	1,00	0,04	2,40	5,73	3,38	1,46	7,92	24,59	8,85	3,89	8,58
7BJ	1,00	0,90	5,32	12,73	7,51	3,25	5,99	27,15	19,50	8,61	6,50
8BJ	1,00	0,27	1,57	23,37	4,12	1,36	6,16	40,23	5,75	1,37	11,85
1BK	1,00	0,80	4,71	2,26	1,33	1,44	10,67	29,59	17,33	0,15	4,13
2BK	1,00	0,08	0,46	0,22	0,10	1,83	3,20	9,12	1,67	1,55	3,26
3BK	1,00	1,02	6,03	2,89	1,70	1,97	6,87	21,54	22,12	1,95	0,11
4BK	1,00	0,36	2,15	1,02	0,60	3,71	15,07	10,04	7,86	3,99	12,78
5BK	1,00	1,16	6,87	3,29	1,94	1,84	6,82	39,69	25,15	2,69	7,52
6BK	1,00	0,83	4,91	2,35	1,38	2,05	15,51	11,35	18,02	3,82	8,63
7BK	1,00	0,62	3,67	1,83	4,28	0,82	6,52	23,51	13,46	6,36	7,97
8BK	1,00	0,53	3,21	1,49	0,88	1,23	16,76	20,96	11,41	1,70	7,93
1BL	1,00	9,82	8,06	9,80	2,28	5,97	11,79	16,89	63,74	2,61	5,11
2BL	1,00	0,48	0,57	1,19	0,36	1,73	1,69	7,94	4,16	0,67	1,23
3BL	1,00	2,37	2,80	6,51	1,59	2,38	5,83	16,07	20,50	0,90	4,38
4BL	1,00	4,24	1,99	10,92	2,95	2,90	9,76	109,71	12,59	4,57	12,99
5BL	1,00	10,79	7,72	13,78	2,42	4,82	7,08	22,38	61,15	2,70	7,15
6BL	1,00	13,38	3,48	9,58	2,06	2,25	10,08	3,32	25,49	3,24	5,96
7BL	1,00	5,73	2,35	9,97	1,63	1,71	4,23	22,47	17,27	1,61	3,76
8BL	1,00	16,20	1,22	16,16	8,43	1,17	16,16	17,31	8,00	1,90	11,32

Tabela 56 - Fator de enriquecimento para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando o ferro como elemento normalizador, e o folhelho médio como referencial. As classes obedecem a Tabela 48 com as classes nominais.

Folhelho-Ferro	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF
Metais Totais	Al	As	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Hg	Ni	Zn
1BI	0,14	1,13	0,22	0,11	0,50	0,16	1,00	5,47	0,81	0,19	0,72
2BI	0,24	0,59	0,24	0,11	0,53	0,41	1,00	4,66	0,88	0,37	1,30
3BI	0,18	0,23	0,69	0,32	0,60	0,29	1,00	5,05	2,48	0,22	1,00
4BI	0,11	0,11	0,34	3,25	0,45	0,51	1,00	3,35	1,24	0,50	1,97
5BI	0,27	0,08	0,22	0,54	0,91	0,32	1,00	5,43	0,82	0,85	1,44
6BI	0,11	0,09	2,77	0,13	0,43	0,03	1,00	0,54	1,01	0,31	0,85
7BI	0,28	0,13	0,40	0,95	0,98	0,24	1,00	7,94	1,46	1,12	1,59
8BI	0,28	2,60	0,40	0,19	1,04	0,44	1,00	2,11	1,46	0,46	4,68
1BJ	0,12	0,03	0,20	0,47	0,28	0,12	1,00	2,05	0,72	0,32	0,49
2BJ	0,27	0,07	0,41	0,98	0,58	0,35	1,00	4,23	1,51	0,67	1,14
3BJ	0,14	0,07	0,39	0,93	0,55	0,24	1,00	5,34	1,41	0,62	0,68
4BJ	0,11	0,10	0,59	0,42	0,36	0,35	1,00	3,31	0,72	0,28	2,01
5BJ	0,20	0,18	1,06	2,54	1,50	0,65	1,00	8,29	3,90	1,72	1,42
6BJ	0,13	0,01	0,30	0,72	0,43	0,18	1,00	3,10	1,12	0,49	1,08
7BJ	0,17	0,15	0,89	2,12	1,25	0,54	1,00	4,53	3,25	1,44	1,08
8BJ	0,16	0,04	0,25	3,80	0,67	0,22	1,00	6,53	0,93	0,22	1,92
1BK	0,09	0,07	0,44	0,21	0,12	0,13	1,00	2,77	1,62	0,01	0,39
2BK	0,31	0,02	0,14	0,07	0,03	0,57	1,00	2,85	0,52	0,49	1,02
3BK	0,15	0,15	0,88	0,42	0,25	0,29	1,00	3,14	3,22	0,28	0,02
4BK	0,07	0,02	0,14	0,07	0,04	0,25	1,00	0,67	0,52	0,26	0,85
5BK	0,15	0,17	1,01	0,48	0,28	0,27	1,00	5,82	3,69	0,39	1,10
6BK	0,06	0,05	0,32	0,15	0,09	0,13	1,00	0,73	1,16	0,25	0,56
7BK	0,15	0,10	0,56	0,28	0,66	0,13	1,00	3,60	2,06	0,98	1,22
8BK	0,06	0,03	0,19	0,09	0,05	0,07	1,00	1,25	0,68	0,10	0,47
1BL	0,08	0,83	0,68	0,83	0,19	0,51	1,00	1,43	5,41	0,22	0,43
2BL	0,59	0,28	0,33	0,71	0,21	1,02	1,00	4,69	2,46	0,39	0,72
3BL	0,17	0,41	0,48	1,12	0,27	0,41	1,00	2,76	3,51	0,16	0,75
4BL	0,10	0,43	0,20	1,12	0,30	0,30	1,00	11,24	1,29	0,47	1,33
5BL	0,14	1,52	1,09	1,95	0,34	0,68	1,00	3,16	8,64	0,38	1,01
6BL	0,10	1,33	0,35	0,95	0,20	0,22	1,00	0,33	2,53	0,32	0,59
7BL	0,24	1,36	0,56	2,36	0,39	0,40	1,00	5,32	4,08	0,38	0,89
8BL	0,06	1,00	0,08	1,00	0,52	0,07	1,00	1,07	0,50	0,12	0,70

2.5.4. ÍNDICES INTEGRATIVOS

Indice de Carga de Poluição (PLI)

O índice de carga de poluição (ICP) é uma ferramenta analítica que quantifica o grau de poluição em um ecossistema aquático, avaliando a concentração de contaminantes em sedimentos e sua relação com a saúde do ambiente. Este índice é particularmente importante em áreas afetadas por atividades antropogênicas, como a industrialização e a urbanização, onde

o acúmulo de poluentes pode comprometer a qualidade da água e a saúde dos organismos aquáticos.

A aplicação do PLI revelou a dinâmica da contaminação/poluição por metais, proporcionando uma visão abrangente dos impactos da atividade humana na região.

O PLI não apenas ajuda na identificação de locais críticos para monitoramento, mas também serve como um indicador da eficácia de intervenções ambientais ao longo do tempo, transformando-se em um recurso valioso para a gestão ambiental e dos recursos hídricos.

O PLI é calculado somando as concentrações dos contaminantes/poluentes ponderadas por fatores que refletem sua toxicidade e potencial de impacto ambiental. Foram analisadas unidades amostrais em diferentes locais do arroio Candiota, o que permitiu uma avaliação das variações na carga de contaminação/poluição ao longo do curso do rio.

A fórmula básica para o cálculo do PLI é dada por:

$$PLI = (CF_1 \times CF_2 \times \ldots \times CF_n)^{1/n}$$

Essa análise não apenas revela a amplitude da contaminação, mas também ajuda a identificar as fontes dos poluentes, sejam elas industriais, agrícolas ou urbanas. A aplicação do PLI é essencial para guiar as políticas de gestão ambiental e para priorizar ações de remediação, se for o caso, nas áreas mais afetadas.

A interpretação do Índice de Carga de Poluição é bastante direta, com base no valor do PLI, que pode ser classificado da seguinte maneira:

PLI = 1: Indica uma condição de fundo, ou seja, não há poluição ou a poluição é mínima, representando um estado natural ou levemente alterado.

PLI > 1: Indica a presença de poluição. Quanto maior o valor do PLI, maior a intensidade da contaminação.

$1 < PLI \leq 2$: Baixo grau de contaminação. A poluição é detectável, mas seu impacto ecológico e ambiental ainda pode ser controlado.

$2 < PLI \leq 3$: Contaminação moderada. A poluição já é evidente e pode começar a causar danos ao ecossistema e à saúde humana, exigindo ações de mitigação.

PLI > 3: Contaminação alta. Indica um alto grau de poluição, com risco significativo para a biota aquática e a saúde humana, exigindo intervenções urgentes para controle e remediação.

Na Tabela 57 estão os resultados do cálculo do PLI para os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota.

Tabela 57 - Índice de carga de poluição (PLI), aplicado aos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, utilizando os referenciais da Tabela 29 e Tabela 30, os backgrounds dados pela geologia ortodoxa e os valores de referência dados pelas diretrizes básicas da qualidade dos sedimentos (SQGs), respectivamente.

Crosta	PLI (crosta)	PLI(sed pre-ind)	PLI (clarke)	PLI(folhelhos)	PLI (TEC)	PLI(LEL)	PLI(ERL)	PLI(TEL)
1BI	0,126	0,101	0,104	0,082	0,111	0,144	0,059	0,078
2BI	0,096	0,077	0,079	0,062	0,081	0,106	0,046	0,061
3BI	0,033	0,027	0,028	0,022	0,029	0,038	0,017	0,023
4BI	0,074	0,059	0,061	0,048	0,070	0,090	0,044	0,058
5BI	0,171	0,137	0,142	0,112	0,145	0,189	0,082	0,109
6BI	0,046	0,036	0,038	0,030	0,040	0,052	0,026	0,035
7BI	0,107	0,086	0,089	0,070	0,093	0,121	0,054	0,072
8BI	0,104	0,084	0,087	0,068	0,091	0,119	0,064	0,085
1BJ	0,072	0,058	0,060	0,047	0,063	0,081	0,034	0,045
2BJ	0,056	0,045	0,046	0,036	0,047	0,062	0,028	0,037
3BJ	0,059	0,047	0,049	0,038	0,053	0,069	0,030	0,039
4BJ	0,030	0,024	0,024	0,019	0,027	0,035	0,016	0,021
5BJ	0,044	0,035	0,036	0,029	0,041	0,053	0,027	0,036
6BJ	0,051	0,041	0,042	0,033	0,044	0,058	0,024	0,032
7BJ	0,046	0,037	0,038	0,030	0,043	0,056	0,029	0,038
8BJ	0,108	0,086	0,089	0,070	0,096	0,124	0,053	0,070
1BK	0,023	0,018	0,019	0,015	0,020	0,026	0,010	0,013
2BK	0,094	0,076	0,078	0,062	0,073	0,095	0,036	0,048
3BK	0,016	0,013	0,013	0,010	0,013	0,017	0,007	0,010
4BK	0,049	0,040	0,041	0,032	0,043	0,056	0,024	0,032
5BK	0,027	0,022	0,022	0,018	0,025	0,032	0,014	0,019
6BK	0,031	0,025	0,026	0,020	0,028	0,036	0,016	0,022
7BK	0,064	0,052	0,053	0,042	0,057	0,075	0,034	0,045
8BK	0,044	0,035	0,036	0,029	0,038	0,050	0,019	0,025
1BL	0,034	0,027	0,028	0,022	0,032	0,041	0,022	0,029
2BL	0,090	0,072	0,074	0,058	0,071	0,093	0,042	0,056
3BL	0,053	0,042	0,044	0,034	0,047	0,061	0,029	0,039
4BL	0,146	0,117	0,121	0,095	0,138	0,179	0,074	0,098
5BL	0,037	0,029	0,030	0,024	0,035	0,045	0,025	0,033
6BL	0,058	0,046	0,048	0,038	0,053	0,068	0,041	0,054
7BL	0,069	0,056	0,057	0,045	0,062	0,081	0,040	0,053
8BL	0,175	0,140	0,145	0,114	0,162	0,211	0,100	0,132

Indice de Grau de Contaminação (Cdeg)

O Índice de Grau de Contaminação (Cdeg) é uma ferramenta analítica usada para avaliar o nível geral de poluição de um ecossistema, considerando a concentração de múltiplos metais nos sedimentos. Este índice desempenha papel importante em estudos ambientais, como o realizado nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, ao permitir a quantificação e a comparação da intensidade da contaminação de diferentes locais em uma área de estudo.

O Cdeg é particularmente útil quando se quer uma avaliação integrada da poluição por múltiplos contaminantes, pois ao invés de analisar cada metal separadamente, ele fornece uma medida global do impacto ambiental, facilitando a identificação de áreas mais críticas e se for o caso, a priorização de ações de remediação. Sua relevância está em sua capacidade de sintetizar dados complexos em um único número que represente o nível de contaminação dos sedimentos, tornando o monitoramento de ecossistemas contaminados/poluídos mais eficiente e acessível.

Neste estudo foi empregado para avaliar a contaminação/poluição por metais no arroio Candiota, uma região impactada por várias atividades humanas, como descarte industrial, uso de fertilizantes, biocidas e urbanização.

Este índice ajuda a identificar a magnitude da contaminação e possibilita quando for o caso, a elaboração de estratégias para mitigar os riscos ambientais e à saúde.

A metodologia de cálculo do Índice de Grau de Contaminação (Cdeg) envolve a utilização de índices individuais para cada metal de interesse, como o Índice de Fator de Contaminação um índice calculado para cada metal de interesse, que é calculado para cada metal presente nos sedimentos. O Cdeg é, então, obtido pela média ponderada dos Indice de fatores de contaminação dos metais, levando em consideração o número de metais analisados. A fórmula básica para calcular o CGI é a seguinte:

$$C_{deg} = \sum_{i=1}^{n} CF_i$$

Sendo que

n é o número total de metais analisados no estudo, e

CFi é o índice de fator de contaminação individual para o i-ésimo metal.

O CFi, por sua vez, pode ser calculado de maneira similar ao Fator de Contaminação (FC), considerando a concentração do metal nas amostras em comparação com um valor de referência ou nível de base escolhidos **Tabela 29**. A vantagem dessa abordagem é que ela considera múltiplos metais simultaneamente, oferecendo uma visão mais abrangente da contaminação nos sedimentos. Este método permite uma avaliação mais completa da qualidade ambiental em locais com contaminação complexa, caracterizada pela presença de vários contaminantes.

A interpretação do Índice de Grau de Contaminação fornece uma classificação do nível de poluição em uma área estudada, com base na média ponderada dos FC dos metais analisados. Os valores do Cdeg são geralmente classificados em diferentes faixas de contaminação, que podem ser interpretadas da seguinte forma:

Cdeg ≤ 1: Nenhum ou baixo grau de contaminação, indicando que as concentrações de metais estão próximas aos níveis naturais.

1 < Cdeg ≤ 2: Grau moderado de contaminação, com níveis de metais que podem começar a afetar os ecossistemas locais.

2 < Cdeg ≤ 3: Grau alto de contaminação, que pode ter impactos ecológicos evidentes e exigir intervenções de remediação.

Cdeg > 3: Grau muito alto de contaminação, com riscos significativos para o ambiente e para a saúde humana.

No estudo de sedimentos do arroio Candiota, o Cdeg foi utilizado para identificar as áreas do arroio mais afetadas pela contaminação/poluição por metais.

A Tabela 58 apresenta as classes numéricas e nominais do Cdeg.

Tabela 58 - Classes nominais para o Grau de Contaminação (Cdeg).

Intervalo Numérico	Classes Nominais	Cores
Cdeg ≤ 1,00	Nenhum ou Baixo Grau de Contaminação	
1,0 <Cdeg ≤ 2,00	Moderado Grau de Contaminação	
2,0 <Cdeg ≤ 3,00	Alto Grau de contaminação	
Cdeg > 3,0	Grau de Contaminação Muito Alto	

Os resultados do cálculo do índice de grau de contaminação estão apresentados nas

Tabela 59 e Tabela 60 e as cores do hachuramento indicam as classes nominais respectivas obtidas. Já na Figura 59 e Figura 60 apresentam-se os resultados na forma de linhas, sendo que as linhas reatas demarcam os limites entre os graus de contaminação.

Tabela 59 - Grau de contaminação calculado para os sedimentos superficiais da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando os níveis de base da geologia ortodoxa, Crosta terrestre, sedimentos pré-industriais, clarke geoquímico e os folhelhos. Classes e as cores referenciadas estão na Tabela 58.

Unidades	Crosta	Sedimentos Pre-Ind	Clarke Geoq.	Folhelho
Amostrais	Cdeg	Cdeg	Cdeg	Cdeg
1BI	3,828	2,222	3,130	1,869
2BI	1,977	1,356	1,616	1,154
3BI	0,755	0,483	0,575	0,429
4BI	1,448	1,083	1,334	0,923
5BI	2,830	2,543	2,380	2,197
6BI	1,208	0,760	0,881	0,629
7BI	1,946	1,648	1,627	1,434
8BI	3,314	1,494	2,757	1,174
1BJ	1,293	1,005	1,042	0,875
2BJ	0,956	0,729	0,783	0,635
3BJ	1,141	0,904	0,932	0,795
4BJ	0,528	0,421	0,442	0,359
5BJ	0,861	0,610	0,696	0,535
6BJ	1,113	0,869	0,911	0,757
7BJ	0,869	0,582	0,694	0,508
8BJ	2,615	2,204	2,490	1,903
1BK	0,730	0,454	0,540	0,407
2BK	1,983	1,777	1,621	1,527
3BK	0,536	0,287	0,383	0,260
4BK	1,043	0,773	0,811	0,659
5BK	0,723	0,435	0,539	0,390
6BK	0,708	0,418	0,519	0,366
7BK	1,337	0,922	1,020	0,806
8BK	1,064	0,741	0,803	0,650
1BL	1,248	0,484	0,902	0,434
2BL	1,753	1,141	1,370	1,003
3BL	1,386	0,695	1,052	0,619
4BL	3,697	2,999	3,157	2,628
5BL	1,341	0,530	0,995	0,471
6BL	2,035	0,749	1,589	0,619
7BL	1,933	0,949	1,552	0,819
8BL	5,366	2,539	4,580	2,032

Tabela 60 - Grau de contaminação calculado para os sedimentos superficiais da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando os níveis de base gerados nas diretrizes básicas para a qualidade dos sedimentos (SQGs). TEC (Treshold Effect Contamination; LEL (Low Effect Level); ERL (Effect Range Low) e TEL (Treshold Effects Levels). As classes nominais são referenciadas aos valores numéricos e as cores da Tabela 58.

Unidades	TEC	LEL	ERL	TEL
Amostrais	Cdeg	Cdeg	Cdeg	Cdeg
1BI	3,069	3,427	0,863	1,052
2BI	1,863	2,102	0,601	0,738
3BI	0,635	0,688	0,218	0,240
4BI	1,236	1,398	0,547	0,672
5BI	3,603	4,105	1,245	1,453
6BI	0,656	0,774	0,359	0,427
7BI	2,318	2,594	0,786	0,896
8BI	1,572	1,939	1,037	1,284
1BJ	1,408	1,552	0,463	0,527
2BJ	0,967	1,087	0,375	0,434
3BJ	1,269	1,399	0,405	0,461
4BJ	0,535	0,590	0,181	0,222
5BJ	0,795	0,917	0,371	0,420
6BJ	1,169	1,294	0,435	0,495
7BJ	0,734	0,867	0,400	0,453
8BJ	2,632	2,847	0,771	0,924
1BK	0,612	0,632	0,172	0,182
2BK	2,603	2,919	0,823	1,074
3BK	0,367	0,395	0,160	0,170
4BK	1,093	1,216	0,438	0,537
5BK	0,563	0,596	0,214	0,230
6BK	0,554	0,603	0,253	0,281
7BK	1,256	1,422	0,594	0,652
8BK	1,059	1,106	0,292	0,324
1BL	0,545	0,604	0,380	0,412
2BL	1,510	1,696	0,569	0,703
3BL	0,828	0,899	0,414	0,456
4BL	4,357	4,618	0,899	1,070
5BL	0,576	0,639	0,406	0,441
6BL	0,800	0,956	0,600	0,697
7BL	1,113	1,238	0,539	0,617
8BL	2,888	3,485	1,433	1,758

Figura 59 - Índice do grau de contaminação Cdeg, calculado para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota. Os referenciais são aqueles propostos pela geologia ortodoxa Tabela 29, as linhas retas representam os graus de contaminação estabelecidos pelo conceito do índice.

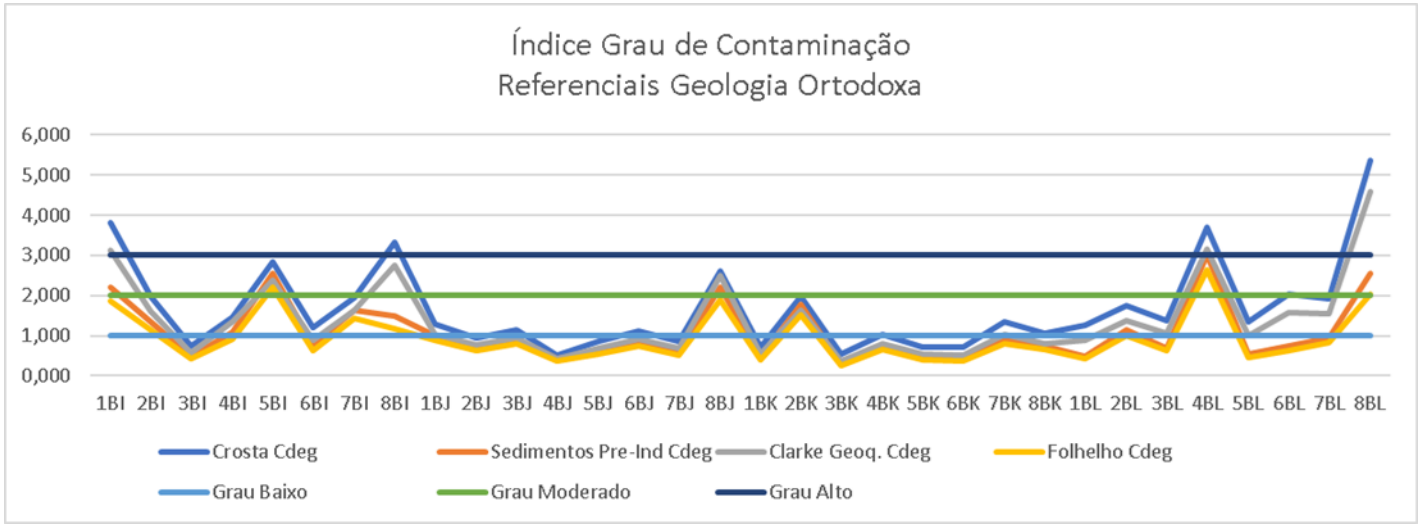
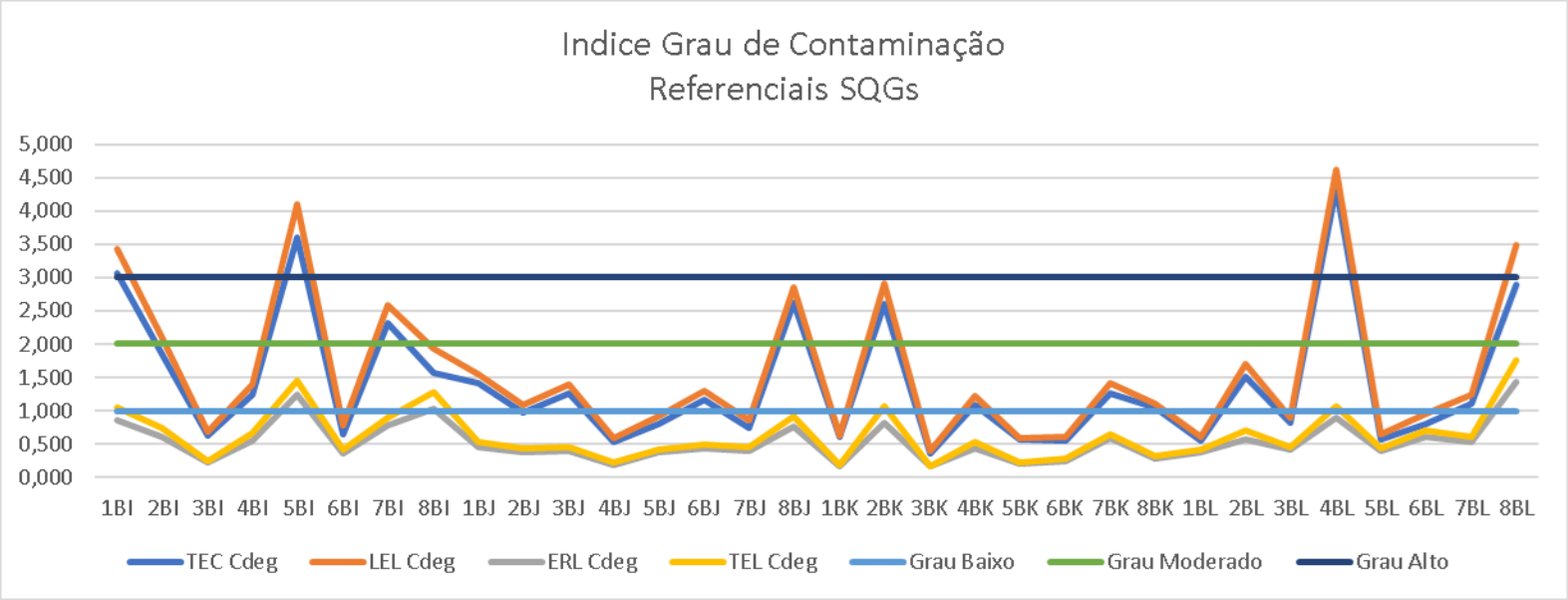


Figura 60 - Índice do grau de contaminação Cdeg, calculado para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota. Os referenciais são aqueles propostos pelas SQGs- diretrizes básicas para a qualidade dos sedimentos, Tabela 30, as linhas retas representam os graus de contaminação estabelecidos pelo conceito do índice.



A aplicação desse índice mostrou que o rio estava sofrendo de contaminação moderada a alta em várias de suas seções, especialmente nas áreas adjacentes a atividades industriais. Ver a Estação 8, local de arremesso do efluente líquido tratado da Usina Termelétrica de Candiota.

Esse tipo de análise permite que os gestores ambientais identifiquem não apenas os metais mais presentes e prejudiciais, mas também as áreas mais críticas que requerem atenção. O Cdeg também auxilia na definição de prioridades para futuras pesquisas e políticas de controle da contaminação/poluição, fornecendo uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias de mitigação de riscos ambientais e de saúde pública.

Índice do Grau de Contaminação Modificado (mCdeg)

O Índice de Grau de Contaminação Modificado mCdeg, é uma variação do Índice de Grau de Contaminação (Cdeg) que visa aprimorar a avaliação de contaminação por metais nos sedimentos, levando em consideração não apenas a concentração de metais, mas também a toxicidade relativa de cada metal. Essa modificação torna o índice mais sensível e capaz de refletir de maneira mais precisa o risco potencial dos contaminantes presentes, já que diferentes metais apresentam diferentes graus de toxicidade para os organismos aquáticos e para a saúde humana.

A relevância do mCdeg reside no fato de que ele permite uma avaliação mais detalhada do impacto da contaminação, considerando a diversidade de efeitos ecológicos e de saúde que cada metal pode causar.

No estudo dos sedimentos do arroio Candiota, a investigação da contaminação/poluição por metais nos sedimentos foi aplicada para fornecer uma medida mais robusta do grau de contaminação, possibilitando uma análise mais precisa dos riscos associados aos sedimentos, especialmente em áreas com múltiplos contaminantes com diferentes níveis de toxicidade.

A metodologia de cálculo do Índice de Grau de Contaminação Modificado envolve a análise da concentração de metais nos sedimentos, ajustada pela toxicidade relativa de cada metal. O cálculo do mCdeg é feito pela soma dos índices de contaminação ponderados pela toxicidade dos metais, fornecendo um valor mais representativo do real ameaça que os

contaminantes representam para o ambiente e para a saúde. A fórmula básica para calcular o MCGI é a seguinte:

$$mC_{deg} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} CF_i$$

Sendo:

n é o número de metais do estudo;

CFi são os vários Índices de fator de contaminação para cada um dos metais do estudo.

Por meio de estratégias de gestão informadas pelo mCdeg, é possível desenvolver gestão de conservação que não apenas abordem a contaminação/poluição existente, mas também previnam futuras contaminações. Assim, o mCdeg se torna uma ferramenta essencial para promover a saúde ambiental a longo prazo.

A interpretação do mCdeg fornece uma categorização do nível de risco associado à contaminação nos sedimentos de uma determinada área. Os valores do MCGI são classificados de forma semelhante ao CGI, mas com a consideração adicional da toxicidade dos metais. A interpretação pode seguir a seguinte escala:

- mCdeg ≤ 1: Baixo grau de contaminação, indicando que os sedimentos estão em conformidade com os níveis naturais ou apenas levemente contaminados, com baixo risco ambiental.
- 1 < mCdeg ≤ 2: Grau moderado de contaminação, com algum impacto ecológico, mas que pode não ser imediato.
- 2 < mCdeg ≤ 3: Grau alto de contaminação, com risco elevado para a fauna aquática e possível impacto sobre a saúde humana, exigindo ações de mitigação.
- mCdeg > 3: Grau muito alto de contaminação, indicando um risco substancial para o ecossistema e para a saúde pública, com necessidade urgente de intervenções de remediação.

A aplicação do índice aos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota está mostrado na **Tabela 61** e **Tabela 62**.

Tabela 61 - Grau de contaminação modificado calculado para os sedimentos superficiais da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando os níveis de base da geologia ortodoxa, Crosta terrestre, sedimentos pré-industriais, Clarke geoquímico e os folhelhos.

Unidades Amostrais	Crosta mCdeg	Sedimentos Pre-Ind mCdeg	Clarke Geoq. mCdeg	Folhelho mCdeg
1BI	0,348	0,202	0,285	0,170
2BI	0,180	0,123	0,147	0,105
3BI	0,069	0,044	0,052	0,039
4BI	0,132	0,098	0,121	0,084
5BI	0,257	0,231	0,216	0,200
6BI	0,110	0,069	0,080	0,057
7BI	0,177	0,150	0,148	0,130
8BI	0,301	0,136	0,251	0,107
1BJ	0,118	0,091	0,095	0,080
2BJ	0,087	0,066	0,071	0,058
3BJ	0,104	0,082	0,085	0,072
4BJ	0,048	0,038	0,040	0,033
5BJ	0,078	0,055	0,063	0,049
6BJ	0,101	0,079	0,083	0,069
7BJ	0,079	0,053	0,063	0,046
8BJ	0,238	0,200	0,226	0,173
1BK	0,066	0,041	0,049	0,037
2BK	0,180	0,162	0,147	0,139
3BK	0,049	0,026	0,035	0,024
4BK	0,095	0,070	0,074	0,060
5BK	0,066	0,040	0,049	0,035
6BK	0,064	0,038	0,047	0,033
7BK	0,122	0,084	0,093	0,073
8BK	0,097	0,067	0,073	0,059
1BL	0,113	0,044	0,082	0,039
2BL	0,159	0,104	0,125	0,091
3BL	0,126	0,063	0,096	0,056
4BL	0,336	0,273	0,287	0,239
5BL	0,122	0,048	0,090	0,043
6BL	0,185	0,068	0,144	0,056
7BL	0,176	0,086	0,141	0,074
8BL	0,488	0,231	0,416	0,185

Tabela 62 - Grau de contaminação modificado calculado para os sedimentos superficiais da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando os níveis de base gerados nas diretrizes básicas para a qualidade dos sedimentos (SQGs). TEC (Treshold Effect Contamination; LEL (Low Effect Level); ERL (Effect Range Low) e TEL (Treshold Effects Levels).

Unidades Amostrais	TEC mCdeg	LEL mCdeg	ERL mCdeg	TEL mCdeg
1BI	0,307	0,343	0,108	0,132
2BI	0,186	0,210	0,075	0,092
3BI	0,063	0,069	0,027	0,030
4BI	0,124	0,140	0,068	0,084
5BI	0,360	0,410	0,156	0,182
6BI	0,066	0,077	0,045	0,053
7BI	0,232	0,259	0,098	0,112
8BI	0,157	0,194	0,130	0,161
1BJ	0,141	0,155	0,058	0,066
2BJ	0,097	0,109	0,047	0,054
3BJ	0,127	0,140	0,051	0,058
4BJ	0,053	0,059	0,023	0,028
5BJ	0,079	0,092	0,046	0,053
6BJ	0,117	0,129	0,054	0,062
7BJ	0,073	0,087	0,050	0,057
8BJ	0,263	0,285	0,096	0,116
1BK	0,061	0,063	0,021	0,023
2BK	0,260	0,292	0,103	0,134
3BK	0,037	0,040	0,020	0,021
4BK	0,109	0,122	0,055	0,067
5BK	0,056	0,060	0,027	0,029
6BK	0,055	0,060	0,032	0,035
7BK	0,126	0,142	0,074	0,081
8BK	0,106	0,111	0,036	0,041
1BL	0,055	0,060	0,048	0,052
2BL	0,151	0,170	0,071	0,088
3BL	0,083	0,090	0,052	0,057
4BL	0,436	0,462	0,112	0,134
5BL	0,058	0,064	0,051	0,055
6BL	0,080	0,096	0,075	0,087
7BL	0,111	0,124	0,067	0,077
8BL	0,289	0,348	0,179	0,220

A interpretação do mCdeg no contexto dessa pesquisa possibilitou identificar quais metais estavam causando a maior preocupação, ajudando a priorizar as áreas para monitoramento mais intenso e para estratégias de remediação. Assim, o mCdeg, ao incorporar os fatores de toxicidade dos metais, fornece uma avaliação mais realista e ecologicamente relevante da poluição por metais, permitindo intervenções mais eficazes e informadas no manejo ambiental, no entanto mostrou o que se buscava apesar de não ter apresentado nada digno de preocupação quanto aos metais nos sedimentos.

Índice de Nemerow (IN)

No estudo dos sedimentos de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, o uso do Índice de Nemerow ajuda identificar áreas do arroio com altos níveis de contaminação, se houverem, especialmente nas regiões próximas a zonas fontes.

Os resultados indicaram que essas áreas estavam classificadas em faixas de poluição moderada a alta, sugerindo que o ecossistema aquático estava sob risco significativo devido à presença de metais como cádmio, mercúrio e chumbo.

Isso ajudou os pesquisadores a identificarem áreas prioritárias para intervenções de remediação e ações para reduzir a carga de poluentes, além de orientar políticas públicas para o controle da poluição e a preservação da saúde ambiental e humana.

A aplicação do IN foi fundamental para entender o impacto total da poluição por metais no arroio Candiota, pois forneceu uma análise integrada e abrangente da carga de poluição, facilitando a identificação das zonas mais críticas e a definição de estratégias de controle mais eficazes.

A obtenção do índice de Nemerow é a partir desta formula a seguir:

$$IN = \sqrt{\left(\frac{C_{max}}{C_b}\right)^2 + \left(\frac{C_{mean}}{C_b}\right)^2}$$

onde:

$Cmax$ é a maior concentração do metal nas amostras coletadas,

$Cmean$ é a média das concentrações dos metais analisados nas amostras,

Cb é a concentração de nível de base ou de referência para cada metal, que representa o nível natural ou aceitável para o metal no ambiente não contaminado.

Essa fórmula combina dois fatores: um que mede o impacto do contaminante mais tóxico ou mais presente no local, representado por $Cmax$, e outro que reflete a média geral da concentração de contaminantes no ambiente, dado por $Cmean$.

A soma quadrática desses dois termos e a raiz quadrada do resultado final permitem que o IN reflita de forma mais precisa o risco geral de poluição no ecossistema estudado.

Essa metodologia é eficiente para áreas com múltiplos contaminantes, pois o índice não se baseia apenas em uma média simples, mas também na consideração dos contaminantes mais prejudiciais, ajudando a identificar zonas com contaminação mais crítica.

A interpretação do Índice de Nemerow permite classificar os níveis de poluição de acordo com a combinação das concentrações máximas e médias dos contaminantes, oferecendo uma avaliação precisa dos riscos ambientais. A interpretação é geralmente feita segundo as seguintes faixas:

IN $\leq$ 1: Baixo grau de poluição, indicando que as concentrações de metais nos sedimentos estão dentro dos níveis naturais ou não causam impactos significativos no ecossistema.

1 < IN $\leq$ 2: Poluição moderada, indicando que os níveis de metais começam a ter impactos detectáveis, mas ainda controláveis com ações de monitoramento e mitigação.

2 < IN $\leq$ 3: Poluição alta, onde as concentrações de contaminantes representam um risco considerável para a fauna aquática e para os ecossistemas, demandando ações de remediação.

IN > 3: Poluição muito alta, com risco significativo de degradação ambiental, exigindo intervenções urgentes para minimizar os impactos na saúde dos ecossistemas e da fauna aquática.

Na Tabela 63 estão as classes numéricas e nominais para o índice de Nemerow.

Tabela 63 - Classes numéricas e nominais para o Índice de Nemerow.

Intervalo Numérico	Classes Nominais	Cores
IN $\leq$ 1,00	Contaminação Baixa	
1,0 < IN $\leq$ 2,00	Contaminação Moderada	
2,0 < IN $\leq$ 3,00	Contaminação Alta	
IN > 3,0	Contaminação Muito Alta	

Os resultados com base nas classes nominais, vide cores da Tabela 63, estão na Tabela 64, Tabela 65, Tabela 66 e

Tabela 67.

Tabela 64 - Índice de Nemerow aplicado aos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, amostrados na primavera de 2023. Amarelo significa contaminação moderada, laranja significa contaminação alta, e vermelho contaminação muito alta. As classes estão na **Tabela 63**.

Unid.Amost	IN Al	IN As	IN Cd	IN Pb	IN Cu	IN Cr	IN Fe	IN Mn	IN Hg	IN Ni	IN Zn
1BI	2,15	1,08	6,23	12,78	2,03	2,25	1,19	1,14	1,31	4,81	3,16
2BI	2,03	3,33	9,21	18,91	3,05	1,45	1,90	2,14	1,93	4,08	2,82
3BI	8,53	26,81	10,08	20,98	8,61	6,44	5,98	6,20	2,15	21,40	11,53
4BI	7,00	26,56	10,15	1,03	5,64	1,81	2,95	4,62	2,14	4,67	2,88
5BI	1,09	15,53	5,93	2,43	1,09	1,12	1,15	1,11	1,25	1,06	1,53
6BI	5,66	27,07	1,03	21,14	4,94	22,59	2,46	23,95	2,16	6,20	5,58
7BI	2,19	18,22	6,94	2,85	2,10	3,05	2,39	1,57	1,46	1,67	2,88
8BI	2,40	1,05	7,70	15,80	2,19	1,87	2,66	6,58	1,62	4,57	1,09

Tabela 65 - Índice de Nemerow aplicado aos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, amostrados no verão de 2024. Amarelo significa contaminação moderada, laranja significa contaminação alta, e vermelho contaminação muito alta. As classes estão na **Tabela 63**.

Unid.Amost	IN Al	IN As	IN Cd	IN Pb	IN Cu	IN Cr	IN Fe	IN Mn	IN Hg	IN Ni	IN Zn
1BJ	1,29	1,30	1,37	6,60	2,14	1,76	1,11	2,73	1,33	1,26	3,35
2BJ	1,47	1,66	1,75	8,46	2,75	1,63	2,96	3,54	1,69	1,61	3,81
3BJ	2,33	1,43	1,51	7,26	2,36	1,94	2,40	2,26	1,46	1,39	5,16
4BJ	5,34	1,71	1,80	28,86	6,38	2,39	4,32	6,58	5,21	5,50	3,16
5BJ	4,73	1,53	1,61	7,79	2,53	2,08	7,04	4,29	1,56	1,48	7,27
6BJ	2,01	14,48	1,52	7,36	2,39	1,97	1,90	3,09	1,47	1,40	2,57
7BJ	4,35	1,41	1,49	7,17	2,33	1,91	5,43	6,05	1,44	1,37	7,36
8BJ	1,14	1,26	1,33	1,03	1,12	1,20	1,39	1,07	1,28	2,26	1,06

Tabela 66 - Índice de Nemerow aplicado aos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, amostrados no outono de 2024. Amarelo significa contaminação moderada, laranja significa contaminação alta, e vermelho contaminação muito alta. As classes estão na tabela 36.

Unid.Amost	IN Al	IN As	IN Cd	IN Pb	IN Cu	IN Cr	IN Fe	IN Mn	IN Hg	IN Ni	IN Zn
1BK	12,54	1,95	1,96	2,02	6,88	15,96	4,06	3,98	1,95	131,52	10,26
2BK	1,02	1,65	1,65	1,71	7,56	1,02	1,11	1,06	1,65	1,05	1,06
3BK	17,99	2,19	2,20	2,26	7,71	16,66	9,05	7,85	2,19	14,74	13,69
4BK	6,19	2,12	2,12	2,19	7,48	3,05	1,42	5,80	2,12	2,48	1,64
5BK	17,50	1,87	1,87	1,93	6,58	17,39	8,87	4,14	1,87	10,40	7,86
6BK	13,27	1,99	1,99	2,05	7,00	11,81	2,96	10,99	1,98	5,56	5,19
7BK	6,04	1,21	1,21	1,20	1,03	13,45	3,20	2,42	1,21	1,52	2,56
8BK	7,18	1,69	1,65	1,75	5,97	10,69	1,48	3,22	1,70	6,75	3,06

Tabela 67 - Índice de Nemerow aplicado aos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, amostrados no inverno de 2024. Amarelo significa contaminação moderada, laranja significa contaminação alta, e vermelho contaminação muito alta.As classes estão na **Tabela 63**.

Unid.Amost	IN Al	IN As	IN Cd	IN Pb	IN Cu	IN Cr	IN Fe	IN Mn	IN Hg	IN Ni	IN Zn
1BL	15,79	11,06	1,58	11,29	24,61	4,67	9,30	31,84	1,40	8,96	15,27
2BL	1,05	15,00	1,49	6,15	10,37	1,07	4,30	4,49	1,42	2,33	4,22
3BL	5,19	15,10	1,49	5,59	11,57	3,85	6,18	11,00	1,43	8,49	5,86
4BL	3,30	5,35	1,33	2,12	3,98	2,01	2,35	1,02	1,48	1,07	1,26
5BL	14,94	9,53	1,56	7,59	21,89	5,47	14,67	22,73	1,38	8,20	10,32
6BL	6,44	3,31	1,49	4,71	11,10	5,05	4,44	66,00	1,42	2,94	5,34
7BL	4,37	5,25	1,50	3,07	9,51	4,51	7,19	6,63	1,43	4,02	5,75
8BL	2,43	1,03	1,61	1,05	1,02	3,67	1,04	4,78	1,71	1,89	1,06

Índice de Risco Ecológico (PERI)

O Índice de Risco Ecológico (PERI) é uma ferramenta analítica utilizada para avaliar os impactos ecológicos dos metais presentes nos sedimentos aquáticos.

O PERI considera não apenas a concentração de contaminantes, mas também sua toxicidade e os riscos potenciais para os organismos aquáticos e os ecossistemas aquáticos em geral.

No estudo realizado com os sedimentos do arroio Candiota, foi investigada a contaminação por metais, o PERI tem grande importância, pois permite uma avaliação integrada dos riscos ambientais e fornece uma base sólida para a tomada de decisões sobre gestão de riscos.

Em áreas contaminadas por atividades industriais, agropecuária e urbanas, como é o caso do arroio Candiota, uma bacia multiusos, o PERI se torna um indicador essencial, uma vez que possibilita identificar os riscos potenciais de maneira mais completa. Isso se deve ao fato de que os metais podem ter efeitos variados no ambiente, dependendo de sua bioacumulação e toxicidade, que podem afetar a saúde dos organismos aquáticos e, por conseguinte, o equilíbrio ecológico. Ao aplicar o PERI, os gestores ambientais podem priorizar as áreas mais afetadas pela poluição e se for o caso, adotar medidas de mitigação mais eficazes.

A metodologia de cálculo do Índice de Risco Ecológico (ERI) é baseada na avaliação da toxicidade dos metais, levando em consideração suas concentrações nos sedimentos e o risco potencial que representam para os organismos aquáticos.

O PERI é obtido pela multiplicação da concentração de cada metal pelo seu fator de toxicidade, sendo em seguida somado para todos os metais analisados. A fórmula básica para o cálculo do ERI é expressa da seguinte forma:

$$\mathrm{PERI} = \sum_{i=1}^{n} \mathrm{Er}i = \sum_{i=1}^{n} \mathrm{Tri} \times \mathrm{CFi}$$

Sendo:

PERI é o índice de risco ecológico para os sedimentos do arroio Candiota, sendo o somatório dos fatores potencial de risco ecológico, Eri.

Eri é o fator de risco ecológico potencial;

Tri é um fator de resposta tóxica de um metal (Cd = 30, Pb = 5, Cu = 5, Mn = 10, Ni = 5, Zn =1, Hg=40 e Fe = 1) (Hakanson, 1980), e

CFi é o fator de contaminação de metais examinados;

n é o n úmero de metais do estudo

A toxicidade dos metais é determinada com base em estudos científicos que caracterizam os efeitos de cada metal nos ecossistemas aquáticos (fator de resposta toxica). Metais como o mercúrio (Hg) e o cádmio (Cd), por exemplo, têm fatores de toxicidade muito elevados, devido à sua alta bioacumulação e efeitos adversos nos organismos aquáticos.

O fator de resposta toxica (Tri) para cada um dos metais e que está determinado pela ciência é Hg (40), Cd (30); As (10); Mn (10), Pb(5), Cu(5), Cr(2), Zn(1), Fe(1) (Hakanson 1980), foram portanto, usados no cálculo do PERI.

O cálculo do PERI, permite que a carga de poluição seja integrada com a sua relevância ecológica, uma vez que ele não só mede a quantidade de contaminantes, mas também qual o impacto potencial desses contaminantes na saúde dos ecossistemas aquáticos.

A interpretação do Índice de Risco Ecológico (PERI) é crucial para entender os riscos de contaminação e os impactos potenciais sobre o ecossistema. Os valores do PERI podem ser classificados de acordo com a intensidade do risco ecológico, e a interpretação varia conforme a magnitude dos valores obtidos. Em geral, a escala de interpretação do PERI segue o seguinte padrão:

- PERI $\leq$ 30: Baixo risco ecológico, indicando que os metais presentes nos sedimentos têm um impacto mínimo sobre o ecossistema aquático e não representam uma ameaça significativa para a biota local.
- 30 < PERI $\leq$ 60: Risco ecológico moderado, sugerindo que os metais presentes podem começar a causar impactos adversos, embora ainda controláveis com ações de mitigação.
- 60 < PERI $\leq$ 100: Risco ecológico alto, com a presença de metais em concentrações suficientemente altas para afetar de forma significativa os organismos aquáticos e os ecossistemas, exigindo intervenções imediatas.

- PERI > 100: Risco ecológico muito alto, indicando que a poluição por metais é crítica e pode levar à degradação irreversível do ecossistema aquático. Neste caso, ações urgentes de remediação e controle da poluição são necessárias.

Na Tabela 68 estão as classes do PERI utilizadas nos sedimentos do arroio Candiota.

Tabela 68 - Apresentam-se as classes nominais associadas aos valores de cálculo para o PERI.

PERI ≤30	Baixo risco ecológico	
30 < PERI ≤ 60	Moderado Risco Ecológico	
60 < PERI ≤100	Alto Risco Ecológico	
PERI >100	Muito Alto Risco Ecológico	

No estudo dos sedimentos do arroio Candiota, o PERI foi utilizado para avaliar os riscos ecológicos associados à contaminação dos sedimentos.

Os resultados mostraram que as seções do rio próximas a áreas industriais apresentavam níveis elevados de PERI, refletindo um risco ecológico moderado a alto. Esse achado destacou a necessidade de medidas para reduzir a poluição por metais e proteger a fauna aquática. A aplicação do PERI ajudou a identificar as áreas mais críticas, orientando a escolha de locais para monitoramento contínuo e estratégias de remediação, com o objetivo de minimizar os impactos ecológicos e restaurar a saúde do ecossistema aquático. Além disso, o PERI contribuiu para a conscientização sobre os riscos ambientais e para a elaboração de políticas públicas mais eficazes no controle da poluição e na proteção dos recursos hídricos.

Tabela 69 - Valores para o PERI- Avaliação de risco ecológico aplicado aos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, tendo como referencias aqueles valores da geologia ortodoxa, Tabela 29. E as classes usadas estão na Tabela 68.

Unidades	Crosta	Sedimentos Pre-Ind	Clarke Geoq.	Folhelho
Amostrais	PERI	PERI	PERI	PERI
1BI	50,64	22,54	38,08	19,86
2BI	27,07	12,75	19,70	11,51
3BI	16,83	6,78	11,29	6,44
4BI	19,71	9,31	14,53	8,58
5BI	37,51	22,03	27,20	20,21
6BI	28,70	13,94	19,24	11,79
7BI	30,05	16,34	21,51	15,09
8BI	39,74	12,55	29,51	10,63
1BJ	21,96	10,10	15,17	9,47
2BJ	17,16	7,83	11,85	7,35
3BJ	20,66	10,09	14,43	9,44
4BJ	7,28	3,85	5,17	3,47
5BJ	17,93	7,70	12,25	7,26
6BJ	19,46	8,97	13,39	8,44
7BJ	18,78	7,54	12,69	7,13
8BJ	30,35	18,19	23,73	16,61
1BK	17,52	6,79	11,61	6,52
2BK	25,61	14,09	18,06	13,03
3BK	15,00	5,34	9,81	5,16
4BK	16,35	6,49	10,86	6,14
5BK	18,13	6,95	12,00	6,67
6BK	16,45	5,74	10,72	5,53
7BK	28,82	11,75	19,21	11,15
8BK	20,60	8,29	13,73	7,90
1BL	34,16	10,14	22,33	10,00
2BL	36,57	14,16	24,69	13,60
3BL	34,16	11,31	22,62	11,05
4BL	52,06	30,05	38,93	27,60
5BL	35,33	10,67	23,29	10,46
6BL	40,31	11,48	27,69	10,75
7BL	39,23	13,53	27,09	12,80
8BL	61,61	20,79	47,50	17,55

Tabela 70 - Valores para o PERI avaliação de risco ecológico aplicado aos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, tendo como referencias aqueles valores das diretrizes básicas da qualidade dos sedimentos (SQGs), Tabela 30. E as classes usadas estão na Tabela 68.

Unidades	TEC	LEL	ERL	TEL
Amostrais	PERI	PERI	PERI	PERI
1BI	28,58	30,74	11,68	12,51
2BI	16,21	17,25	7,16	7,41
3BI	7,57	7,60	4,83	4,57
4BI	10,22	10,69	6,07	6,15
5BI	29,73	31,68	11,87	11,98
6BI	7,01	8,19	6,40	7,36
7BI	21,39	22,41	9,12	9,05
8BI	12,60	14,87	10,59	11,64
1BJ	12,05	12,44	6,77	6,58
2BJ	9,27	9,59	5,33	5,20
3BJ	12,47	12,83	6,13	5,96
4BJ	4,22	4,44	1,91	1,99
5BJ	8,75	9,08	5,74	5,57
6BJ	10,65	10,96	6,09	5,89
7BJ	8,13	8,49	6,22	6,04
8BJ	22,35	23,05	7,94	8,04
1BK	7,40	7,25	4,95	4,61
2BK	19,17	19,97	7,94	8,15
3BK	5,45	5,36	4,50	4,22
4BK	7,30	7,54	5,44	5,36
5BK	7,53	7,43	5,31	4,99
6BK	5,77	5,75	5,20	4,93
7BK	13,34	13,77	9,41	9,04
8BK	9,30	9,24	6,00	5,67
1BL	10,08	9,82	10,62	9,91
2BL	16,77	16,85	11,02	10,54
3BL	11,92	11,69	10,44	9,76
4BL	41,91	42,74	12,37	12,31
5BL	10,69	10,46	10,89	10,20
6BL	10,96	11,50	12,05	11,90
7BL	14,67	14,89	11,42	11,05
8BL	21,56	25,36	16,00	17,70

2.5.5. Estatísticas

Estatística Descritivas

Sedimentos superficiais de fundo podem acumular metais provenientes de várias fontes, como atividades industriais, agrícolas e urbanas. A estatística descritiva é aplicada como um método para resumir os dados de concentração desses metais de forma acessível. Através de medidas como média, mediana, desvio padrão e intervalos variação, é possível ter uma visão geral dos níveis de contaminação e identificar padrões de distribuição de metais na bacia. Por exemplo, a média pode indicar a concentração média de um metal específico, enquanto o desvio padrão revela a variação dessas concentrações, essencial para entender a extensão da contaminação.

Antes de realizar a análise estatística multivariada, é importante fazer uma análise exploratória dos dados para entender a distribuição, tendências, outliers e possíveis correlações entre as variáveis.

Nas Tabela 71 até Tabela 75, apresentam-se os resultados das estatísticas descritivas, composta por n amostral, intervalo de variação, valores máximos e mínimos, a média, o desvio padrão, a variância, a assimetria e a curtose além do coeficiente de variação de cada uma das variáveis do estudo, para cada campanha amostral sazonal e na Tabela 75 estão as quatro campanhas amostrais analisadas juntas.

Tabela 71 - Estatística descritiva das concentrações dos metais recolhidos na primavera de 2023.

				Estatística Descritiva						
Primavera 2023 BI	N Estatístico	Intervalo Estatístico	Mínimo Estatístico	Máximo Estatístico	Média Estatística	DesvioPad Estatístico	Variância Estatística	Assimetria Estatística	Curtose Estatística	Coeficiente Variação
Al(ppm)	8	3805,86	557,48	4363,34	1892,84	1245,21	1550554,40	0,98	1,36	65,79
Astot(ppm)	8	2,61	0,11	2,71	0,86	1,15	1,32	1,27	-0,33	134,00
Cdtot(ppm)	8	0,05	0,01	0,05	0,01	0,02	0,00	2,78	7,81	127,10
Pbtot(ppm)	8	5,12	0,26	5,38	1,40	1,80	3,25	1,86	3,45	128,49
Cutot(ppm)	8	5,70	0,83	6,53	2,81	1,82	3,33	1,18	1,80	64,80
Crtot(ppm)	8	5,03	0,26	5,29	2,70	1,64	2,70	-0,01	-0,45	60,76
Fe(ppm)	8	7172,76	1706,55	8879,31	5031,33	2499,67	6248354,32	0,71	-0,44	49,68
Mntot(ppm)	8	814,31	39,52	853,83	408,60	322,31	103884,94	0,43	-1,67	78,88
Hgtot(ppm)	8	0,01	0,02	0,03	0,02	0,00	0,00	0,44	-1,71	23,34
Nitot(ppm)	8	10,18	0,53	10,71	3,74	3,34	11,15	1,64	2,21	89,27
Zntot(ppm)	8	40,67	4,25	44,92	19,63	13,00	169,11	1,13	1,13	66,25
N validos	8									

Tabela 72 - Estatística descritiva das concentrações dos metais recolhidos no verão de 2024.

				Estatística Descritiva						
Verão 2024	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	DesvioPad	Variância	Assimetria	Curtose	Coeficiente
BJ	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística	Variação
Al(ppm)	8	1355,63	369,75	1725,38	959,54	531,71	282718,72	0,26	-1,69	55,41
Astot(ppm)	8	0,06	0,01	0,07	0,05	0,02	0,00	-2,28	5,77	37,75
Cdtot(ppm)	8	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	-0,89	10,55
Pbtot(ppm)	8	10,17	0,38	10,54	2,46	3,29	10,81	2,74	7,67	133,55
Cutot(ppm)	8	2,60	0,55	3,15	1,56	0,72	0,53	1,48	4,35	46,45
Crtot(ppm)	8	1,19	1,21	2,40	1,61	0,36	0,13	1,71	3,73	22,31
Fe(ppm)	8	6117,65	1143,17	7260,82	3482,73	2167,66	4698737,46	0,77	-0,46	62,24
Mntot(ppm)	8	561,17	109,35	670,52	260,55	180,03	32411,20	2,02	4,65	69,10
Hgtot(ppm)	8	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	-2,28	5,75	29,56
Nitot(ppm)	8	2,52	0,75	3,27	2,52	0,83	0,70	-1,67	2,48	33,16
Zntot(ppm)	8	23,85	4,02	27,87	9,89	7,72	59,63	2,21	5,43	78,08
N validos	8									

Tabela 73 - Estatística descritiva das concentrações dos metais recolhidos no outono de 2024.

				Estatística Descritiva						
Outono 2024	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	DesvioPad	Variância	Assimetria	Curtose	Coeficiente
BK	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística	Variação
Al(ppm)	8	5640,55	340,39	5980,94	1309,44	1907,72	3639389,43	2,71	7,50	145,69
Astot(ppm)	8	0,04	0,05	0,09	0,06	0,01	0,00	1,84	3,85	21,09
Cdtot(ppm)	8	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	1,74	3,39	21,14
Pbtot(ppm)	8	0,23	0,26	0,49	0,32	0,07	0,01	2,00	4,51	22,96
Cutot(ppm)	8	1,66	0,26	1,92	0,49	0,58	0,34	2,82	7,96	118,51
Crtot(ppm)	8	10,51	0,66	11,17	2,48	3,66	13,39	2,45	6,09	147,29
Fe(ppm)	8	9168,77	1275,27	10444,04	4911,68	3433,90	11790000,00	0,56	-1,25	69,91
Mntot(ppm)	8	476,21	50,59	526,80	177,55	152,25	23180,89	2,09	4,88	85,75
Hgtot(ppm)	8	0,01	0,02	0,03	0,02	0,00	0,00	1,85	3,91	21,12
Nitot(ppm)	8	7,12	0,06	7,18	2,37	2,52	6,36	1,22	0,46	106,22
Zntot(ppm)	8	26,51	0,05	26,56	9,48	8,78	77,09	1,14	0,88	92,60
N validos	8									

Tabela 74 - Estatística descritiva das concentrações dos metais recolhidos no inverno de 2024.

				Estatística Descritiva						
Inverno 2024	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	DesvioPad	Variância	Assimetria	Curtose	Coeficiente
BL	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística	Variação
Al(ppm)	8	3918,49	278,42	4196,91	1305,61	1275,06	1625788,96	2,00	4,48	97,66
Astot(ppm)	8	4,03	0,30	4,33	1,10	1,35	1,83	2,46	6,33	122,47
Cdtot(ppm)	8	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	1,44	3,11	5,84
Pbtot(ppm)	8	6,93	0,71	7,64	2,54	2,28	5,22	1,95	3,92	90,07
Cutot(ppm)	8	6,48	0,28	6,76	1,46	2,19	4,78	2,61	6,98	149,38
Crtot(ppm)	8	5,99	1,45	7,44	2,76	2,05	4,20	2,15	4,59	74,25
Fe(ppm)	8	14809,06	1135,97	15945,03	4825,11	4847,41	23500000,00	2,14	4,82	100,46
Mntot(ppm)	8	1389,43	21,91	1411,34	314,54	457,79	209573,94	2,49	6,54	145,54
Hgtot(ppm)	8	0,01	0,03	0,04	0,03	0,00	0,00	-2,29	5,73	6,48
Nitot(ppm)	8	4,14	0,56	4,70	1,78	1,41	2,00	1,37	1,92	79,39
Zntot(ppm)	8	25,99	1,94	27,93	9,89	9,99	99,78	1,39	0,23	101,02
N validos	8									

Tabela 75 - Estatística descritiva das concentrações dos metais do estudo dos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, considerando a integralidade do ano amostral.

				Estatística Descritiva						
Ano amostral	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Pad	Variância	Assimetria	Curtose	Coeficiente
BI-BJ-BK-BL	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística	Variação
Al(ppm)	32	5702,52	278,42	5980,94	1366,86	1311,07	1718904,37	2,13	4,77	95,92
Astot(ppm)	32	4,32	0,01	4,33	0,52	0,97	0,94	2,81	8,05	186,63
Cdtot(ppm)	32	0,05	0,01	0,05	0,01	0,01	0,00	5,50	30,77	107,37
Pbtot(ppm)	32	10,28	0,26	10,54	1,68	2,28	5,20	2,70	7,81	135,72
Cutot(ppm)	32	6,50	0,26	6,76	1,58	1,65	2,73	1,97	3,97	104,45
Crtot(ppm)	32	10,91	0,26	11,17	2,39	2,20	4,83	2,59	8,02	91,97
Fe(ppm)	32	14809,06	1135,97	15945,03	4562,71	3293,52	10850000,00	1,60	3,27	72,18
Mntot(ppm)	32	1389,43	21,91	1411,34	290,31	301,01	90606,53	2,17	5,40	103,69
Hgtot(ppm)	32	0,03	0,01	0,04	0,02	0,01	0,00	0,45	-0,64	36,67
Nitot(ppm)	32	10,65	0,06	10,71	2,60	2,25	5,08	1,93	4,69	86,63
Zntot(ppm)	32	42,98	1,94	44,92	12,29	10,44	109,05	1,41	1,75	85,00
N validos	32									

Analisando a Tabela 75, tem-se que:

A estatística descritiva é essencial para a comunicação clara dos resultados a diferentes públicos, incluindo autoridades ambientais, pesquisadores, tomadores de decisão e a comunidade. A utilização de ferramentas visuais, como gráficos e tabelas, facilita a compreensão dos dados complexos e permite que os resultados sejam apresentados de forma acessível, fundamentando decisões técnicas e políticas.

Constitui-se em uma ferramenta indispensável no estudo dos metais em sedimentos superficiais de fundo em bacias hidrográficas multiusos, ajudando a organizar dados, identificar padrões, avaliar riscos ambientais e de saúde e apoiar a gestão sustentável dos recursos hídricos e dos ecossistemas.

A curtose descreve a "forma" das caudas (extremos) de uma distribuição, ou seja, ela indica o grau de concentração dos dados nas extremidades da distribuição e, consequentemente, o risco de ocorrências extremas. Em termos mais simples, a curtose nos ajuda a entender o quanto a distribuição de dados tem "outliers" (valores atípicos) em relação a uma distribuição normal.

Curtose positiva (leptocúrtica), o restante dos metais do estudo responde desta forma, quando a curtose é maior que 0, isso significa que a distribuição tem caudas mais "pesadas" ou mais pronunciadas. Ou seja, ela tende a ter mais valores extremos (outliers). A distribuição é mais concentrada em torno da média, mas com mais probabilidade de se observar valores muito distantes da média.

Curtose negativa (platicúrtica), o Hg respondeu desta forma, quando a curtose é menor que 0, a distribuição tem caudas mais leves, ou seja, menos valores extremos do que uma distribuição normal. Isso significa que a distribuição é mais dispersa e os dados se distribuem de forma mais homogênea em torno da média.

Assimetria negativa (assimetria à esquerda) o Hg respondeu desta forma quando a assimetria é menor que 0, a distribuição tem uma cauda mais longa à esquerda da média. Isso significa que a maior parte dos dados está à direita da média, mas existem alguns valores extremamente pequenos.

Assimetria positiva (assimetria à direita), o restante dos metais responde de maneira que a assimetria é maior que 0, a distribuição tem uma cauda mais longa à direita da média. Isso significa que a maioria dos dados está concentrada à esquerda da média, mas há alguns valores extremamente grandes. Essa distribuição é chamada de distribuição assimétrica à direita.

Análise Multivariada

A análise estatística multivariada é uma abordagem robusta para identificar relações complexas e padrões de causalidade entre múltiplas variáveis. No caso de determinar a causalidade das concentrações de metais nos sedimentos superficiais de fundo nas calhas fluviais de uma bacia hidrográfica multifuncional, a utilização dessa técnica pode ajudar a entender como diversas fontes de contaminação e atividades humanas impactam a qualidade ambiental da bacia.

Análise de Cluster

A análise de cluster, também conhecida como análise de agrupamento, é uma técnica estatística utilizada para agrupar ou segmentar um conjunto de dados em grupos (ou "clusters") baseados em características similares. Cada grupo (ou cluster) contém elementos que são mais semelhantes entre si do que com elementos de outros grupos. Essa técnica é especialmente útil quando se tem grandes volumes de dados complexos, como os provenientes dos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, para identificar padrões e agrupamentos naturais, sem a necessidade de uma pré-classificação dos dados.

Favorece o entendimento da complexidade e os impactos de diversas atividades sobre o meio ambiente em uma bacia hidrográfica multifuncional, ajudando a mapear áreas mais afetadas, identificar fontes de contaminação e planejar ações de mitigação ou conservação de maneira mais eficiente.

Na Figura 61 e Figura 62 estão os dendrograma associando as estações amostrais (unidades amostrais) e as variáveis envolvidas, os metais do estudo, respectivamente.

Figura 61 - Dendrograma resultante da análise de cluster para a campanha amostral 2023-24, BI-BJ-BK e BL, associando os locais das unidades amostrais, metais totais N= 32, em oito locais amostrais em cada uma das campanhas amostrais.

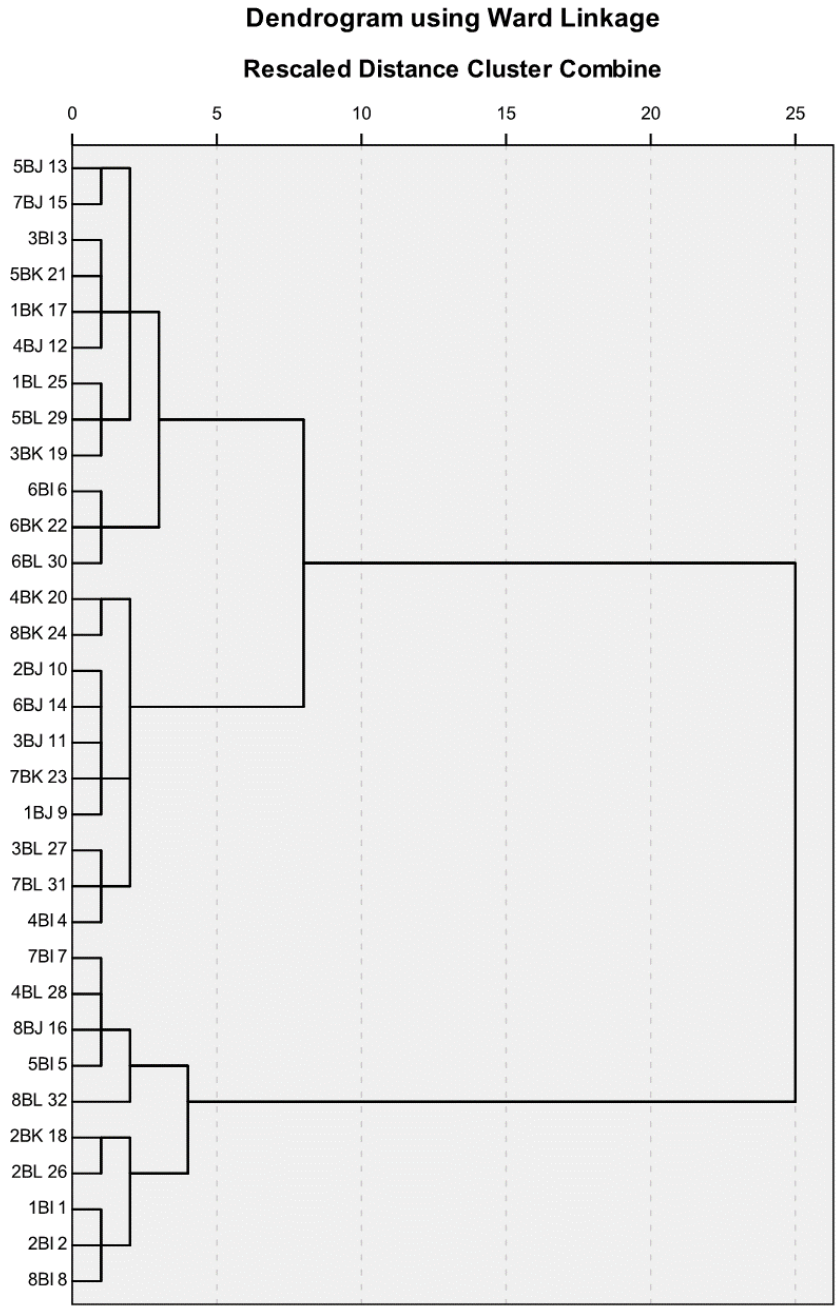
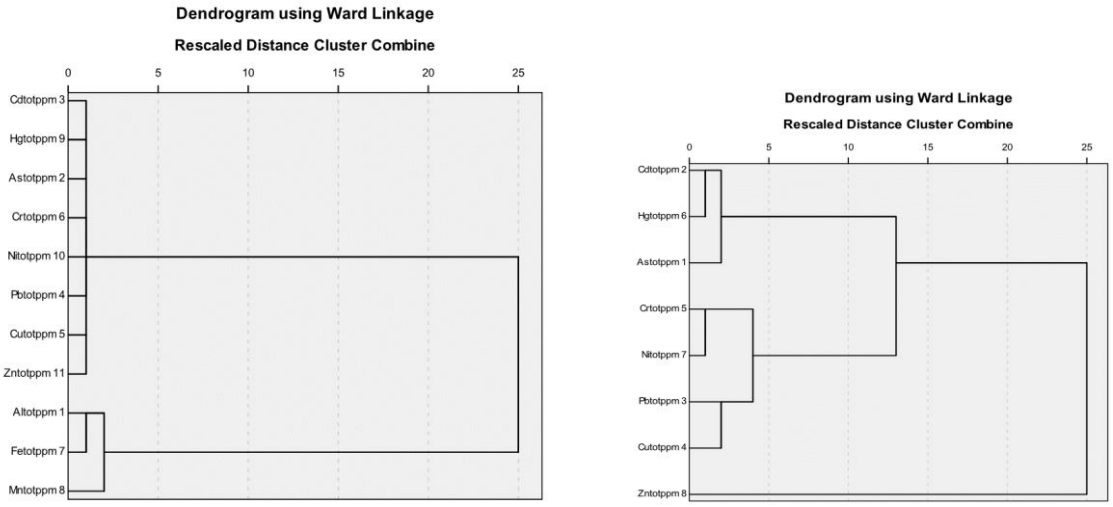


Figura 62 - Dendrograma resultante da análise de cluster para a campanha amostral 2023-24, BI-BJ-BK e BL, associando os metais do estudo, concentrações de metais totais, onze metais estudados, N=32. Para visualizar as relações entre os metais menos abundantes, retira-se da análise Al, Fe e Mn e aplica-se o agrupamento aos restantes o resultando o dendrograma sem os metais Al, Fe e Mn.



A análise das associações entre metais permite identificar padrões comuns, como a coexistência de elementos que se formam juntos em processos geológicos, ou a presença de elementos que são mobilizados por processos antrópicos, como a mineração e a agricultura. Essa abordagem é essencial para o gerenciamento ambiental, pois possibilita a identificação de fontes potenciais de poluição e os efeitos combinados de múltiplos contaminantes.

Análise dos Componentes Principais (PCA)

A Análise de Componentes Principais (PCA) é uma técnica multivariada que permite reduzir a dimensionalidade dos dados, identificando padrões e relações subjacentes em um conjunto de variáveis. Ao aplicar a PCA no SPSS, se pode analisar como diferentes variáveis como metais nos sedimentos, estão relacionadas, além de identificar quais componentes principais explicam a maior parte da variação nos dados.

PCA (Análise de Componentes Principais): Foi usada para identificar padrões de variabilidade nos dados dos metais nos sedimentos.

A PCA ajuda a reduzir a complexidade dos dados e identificar quais variáveis mais contribuem para a variação dos resultados.

Foram realizados também os testes de Bartlet e de esfericidade para avaliar a adequação das amostras para a análise de componentes principais.

Quadro 28 - Os resultados dos testes de Bartlet e de esfericidade. Os resultados destes testes indicam a possibilidade de utilizar a matriz de dados, composta pelos metais nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, em uma análise de componentes principais.

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,641
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	217,806
	df	55
	Sig.	,000

Este Quadro 28 que mostra os “eigenvalues” de cada componente principal. Os “eigenvalues” representam a quantidade de variância explicada por cada componente.

Um “eigenvalue” maior que 1 é um indicativo de que o componente é relevante. O primeiro componente principal terá o maior “eigenvalue” e explicará a maior parte da variância dos dados.

Já o gráfico de “Scree Plot” auxilia a visualizar onde a variância explicada começa a diminuir substancialmente, geralmente após o ponto de inflexão no gráfico. Este ponto pode sugerir o número adequado de componentes a serem retidos para análise, Figura 63.

Na Tabela 76 mostra a quantidade de variância explicada por cada componente. A coluna "Cumulative %" indica a variância total explicada pelos componentes que foram retidos.

Retem-se os primeiros componentes, com o objetivo de que eles expliquem uma boa parte da variância total. Por exemplo, os primeiros 3 componentes podem explicar 68,79% da variância total. Isso indica que os componentes principais selecionados são eficazes em capturar a estrutura dos dados.

Na Tabela 76, está o resultado da análise dos componentes principais. Isto é o sistema separou 4 componentes principais, o primeiro componente explica 38,8% da variância, o segundo componentes explica 15,7% da variância dos dados, o terceiro componente explica

14,3% da variância e o quarto e último componente explica 11,9% da variância dos dados. Perfazendo um total de 80,75% de explicação da variância, Tabela 77.

Na Tabela 77Tabela 77 - Matriz de componentes rotacionados, apresentam-se os componentes, as variáveis hipotéticas e a sua composição das variáveis originais., apresentam-se as novas variáveis hipotéticas obtidas isto é os componentes e a composição destas novas variáveis com base nas variáveis originais, coletada e medidas, cada componente principal (4) agora são as quatro variáveis hipotéticas que explicam cerca de 80,7% da variância do conjunto de dados representados pelas concentrações de metais medidos nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota.

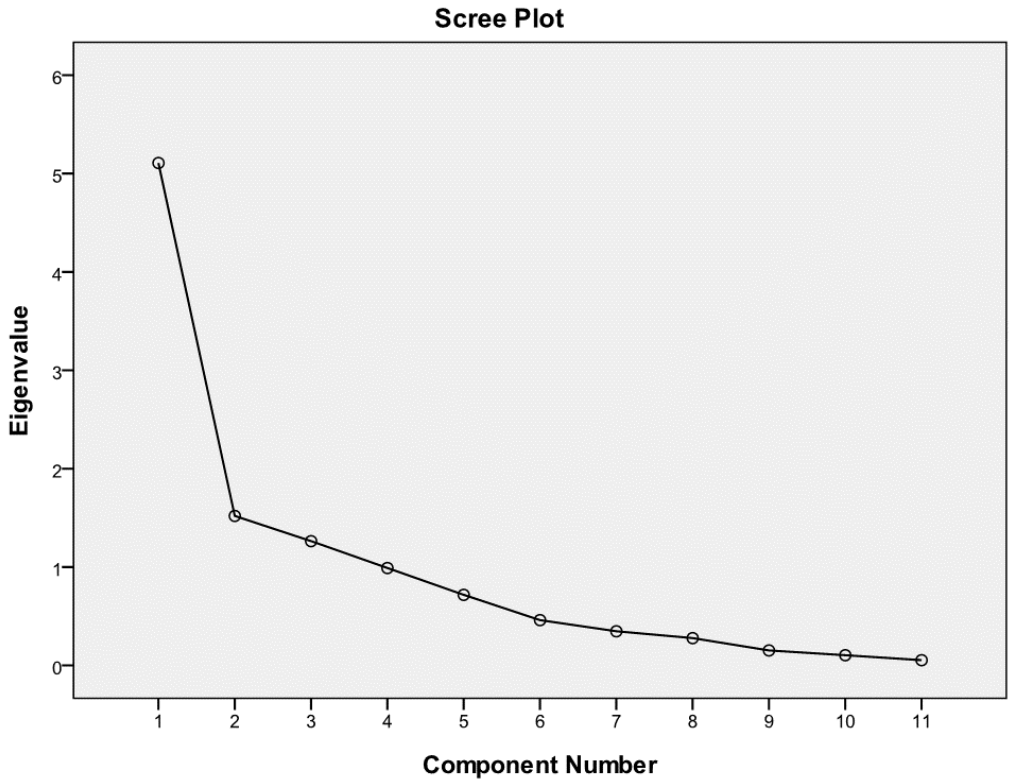
Na Tabela 77, cada variável original é apresentada por uma carga que representa a sua influência no componente ou nas novas variáveis hipotéticas.

Tabela 76 - Resultado da análise multivariada no SPSS, a análise estabeleceu 4 componentes principais para o ano amostral 2023-24. A redução das onze variáveis originais representadas pela concentração de metais total dos onze metais em sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, reduzidas a quatro variáveis hipotéticas (componentes), registrando 80,75% da variância, portanto a análise registra uma perda de apenas 19,24% da variância dos dados.

				Total da variância explicada					
		Initial Eigenvalues		Extração de somas de carga quadrada			Somatório das cargas quadradas de rotação		
Componentes	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5,108	46,435	46,435	5,108	46,435	46,435	4,267	38,793	38,793
2	1,52	13,82	60,255	1,52	13,82	60,255	1,729	15,721	54,514
3	1,264	11,492	71,747	1,264	11,492	71,747	1,571	14,282	68,796
4	0,991	9,009	80,755	0,991	9,009	80,755	1,315	11,959	80,755
5	0,718	6,529	87,284						
6	0,461	4,193	91,477						
7	0,348	3,162	94,638						
8	0,278	2,53	97,168						
9	0,153	1,39	98,559						
10	0,104	0,95	99,508						
11	0,054	0,492	100						
Método de Extração: Análise de Componentes Principais.									

Foi plotado também o "Scree Plot" para visualizar a distribuição dos “eigenvalues” (autovalores), o que ajudará a determinar quantos componentes principais, Figura 63.

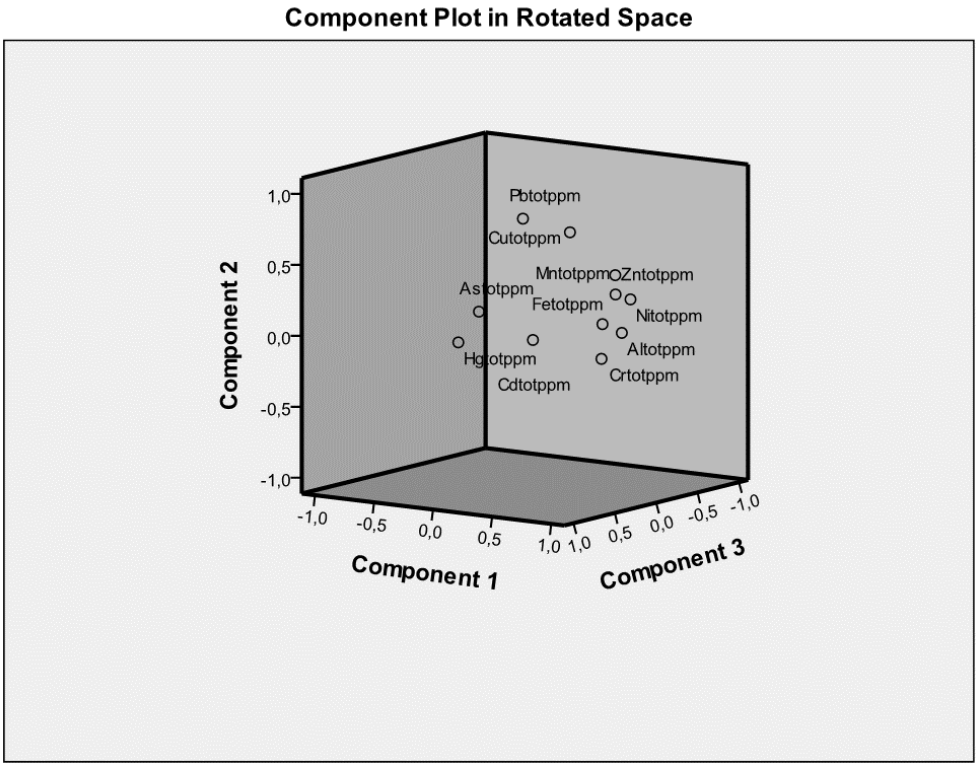
Figura 63 - “Scree plot” gerado pela análise dos componentes principais.



Na

Figura 64, apresenta-se o diagrama tridimensional com os três eixos representando os três primeiros componentes principais, e as variáveis plotadas em torno destes três eixo, representando cerca de 68,7% de variância.

Figura 64 - Resultado da plotagem dos três componentes principais, a as variáveis que caracterizaram os sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota. O primeiro componente explica cerca de 38,8% da variância dos dados, o segundo componente explica 15,72% da variância dos dados e o terceiro componente explicou cerca de 14,3% da variância dos dados, perfazendo os três cerca de 68,79% da variância. No diagrama pode ser observado a proximidade de cada variável original aos três eixos que representam os componentes principais.



Foi aplicado o método de rotação, para obter uma solução mais interpretável. Foi usado o método mais comum a "Varimax" (rotação ortogonal), que visou melhorar a interpretação dos componentes obtidos pela análise.

Mostra as cargas dos componentes (loading), ou seja, a correlação entre as variáveis originais e os componentes principais.

As variáveis com maiores cargas em um determinado componente são as que mais influenciam esse componente. Por exemplo, se a variável "concentração de metais nos sedimentos" tiver uma carga alta no primeiro componente, isso sugere que o primeiro componente está relacionado com a contaminação por metais.

As cargas variam de -1 a 1; valores próximos de 1 ou -1 indicam uma correlação forte, enquanto valores próximos de 0 indicam uma correlação fraca.

Tabela 77 - Matriz de componentes rotacionados, apresentam-se os componentes, as variáveis hipotéticas e a sua composição das variáveis originais.

Elementos	*1*	*2*	*3*	*4*
Altot(ppm)	0,932	0,09	0,161	0,001
Astot(ppm)	0,175	0,257	0,807	0,166
Cdtot(ppm)	0,026	-0,083	-0,058	0,895
Pbtot(ppm)	0,127	0,82	0,206	-0,239
Cutot(ppm)	0,482	0,751	0,145	0,251
Crtot(ppm)	0,804	-0,096	0,223	-0,416
Fetot(ppm)	0,802	0,146	0,209	0,19
Mntot(ppm)	0,704	0,438	-0,086	-0,283
Hgtot(ppm)	0,023	0,029	0,838	-0,233
Nitot(ppm)	0,805	0,272	-0,125	0,022
Zntot(ppm)	0,826	0,339	0,085	0,152

Método de extração: Análise de componentes principais.
Método de rotação: Varimax com normalização de Kaiser.
a. Rotação convergida em 5 iterações.

Os três primeiros componentes apresentam cerca de 68,79% da variância dos dados, e são representados pelas seguintes variáveis originais:

Componente 1: Al, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn;

Componente 2: Pb,e o Cu;

Componente 3: As e Hg.

O SPSS gerou pontuações para cada componente principal, geralmente nas variáveis salvas. Estas pontuações representam a "pontuação" de cada observação (exemplo: Hg) em cada componente principal.

Esses scores podem ser usados para realizar outras análises, como análise de agrupamento (“cluster analysis”) ou para visualização dos dados em gráficos de dispersão.

Primeiro Componente Principal: O primeiro componente geralmente explica a maior parte da variância dos dados. Se a carga das variáveis de metais é alta neste componente, pode interpretar esse componente como um "índice de poluição por metais".

Segundo Componente: O segundo e o terceiro componentes geralmente são associados a variações específicas nos dados. Ao observar as cargas das variáveis nesses componentes, pode-se interpretar as principais dimensões da variação no sistema.

Identificação de Padrões: Ao analisar as cargas das variáveis, se pode identificar quais fatores estão mais influenciando o estado ambiental do arroio. Por exemplo, uma forte carga de variáveis de qualidade no primeiro componente pode indicar que a qualidade dos sedimentos estabelecida pelos metais do principal fator que influencia o ecossistema aquático.

A PCA é uma técnica estatística usada para reduzir a dimensionalidade de um conjunto de dados, preservando a maior parte da variação presente nas variáveis originais. A PCA transforma as variáveis originais em um novo conjunto de variáveis, chamadas de componentes principais. Cada componente é uma combinação linear das variáveis originais, e os componentes são ordenados de acordo com a quantidade de variância que explicam nos dados.

Na Figura 63, as deflexões da linha traçada mostram os componentes calculados.

Já na Figura 64 apresentam-se os três primeiros componentes principais e as variáveis plotadas num espaço tridimensional, aproximando-as ou afastando-as dos três eixos cada um representando um dos três primeiros componentes principais.

Embora a PCA seja extremamente útil para exploração e visualização de dados multivariados, ela não é uma técnica de inferência causal. Ou seja, a PCA ajuda a identificar padrões e agrupamentos nas variáveis, mas não estabelece relações causais entre elas. Vamos ver como isso funciona no contexto de seu estudo e por que a PCA, por si só, não pode ser usada para determinar causalidade:

Objetivo da PCA:

- Redução de Dimensionalidade: A PCA encontra combinações lineares de variáveis que explicam a maior parte da variância nos dados. No estudo, isso pode ajudar a identificar padrões nas variáveis sem se preocupar com as relações causais entre elas.
- Interpretação dos Componentes: Cada componente principal da PCA é uma nova variável que reflete um padrão nas variáveis originais. Por exemplo, o primeiro componente pode representar a combinação das variáveis que explicam a maior parte da variação na qualidade da presença de metais.

As relações de causalidade estão associadas a dados históricos gerados antes das atividades econômicas se instalarem na bacia hidrográfica do arroio Candiota. É possível estabelecer a qualidade ambiental, mas as relações de causalidade, não são possíveis devido a ausência destes dados.

2.5.6. RTR & ARTR

A utilização da razão para referência (RTR) e o valor agregado de referência (ARTR) nas concentrações de metais em sedimentos superficiais de fundo de uma calha fluvial de uma bacia multiusos é um procedimento importante para avaliar a contaminação e os impactos ambientais devido à presença de metais.

A razão para referência (RTR) é um parâmetro que compara a concentração de um metal em uma amostra com uma concentração de referência, que pode ser o valor natural ou o valor de um local não impactado. Esta razão ajuda a identificar se a concentração de um metal está acima dos níveis normais esperados para a área em questão.

O conceito de Razão para Referência (RTR) surgiu no contexto de métodos de monitoramento e avaliação ambiental. A ideia básica por trás do RTR é comparar as concentrações de um composto (geralmente um metal) em uma amostra com as concentrações de referência, que refletem níveis naturais ou não contaminados do composto em questão, ou ainda um local considerado menos influenciado por determinado uso que se quer avaliar. A origem e desenvolvimento dessa abordagem estão intimamente ligadas aos seguintes fatores:

- Monitoramento de Poluição Ambiental: Com o aumento da preocupação com a contaminação ambiental, especialmente com metais (como cádmio, chumbo, mercúrio), o RTR foi aplicado para fornecer uma ferramenta quantitativa para avaliar se os níveis desses metais em sedimentos estão dentro do esperado para áreas naturais ou não contaminadas, considerando o local de referência a estação amostral 1.
- Identificação de Fontes de Contaminação: A razão para referência é útil para identificar fontes de contaminação e impactos antropogênicos nas concentrações de metais em áreas fluviais, costeiras ou terrestres. O método compara a concentração observada com o nível de base ou local de referência para indicar desvios significativos.

- Apoio à Legislação e Gestão Ambiental: O RTR é uma ferramenta utilizada para classificar a severidade da contaminação em áreas específicas e orientar ações de remediação ou controle de contaminantes/poluentes. Além disso, ajuda na formulação de políticas de qualidade ambiental e regulamentações sobre limites de poluição.

Para utilizar a RTR foram seguidas as seguintes etapas:

- Passo 1: Determinadas as concentrações de 11 metais nos sedimentos superficiais de fundo nas estações de amostragem na calha fluvial do arroio Candiota;
- Passo 2: Os valores de referências foram identificados como os valores das concentrações obtidos para os metais do estudo na estação amostral 1, o local de referência. Esses valores podem ser baseados em dados de um local não impactado ou em literatura científica sobre as concentrações naturais dos metais na bacia;
- Passo 3: Foram calculadas a razão para referência para cada metal, dividindo a concentração do metal na amostra pela concentração do mesmo metal obtido no local de referência, estação amostral 1.
- Se RTR > 1, isso indica que a concentração do metal na amostra é maior do que a concentração do mesmo metal no local de referência, sugerindo uma possível contaminação ou aumento devido a atividades humanas.
- Se RTR ≈ 1, a concentração do metal está dentro dos níveis naturais, sem evidências claras de contaminação.
- Se RTR < 1, a concentração do metal na amostra é menor do que a concentração obtida para o mesmo metal no local de referência, o que pode indicar um ambiente menos impactado ou uma menor deposição do metal.
- Avaliação da qualidade ambiental: A comparação entre a concentração de metais nos sedimentos da calha fluvial e os valores de referência (local de referência) ajuda a entender se há impactos ambientais devido a atividades humanas como mineração, indústria, agricultura, ou a urbanização;
- Gestão e monitoramento: A identificação de concentrações elevadas de metais pode sinalizar a necessidade de ações de controle e remediação, especialmente em áreas sensíveis à

contaminação/poluição, como zonas de abastecimento de água ou nos mais importantes habitats.

- Análise temporal e espacial: A utilização dessas comparações permite observar variações nas concentrações de metais ao longo do tempo e entre diferentes pontos da bacia, o que é importante para identificar fontes de poluição e tendências de contaminação/poluição.

O uso da razão para referência e do valor agregado de referência nas concentrações de metais nos sedimentos fluviais fornece uma ferramenta para identificar e quantificar a contaminação nos ambientes aquáticos. Esses métodos são fundamentais para a avaliação e o monitoramento da qualidade ambiental em bacias hidrográficas multiusos, permitindo ações mais precisas de gestão ambiental e se for o caso a mitigação dos impactos causados pela poluição.

Nas Tabela 78 até Tabela 82, apresentam-se os resultados dos cálculos do RTR e ARTR para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota.

A razão para referência é uma relação ou razão entre a concentração de um elemento em uma amostra específica (como sedimentos, água, solos etc.) e a concentração desse elemento em um local de referência, que serve como padrão ou valor esperado para esse composto, a estação 1, o local de referência.

A razão para referência é uma ferramenta simples, mas eficaz, para avaliar a contaminação de ambientes. Ela permite comparar os níveis de compostos em uma área impactada com os níveis esperados (referência), ajudando a identificar problemas de contaminação e a orientar ações de manejo ambiental e remediação.

Já o valor de referência relaciona as razões entre o “mix”, o somatório dos RTR de cada amostras tendo a unidade amostral do local de referência como a referência sendo o denominador de uma razão matemática, na Tabela 82, apresenta-se a ordenação dos ARTR para o ano amostral Primavera de 2023 (BI), e verão (BJ), outono (BK) e inverno (BL) de 2024.

Tabela 78 - Razão para referência (RTR) e valor agregado para referência, considerando a campanha amostral de primavera de 2023, sufixo BI. A estação amostral 1BI é a referência.

Unid.Amost	1BI	RTR1BI	2BI	RTR 2BI	3BI	RTR 3BI	4BI	RTR 4BI	5BI	RTR 5BI	6BI	RTR 6BI	7BI	RTR 7BI	8BI	RTR 8BI
Al(ppm)	2209,40	1,00	2340,60	1,06	557,48	0,25	679,84	0,31	4363,34	1,97	839,61	0,38	2172,94	0,98	1979,48	0,90
Astot(ppm)	2,63	1,00	0,85	0,32	0,11	0,04	0,11	0,04	0,18	0,07	0,11	0,04	0,16	0,06	2,71	1,03
Cdtot(ppm)	0,01	1,00	0,01	0,68	0,01	0,62	0,01	0,61	0,01	1,05	0,05	6,06	0,01	0,90	0,01	0,81
Pbtot(ppm)	0,44	1,00	0,29	0,68	0,27	0,61	5,38	12,37	2,29	5,26	0,26	0,60	1,95	4,48	0,35	0,81
Cutot(ppm)	3,50	1,00	2,33	0,67	0,83	0,24	1,26	0,36	6,53	1,87	1,44	0,41	3,39	0,97	3,24	0,93
Crtot(ppm)	2,64	1,00	4,09	1,55	0,92	0,35	3,29	1,25	5,29	2,00	0,26	0,10	1,95	0,74	3,18	1,20
Fe(ppm)	8570,06	1,00	5367,90	0,63	1706,55	0,20	3454,30	0,40	8879,31	1,04	4151,67	0,48	4278,76	0,50	3842,09	0,45
Mntot(ppm)	829,80	1,00	442,51	0,53	152,68	0,18	205,09	0,25	853,83	1,03	39,52	0,05	601,48	0,72	143,89	0,17
Hgtot(ppm)	0,03	1,00	0,02	0,68	0,02	0,61	0,02	0,61	0,03	1,05	0,02	0,61	0,02	0,90	0,02	0,81
Nitot(ppm)	2,36	1,00	2,78	1,18	0,53	0,22	2,43	1,03	10,71	4,54	1,83	0,78	6,80	2,88	2,48	1,05
Zntot(ppm)	15,52	1,00	17,40	1,12	4,25	0,27	17,05	1,10	32,07	2,07	8,78	0,57	17,05	1,10	44,92	2,89
	∑	11,00	∑	9,09	∑	3,60	∑	18,33	∑	21,95	∑	10,07	∑	14,23	∑	11,05
	ARTR 1BI	1,00	ARTR 2BI	0,83	ARTR 3BI	0,33	ARTR 4BI	1,67	ARTR 5BI	2,00	ARTR 6BI	0,92	ARTR 7BI	1,29	ARTR 8BI	1,00

Tabela 79 - Razão para referência (RTR) e valor agregado para referência, considerando a campanha amostral de verão de 2024, sufixo BJ. A estação amostral 1BJ é a referência.

Unid.Amost	1BJ	RTR 1BJ	2BJ	RTR 2BJ	3BJ	RTR 3BJ	4BJ	RTR 4BJ	5BJ	RTR 5BJ	6BJ	RTR 6BJ	7BJ	RTR 7BJ	8BJ	RTR 8BJ
Al(ppm)	1534,73	1,00	1347,59	0,88	846,30	0,55	369,75	0,24	417,26	0,27	981,60	0,64	453,71	0,30	1725,38	1,12
Astot(ppm)	0,07	1,00	0,05	0,78	0,06	0,91	0,05	0,76	0,06	0,85	0,01	0,09	0,06	0,92	0,07	1,03
Cdtot(ppm)	0,01	1,00	0,01	0,78	0,01	0,91	0,01	0,76	0,01	0,85	0,01	0,90	0,01	0,92	0,01	1,03
Pbtot(ppm)	1,64	1,00	1,28	0,78	1,49	0,91	0,38	0,23	1,39	0,85	1,47	0,90	1,51	0,92	10,54	6,43
Cutot(ppm)	1,64	1,00	1,28	0,78	1,49	0,91	0,55	0,34	1,39	0,85	1,47	0,90	1,51	0,92	3,15	1,92
Crtot(ppm)	1,64	1,00	1,77	1,08	1,49	0,91	1,21	0,74	1,39	0,85	1,47	0,90	1,51	0,92	2,40	1,46
Fe(ppm)	7260,82	1,00	2717,12	0,37	3357,30	0,46	1863,55	0,26	1143,17	0,16	4242,03	0,58	1483,16	0,20	5794,70	0,80
Mntot(ppm)	263,41	1,00	203,46	0,77	317,77	1,21	109,35	0,42	167,79	0,64	233,10	0,88	118,98	0,45	670,52	2,55
Hgtot(ppm)	0,02	1,00	0,02	0,79	0,02	0,91	0,01	0,26	0,02	0,85	0,02	0,91	0,02	0,92	0,02	1,04
Nitot(ppm)	3,27	1,00	2,57	0,79	2,97	0,91	0,75	0,23	2,78	0,85	2,95	0,90	3,02	0,92	1,83	0,56
Zntot(ppm)	8,82	1,00	7,77	0,88	5,73	0,65	9,35	1,06	4,07	0,46	11,49	1,30	4,02	0,46	27,87	3,16
	∑	11,00	∑	8,69	∑	9,23	∑	5,29	∑	7,47	∑	8,90	∑	7,86	∑	21,10
	ARTR 1BJ	1,00	ARTR 2BJ	0,79	ARTR 3BJ	0,84	ARTR 4BJ	0,48	ARTR 5BJ	0,68	ARTR 6BJ	0,81	ARTR 7BJ	0,71	ARTR 8BJ	1,92

Tabela 80 - Razão para referência (RTR) e valor agregado para referência, considerando a campanha amostral de outono de 2024, sufixo BK. A estação amostral 1BK é a referência.

Unid.Amost	1BK	RTR 1BK	2BK	RTR 2BK	3BK	RTR 3BK	4BK	RTR 4BK	5BK	RTR 5BK	6BK	RTR 6BK	7BK	RTR 7BK	8BK	RTR 8BK
Al(ppm)	488,18	1,00	5980,94	12,25	340,39	0,70	989,46	2,03	349,88	0,72	461,31	0,94	1013,04	2,08	852,31	1,75
Astot(ppm)	0,06	1,00	0,07	1,18	0,05	0,89	0,05	0,92	0,06	1,05	0,06	0,98	0,09	1,62	0,07	1,15
Cdtot(ppm)	0,01	1,00	0,01	1,18	0,01	0,89	0,01	0,92	0,01	1,05	0,01	0,98	0,01	1,62	0,01	1,19
Pbtot(ppm)	0,29	1,00	0,34	1,18	0,26	0,89	0,27	0,92	0,30	1,05	0,28	0,98	0,49	1,68	0,33	1,15
Cutot(ppm)	0,29	1,00	0,26	0,91	0,26	0,89	0,27	0,92	0,30	1,05	0,28	0,98	1,92	6,67	0,33	1,15
Crtot(ppm)	0,72	1,00	11,17	15,58	0,69	0,96	3,75	5,23	0,66	0,92	0,97	1,35	0,85	1,19	1,07	1,49
Fe(ppm)	2842,35	1,00	10444,04	3,67	1275,27	0,45	8133,04	2,86	1301,00	0,46	3901,89	1,37	3605,23	1,27	7790,64	2,74
Mntot(ppm)	139,51	1,00	526,80	3,78	70,83	0,51	95,91	0,69	134,12	0,96	50,59	0,36	230,08	1,65	172,55	1,24
Hgtot(ppm)	0,02	1,00	0,02	1,18	0,02	0,89	0,02	0,92	0,02	1,04	0,02	0,98	0,03	1,61	0,02	1,15
Nitot(ppm)	0,06	1,00	7,18	124,87	0,51	8,92	3,05	53,04	0,73	12,64	1,36	23,65	4,98	86,61	1,12	19,48
Zntot(ppm)	2,75	1,00	26,56	9,66	2,06	0,75	17,24	6,27	3,59	1,31	5,43	1,97	11,01	4,00	9,22	3,35
	∑	11,00	∑	175,45	∑	16,74	∑	74,72	∑	22,22	∑	34,58	∑	109,99	∑	35,85
	ARTR 1BK	1,00	ARTR 2BK	15,95	ARTR 3BK	1,52	ARTR 4BK	6,79	ARTR 5BK	2,02	ARTR 6BK	3,14	ARTR 7BK	10,00	ARTR 8BK	3,26

Tabela 81 - Razão para referência (RTR) e valor agregado para referência, considerando a campanha amostral de inverno de 2024, sufixo BL. A estação amostral 1BL é a referência.

Unid.Amost	1BL	RTR 1BL	2BL	RTR 2BL	3BL	RTR 3BL	4BL	RTR 4BL	5BL	RTR 5BL	6BL	RTR 6BR	7BL	RTR 7BL	8BL	RTR 8BL
Al(ppm)	278,42	1,00	4196,91	15,07	846,59	3,04	1331,83	4,78	294,22	1,06	682,81	2,45	1005,16	3,61	1808,94	6,50
Astot(ppm)	0,40	1,00	0,30	0,74	0,30	0,73	0,84	2,07	0,47	1,16	1,35	3,34	0,85	2,11	4,33	10,72
Cdtot(ppm)	0,01	1,00	0,01	1,06	0,01	1,06	0,01	1,18	0,01	1,01	0,01	1,06	0,01	1,05	0,01	0,98
Pbtot(ppm)	0,71	1,00	1,31	1,84	1,44	2,02	3,80	5,33	1,06	1,49	1,71	2,40	2,62	3,67	7,64	10,72
Cutot(ppm)	0,28	1,00	0,67	2,37	0,60	2,13	1,74	6,19	0,32	1,12	0,62	2,22	0,73	2,59	6,76	24,06
Crtot(ppm)	1,70	1,00	7,44	4,38	2,06	1,21	3,95	2,32	1,45	0,85	1,57	0,92	1,76	1,04	2,16	1,27
Fe(ppm)	1790,65	1,00	3875,44	2,16	2693,71	1,50	7089,85	3,96	1135,97	0,63	3752,46	2,10	2317,77	1,29	15945,03	8,90
Mntot(ppm)	45,41	1,00	322,06	7,09	131,43	2,89	1411,34	31,08	63,61	1,40	21,91	0,48	218,18	4,80	302,41	6,66
Hgtot(ppm)	0,04	1,00	0,04	0,98	0,04	0,98	0,03	0,94	0,04	1,01	0,04	0,98	0,04	0,98	0,03	0,82
Nitot(ppm)	0,56	1,00	2,16	3,85	0,59	1,06	4,70	8,38	0,61	1,09	1,71	3,05	1,25	2,23	2,66	4,74
Zntot(ppm)	1,94	1,00	7,02	3,62	5,06	2,61	23,59	12,16	2,87	1,48	5,55	2,86	5,15	2,65	27,93	14,40
	∑	11,00	∑	43,17	∑	19,23	∑	78,40	∑	12,32	∑	21,86	∑	26,03	∑	89,76
	ARTR 1BL	1,00	ARTR 2BL	3,92	ARTR 3BL	1,75	ARTR 4BL	7,13	ARTR 5BL	1,12	ARTR 6BL	1,99	ARTR 7BL	2,37	ARTR 8BL	8,16

Tabela 82 - Ordenação dos valores agregados para referência ARTR, considerando cada uma das campanhas amostrais. As unidades amostrais são ordenadas em valores decrescentes de diferenças entra as concentrações dos metais, considerando a estação 1 como referência para as respostas obtidas nas concentrações dos metais, "mix", nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota, em cada uma das campanhas amostrais. A unidade amostral de referência está em negrito, e o valor para cada estação de referência é a unidade.

ARTR Amost	ARTR	ARTR Amost	ARTR	ARTR Amost	ARTR	ARTR Amost	ARTR
ARTR 5BI	2,00	ARTR 8BJ	1,92	ARTR 2BK	15,95	ARTR 8BL	8,16
ARTR 4BI	1,67	**ARTR 1BJ**	**1,00**	ARTR 7BK	10,00	ARTR 4BL	7,13
ARTR 7BI	1,29	ARTR 3BJ	0,84	ARTR 4BK	6,79	ARTR 2BL	3,92
ARTR 8BI	1,00	ARTR 6BJ	0,81	ARTR 8BK	3,26	ARTR 7BL	2,37
ARTR 1BI	**1,00**	ARTR 2BJ	0,79	ARTR 6BK	3,14	ARTR 6BL	1,99
ARTR 6BI	0,92	ARTR 7BJ	0,71	ARTR 5BK	2,02	ARTR 3BL	1,75
ARTR 2BI	0,83	ARTR 5BJ	0,68	ARTR 3BK	1,52	ARTR 5BL	1,12
ARTR 3BI	0,33	ARTR 4BJ	0,48	**ARTR 1BK**	**1,00**	**ARTR 1BL**	**1,00**

O conceito de Razão para Referência se encaixa no amplo campo da avaliação ambiental, monitoramento ecológico e restauração ambiental, ajudando a garantir que a recuperação dos ecossistemas e as políticas de preservação se baseiem em um entendimento claro do que constitui uma condição saudável ou desejada para o ambiente.

Dessa forma, a RTR é uma ferramenta para estabelecer objetivos mensuráveis e concretos na gestão ambiental, permitindo aos gestores ambientais avaliarem com maior precisão o impacto das atividades humanas sobre os ecossistemas e a eficácia das ações de restauração ou mitigação.

Quando as concentrações nas amostras de interesse são comparadas com o ARTR, é possível avaliar se há ou não uma contaminação adicional em relação ao nível de base ou aos valores de referência, ou ao local de referência, o local de referência do arroio Candiota é a estação 1, a estação mais a montante na Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota.

- Se as concentrações nas amostras analisadas forem maiores que o ARTR, pode-se indicar a presença de contaminação.
- Se as concentrações forem semelhantes ao ARTR, isso sugere que os sedimentos podem estar dentro dos níveis naturais ou não impactados.

• Se as concentrações forem menores que o ARTR, isso pode indicar que o metal não é prevalente ou está abaixo dos níveis do local de referência.

2.5.7. Conclusões e Considerações Finais

A contaminação por metais não afeta apenas os ecossistemas, mas também representa riscos significativos à saúde humana. Os metais podem bioacumular-se em organismos aquáticos, entrando na cadeia alimentar e expondo comunidades locais a potenciais toxinas.

Um dos problemas abordados neste estudo foi a avaliação da concentração desses metais e sua distribuição nos sedimentos. A pesquisa aplicou métodos de amostragem e análise química, permitindo uma compreensão clara da extensão da contaminação. No entanto, a identificação das fontes exatas de contaminação, como descargas industriais e atividades agrícolas, não foi completamente solucionada, devido à complexidade dos sistemas de contaminação/poluição e à falta de dados históricos.

Além disso, o estudo sugere a necessidade de monitoramento contínuo, mas a implementação de estratégias de gestão ambiental efetivas ainda é um desafio.

Em resumo, enquanto o estudo conseguiu mapear a contaminação e seus riscos, a identificação das fontes de poluição e a implementação de soluções práticas permanecem em aberto, necessitando de esforços adicionais e uma abordagem integrada, as relações de causalidade não são relações facilmente identificadas, devido a tudo o que foi mostrado e discutido neste relato.

Medidas mitigadoras, como o monitoramento regular da qualidade da água, das descargas industriais e a implementação de programas de recuperação de áreas contaminadas, são fundamentais para reduzir os riscos associados. Além disso, a conscientização da população sobre os perigos da contaminação por metais para promover práticas sustentáveis e proteger a saúde pública. Assim, a pesquisa não apenas informa a política ambiental, mas também capacita as comunidades a agirem em defesa de seu ambiente e saúde.

Considerando as análises de razão para referência (RTR) e o valor agregado para razão de referência (RTR) foram calculados usando os valores médios RTRm e ARTRm do ano

amostral, desta forma relacionando os locais, unidades amostrais, recolhidas na primavera, verão, outono e inverno entre si, mostrando as relações entre as magnitudes.

O ano amostral constituem unidades amostrais recolhidas na primavera (BI) de 2023, e no verão (BJ), outono (BK) e inverno (BL) de 2024.

A análise da estatística descritiva, deste ano amostral está na Tabela 75, e as análises descritivas em cada uma das quatro campanhas amostrais que compõe o ano amostral estão nas Tabela 71 a Tabela 73.

As estações amostrais 1BI, 2BL e BK, estação 4BL, estação 5BI, estação 7BI, e estação 8BI, 8BJ e 8BL, estão numa situação acima da média do período. Considerando que cada uma estação registra um “mix” de elementos químicos, o ARTR de cada estação hierarquiza estas estações referenciadas a média do período. Todas as outras estações amostrais apresentaram o ARTR, abaixo dos valores médios para o período.

Analisando cada uma das estações amostrais independente da hierarquia fornecida pelo ARTR, tem-se que:

Estação 1: Os elementos Al, As, Cu, Fe, Mn e Hg apresentaram valores acima da média na primavera.

O Pb e o Fe apresentaram concentrações acima da média no verão.

O Hg apresentou concentrações acima da média no inverno.

Estação 2: O Al e o Cr apresentaram concentrações acima da média das concentrações do ano amostral na primavera do ano amostral.

Os elementos Al, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn, apresentaram concentrações acima das concentrações médias no outono do ano amostral.

O Al, Cr e Hg apresentaram concentrações acima das concentrações médias para o inverno no ano amostral.

Estação 3: O Hg apresentou concentrações acima das concentrações médias para o ano amostral de estudo, no inverno

Estação 4: O Pb e o Cr apresentaram concentrações acima da média do anão amostral na primavera.

O Cr e o Fe apresentaram concentrações acima da média do ano amostral no outono.

O Cr, Fe, Mn, Hg, Ni e Zn está acima da concentração média para o ano amostral no inverno.

Estação 5: Al, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Ni e Zn apresentaram concentrações acima da média para o ano amostral na primavera.

O Hg apresentou concentrações acima da média no inverno.

Estação 6: O Cd apresentou concentrações acima da média para o ano amostral na primavera.

O As, Pb, e Hg estão acima da média do ano amostral, no inverno.

Estação 7: Al, Pb, Cu, Mn, Hg, Ni apresentou concentrações acima das concentrações médias para o ano amostral na primavera.

Hg e Ni apresentaram concentrações acima das concentrações medias do ano amostral no outono.

Pb e Hg apresentaram concentrações acima das concentrações medias para o inverno do ano amostral.

Estação 8: As, Cu, Cr e Zn apresentaram concentrações acima das concentrações médias do ano amostral no período de primavera.

Pb, Cu, Fe, Mn e Zn apresentaram concentrações acima das concentrações medias do ano amostral no verão.

O Fe apresentou concentrações acima das concentrações médias do ano amostral no outono.

As, Pb, Cu, Fe, Hg e Zn apresentaram concentrações acima das concentrações médias do ano amostral no inverno.

Ao determinar o estudo destes onze metais foi com vistas ao uso do carvão na termeletricidade, porém durante o desenvolvimento do estudo, constata-se que a onipresença e a multiplicidade de usos que liberam metais ao sistema tornam o estudo muito complexo, a Tabela 83 é um esforço para dar origem aos metais frente aos usos da bacia. Muito embora se

constate por exemplos fontes difusas como a agricultura, pecuária, florestamento, associando usos de movimentação de solos, adubos e defensivos estejam distribuída por toda a área.

Tabela 83 - Construída com base nos usos econômicos presentes na B.H.A.C., e suas influências no sistema de metais do estudo.

Metal	Mineração de Carvão	Usina Térmica a Carvão	Fábricas de Cimento	Pecuária	Agricultura (Soja, Arroz)	Fruticultura	Florestamento	Estradas e Urbanização
Al (Alumínio)	Presente nas rochas carbonáticas e resíduos de mineração	Liberado como resíduo nas cinzas de carvão	Presente no cimento, em resíduos de escória	Baixos níveis, mas pode ocorrer com uso de fertilizantes	Não é comum, mas pode estar presente em adubos	Não significativo	Pode ter vestígios em fertilizantes ou solos	Presente nas argilas de pavimentação
As (Arsênio)	Contaminante na mineração de carvão e em processos de extração	Pode ser liberado no ar e nos sedimentos pela queima do carvão	Presente em alguns compostos do cimento	Pode ser introduzido pelo uso de pesticidas	Contaminante potencial em pesticidas e fertilizantes	Baixo risco, mas possível contaminação por agrotóxicos	Não associado diretamente	Em áreas urbanizadas, riscos com resíduos industriais
Cd (Cádmio)	Pode ser encontrado em materiais extraídos ou resíduos da mineração	Liberado nas cinzas de carvão e gás de exaustão	Possível presença em resíduos de cimento	Pode ser acumulado em solos contaminados por fertilizantes	Presente em fertilizantes fosfatados	Não significativo	Não associado diretamente	Presença possível em depósitos de metais pesados de tráfego
Cr (Cromo)	Encontrado em minerais de carvão e resíduos da mineração	Pode ser liberado nas cinzas de carvão	Pode estar presente no cimento, especialmente cimentos de alto forno	Pode vir de fertilizantes ou de pesticidas	Potencialmente presente em fertilizantes	Não significativo	Pode estar presente em solos	Liberação de resíduos industriais e veículos
Cu (Cobre)	Contaminante secundário em processos industriais	Pode ser liberado nas cinzas de carvão	Presença em alguns compostos do cimento	Pode ser elevado no solo devido a fertilizantes	Usado em pesticidas e fungicidas	Não significativo	Usado em fertilizantes	Presente em resíduos de estradas, pneus e veículos
Pb (Chumbo)	Contaminante comum em resíduos de carvão e na mineração	Pode ser liberado nas cinzas e no ar pela combustão	Pode ser encontrado em resíduos de cimento	Pode estar presente em fertilizantes e agrotóxicos	Presente em fertilizantes e agrotóxicos	Não significativo	Não comum	Presença em estradas devido ao desgaste de pneus e combustíveis
Fe (Ferro)	Encontrado no carvão e nas rochas sedimentares	Elevada concentração nas cinzas de carvão	Presente no cimento, principalmente como escória	Não é significativo	Pode ser enriquecido nos solos devido a fertilizantes	Pode estar presente em solos	Pode ser encontrado em solos florestais	Presente em solos e resíduos urbanos
Hg (Mercúrio)	Pode ser liberado na mineração de carvão e nas operações de fundição	Principal contaminante nas emissões de usinas a carvão, especialmente na queima de carvão	Presença em cinzas, mas geralmente em concentrações muito baixas	Pode vir de fertilizantes ou resíduos industriais	Contaminante potencial devido a pesticidas	Não significativo	Potencialmente presente em solos	Liberado em áreas urbanas devido a resíduos industriais
Mn (Manganês)	Pode ser encontrado em minérios de carvão e em solos de mineração	Presente nas cinzas de carvão, especialmente em resíduos de escória	Pode estar presente em pequenas concentrações no cimento	Pode ser liberado em águas de escoamento	Pode estar presente em solos devido ao uso de fertilizantes	Não significativo	Não comum	Pode ser liberado por veículos em tráfego
Ni (Níquel)	Pode ser encontrado em minérios de carvão e em resíduos da mineração	Presente em menores concentrações nas cinzas de carvão	Pode estar presente em escórias de cimento	Não é comum, mas pode aparecer em solos afetados por fertilizantes	Potencialmente presente em fertilizantes e resíduos agrícolas	Não significativo	Não associado diretamente	Liberado de veículos e em áreas urbanizadas devido a resíduos industriais
Zn (Zinco)	Pode ser encontrado em minérios de carvão e no processo de mineração	Presente em cinzas de carvão e resíduos industriais	Pode ser encontrado em compostos do cimento	Pode vir de fertilizantes e agrotóxicos	Usado em fertilizantes e pesticidas	Não significativo	Não associado diretamente	Resíduos de veículos e estradas, especialmente no desgaste de pneus

Na Tabela 83, mesmo frente a complexidade das interações e sinergias dos metais quando adentram o sistema hídrico tentou-se estabelecer uma relação do uso com os metais do estudo.

Na **Tabela 84**, apresenta-se o RTRm, calculado em função das medias obtidas nas quatro campanhas e marcam-se os valores acima de 1,10 vezes diferente da média das quatro campanhas amostrais BI, BJ, BK e BL.

Tabela 84 - Com base na razão de referência média (RTRm), apresentam-se os metais que ultrapassaram a concentração média do ano amostral, referenciado a estação amostral, e a estação sazonal, estas últimas representadas pelos sufixos BI- primavera de 2023, BJ-verão de 2024, BK-outono de 2024, BL- inverno de 2024. Os valores representam o número de vezes maior que a média do ano amostral. O restante dos valores das concentrações estavam abaixo ou igual a média do ano amostral.

Elem	RTRm 1BI	RTRm 1BJ	RTRm 1BL	RTRm 2BI	RTRm 2BK	RTRm 2BL	RTRm 3BL	RTRm 4BI	RTRm 4BK	RTRm 4BL	RTR 5BI	RTRm 5BL	RTRm 6BI	RTRm 6BL	RTRm 7BI	RTRm 7BK	RTRm 7BL	RTRm 8BI	RTRm 8BJ	RTRm 8BK	RTm 8BL
Al	1,17			1,24	3,16	2,22					2,31				1,15						
As	3,07													1,58				3,16			5,06
Cd													4,13								
Pb		1,17						3,83			1,63			1,22	1,39		1,87		7,51		5,44
Cu	1,24										2,32				1,20			1,15	1,12		2,40
Cr				1,51	4,13	2,75		1,22	1,39	1,46	1,96							1,18			
Fe	1,70	1,44			2,08				1,62	1,41	1,76								1,15	1,55	3,17
Mn	2,03				1,29					3,45	2,09				1,47				1,64		
Hg	1,28		1,78			1,75	1,74			1,68	1,34	1,80		1,74	1,15	1,37	1,74				1,45
Ni					1,92					1,26	2,86				1,82	1,33					
Zn					1,35					1,20	1,63							2,29	1,42		1,42

Quando as concentrações nas amostras de interesse são comparadas com o RTR médio, é possível avaliar se há ou não uma contaminação adicional em relação ao local de referência, na

Tabela 84 o local de referência é substituído pela condição de referência dada pelas médias das quatro campanhas amostrais do ano amostral 2023-2024, veja a

Tabela 75.

- Se as concentrações nas amostras analisadas forem maiores que o RTRm, pode-se indicar a presença de contaminação.
- Se as concentrações forem semelhantes ao RTRm, isso sugere que os sedimentos podem estar dentro dos níveis semelhantes as médias obtidas nas quatro campanhas sazonais executadas.
- Se as concentrações forem menores que o RTRm, isso pode indicar que o metal não é prevalente ou está abaixo dos níveis das médias obtidas para o metal nas quatro campanhas amostrais que compõe o ano amostral 2023-2024

O estudo de metais em sedimentos de rios em áreas de múltiplos usos, como a bacia descrita, envolve a análise complexa das interações entre diferentes fontes de poluição, os processos de transporte, deposição e transformação de metais nos sedimentos, e as possíveis sinergias entre os próprios metais. Esses metais, incluindo Al, As, Cd, Cu, Pb, Cr, Hg, Fe, Mn, Ni e Zn, podem ter origens diversas e interagir de maneiras complexas devido a processos físicos, químicos e biológicos.

As principais fontes de contaminação por metais na bacia do arroio Candiota incluem atividades industriais, mineração, agricultura e urbanização. A mineração de carvão mineral e de mármores, por exemplo, pode liberar metais como Pb, As, Hg, Cd, Cr e Mn.

A geração de energia termelétrica a partir da queima de carvão pode contribuir com Hg, As, Pb, e outros elementos. A pecuária intensiva e a agricultura (como a soja e o arroz) podem adicionar metais como Cu, Zn, e Mn, através do uso de fertilizantes e pesticidas. Já as indústrias de cimento podem liberar metais como Cr e Pb.

Além disso, o trânsito de veículos em estradas e o urbanismo podem ser fontes de Pb (em particular de veículos mais antigos), Cu (da infraestrutura de cabos elétricos), e Zn (de pneus e combustíveis).

Os metais presentes nos sedimentos podem interagir de diversas formas, incluindo competições por locais de adsorção em minerais de argila, sinergias nos processos de precipitação ou coprecipitação, e transformação redox que afetam a mobilidade e a toxicidade dos metais.

A seguir algumas das interações:

- Formação de Complexos e Precipitação: Alguns metais, como Cu, Zn, Pb, Cd, e Ni, podem formar complexos com minerais presentes nos sedimentos, como os óxidos de ferro e manganês, e com matéria orgânica. Por exemplo, o Cu e o Zn podem ser

encontrados em maior concentração em sedimentos ricos em ferro e manganês, devido à capacidade desses minerais de adsorver e precipitar esses metais. Sinergias podem ocorrer quando a presença de um metal favorece a adsorção ou precipitação de outro, aumentando a concentração total de metais nos sedimentos.

- Transformações Redox: Metais como o As, Cr, Hg e Fe são altamente sensíveis a transformações redox, que podem ser influenciadas pela atividade microbiana e pelas condições ambientais dos sedimentos (pH, presença de matéria orgânica, oxigênio dissolvido etc.). Por exemplo, o Cr pode ser transformado de sua forma hexavalente (Cr 6+) para a forma trivalente (Cr 3+) sob condições redutoras, sendo esta última menos tóxica e mais facilmente adsorvida nos sedimentos. Da mesma forma, o Hg pode ser metilado por processos microbianos, tornando-se altamente tóxico e bioacumulável. Essas transformações podem ocorrer simultaneamente com a mobilização ou deposição de outros metais.
- Competição por locais de Adsorção: Alguns metais, como o Zn e o Cd, podem competir por sites de adsorção em minerais de argila e óxidos de ferro e manganês nos sedimentos. Isso pode resultar em uma maior ou menor retenção desses metais, dependendo das concentrações relativas e das condições do sedimento. Por exemplo, uma maior concentração de Zn pode reduzir a retenção de Cd nos sedimentos, ou vice-versa, dependendo das características do ambiente sedimentar.
- Sinergias Tóxicas: Em termos de toxicidade, a presença de múltiplos metais pode ter efeitos sinérgicos. Isso significa que a toxicidade combinada de dois ou mais metais pode ser maior do que a soma da toxicidade de cada metal isoladamente. Isso é especialmente relevante em ambientes aquáticos, onde a bioacumulação de metais pode afetar organismos aquáticos em diferentes níveis tróficos. Por exemplo, a presença de Pb, Cd, e As pode ter um efeito conjunto sobre a saúde de organismos aquáticos, com potenciais impactos para a biodiversidade e a qualidade da água.

Os sedimentos fluviais atuam como reservatórios e transportadores de metais, podendo influenciar a qualidade da água e o estado ecológico da bacia. A presença de metais nos sedimentos pode ter os seguintes efeitos:

- Mobilidade dos Metais: A mobilidade dos metais nos sedimentos depende de vários fatores, como o pH da água, a presença de matéria orgânica e a oxidação/redução. Em condições anaeróbicas, por exemplo, o ferro e o manganês podem reduzir a solubilidade de certos metais, mas outros como o Hg podem se tornar mais biodisponíveis, o que aumenta o risco de contaminação de organismos aquáticos.

- Bioacumulação: Alguns metais, como Hg, Pb, As, Cu e Zn, podem ser bioacumulados em organismos aquáticos e se concentrar ao longo da cadeia alimentar. O impacto disso pode ser importante, afetando organismos de diferentes níveis tróficos e levando à perda de biodiversidade.
- Toxicidade e Impactos na Saúde dos Ecossistemas: A presença de metais como Pb, Hg e As pode ter efeitos adversos sobre a fauna aquática e a qualidade do ecossistema. A exposição crônica a esses metais pode causar distúrbios fisiológicos, comportamentais e reprodutivos em peixes, invertebrados e outras espécies aquáticas. Além disso, o aumento das concentrações de metais no sedimento pode diminuir a qualidade do habitat para diversas espécies aquáticas.

A interação entre os metais Al, As, Cd, Cu, Pb, Cr, Hg, Fe, Mn, Ni, e Zn nos sedimentos de fundo de calha fluvial do arroio Candiota é complexa e depende de uma série de fatores ambientais e antropogênicos. As sinergias entre esses metais podem aumentar a carga tóxica para os ecossistemas aquáticos, influenciar os processos de adsorção e precipitação nos sedimentos e afetar a mobilidade e a bioacumulação de metais. A gestão ambiental da bacia, com foco na redução da contaminação proveniente de diversas fontes, é fundamental para minimizar os impactos dessas interações e proteger os ecossistemas aquáticos e a saúde pública.

Repetindo o que já foi escrito, lembra-se que o termo “contaminação” se refere à presença de substâncias nos sedimentos, como metais, em um ambiente, acima dos níveis naturais ou aceitáveis para a saúde dos ecossistemas ou dos seres humanos. A contaminação não implica necessariamente em um impacto negativo imediato, mas sim na detecção dessas substâncias.

O termo “poluição”, por outro lado, implica não apenas a presença de substâncias indesejadas, mas a causa de danos ao ambiente ou aos seres vivos. Na bacia hidrográfica do arroio Candiota, a presença de metais nos sedimentos pode causar impactos negativos aos ecossistemas aquáticos, como a toxicidade para organismos aquáticos, bioacumulação nos organismos da cadeia alimentar e a degradação da qualidade da água, tem sido avaliado constantemente a ecotoxicidade não apenas nos sedimentos, mas nas águas superficiais e subterrâneas. A poluição envolve, portanto, a interação desses metais com os organismos e seus efeitos danosos, como envenenamento de espécies, redução da biodiversidade e compromete a qualidade da água utilizada para consumo ou recreação. Se esses metais estão causando efeitos adversos, como a morte de organismos aquáticos, degradação da qualidade da água ou riscos à saúde das populações que dependem da água

da bacia para consumo, a contaminação se torna poluição, pois está gerando um impacto negativo direto ou potencial sobre o meio ambiente ou a saúde pública.

Os índices, calculados e neste estudo trabalhados mostram uma situação de contaminação, não se tem atestado nos dados desde 2004, situação em que há poluição.

O fator de contaminação, utilizou todos os níveis de base propostos nestes estudos, isto é, aqueles da geologia tradicional e as quatro concepções do SQGs. Estas respostas mostraram o cenário exposto na

Tabela 85.

Tabela 85 - Apresentam-se os metais e as respectivas unidades amostrais que apresentaram valores em que se espera algum prejuízo para os seres vivos do local. BI (primavera de 2023), BJ, BK e BL o verão, ou outono e o inverno de 2024 respectivamente.

Fator de contami-nação	Crosta	Sed Pre-ind	Clarke	Folhelho	TEC	LEL	ERL	TEL
As	1BI, 8BI, 8BL		1BI, 8BI, 8BL					
Mn	4BL	1BI, 5BI, 4BL	4BL	5BI, 4BL	1BI, 5BI, 7BI	1BI, 5BI, 7BI	Não Significativo	Não Significativo
					8BJ, 2BK, 4BL	8BJ, 2BK,4BL	Não Significativo	Não Significativo

Considerando o tempo de atuação da atividade de geração de termeletricidade geração a carvão os cenários até aqui encontrados apresentam, com base nas concentrações e nos índices aplicados, uma área contaminada.

A primeira usina do complexo de geração a carvão mineral, foi a Candiota I inaugurada em 1961.

O parque gerador foi composto por quatro usinas termelétricas, sendo que três empreendimentos foram desmobilizados e encerraram as operações e um prosseguiu com as atividades, a Usina Termelétrica de Candiota III (Fase C).

Portanto considerando a longevidade desta atividade os valores encontrados, para a concentração dos metais, associados ainda aos valores de biodiversidade apresentados neste programa *não* estabelece que a área esteja em situação de poluição e sim é uma área contaminada.

2.6. BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS

2.6.1. Fitoplâncton

Responsabilidade técnica: Bióloga Esp. Daniela de Carvalho Leite Ribeiro (CRBio 110208/03-D)

Os bioindicadores ambientais aquáticos foram coletados nas estações amostrais anteriormente apresentadas no Quadro 29. O presente estudo teve como objetivo realizar a análise temporal e espacial da estrutura da comunidade de algas planctônicas em oito estações de amostragem, avaliando composição, densidade e diversidade de espécies.

Metodologia de Coleta, Preservação das Amostras e Análises

As coletas foram realizadas nos meses de dezembro de 2023, fevereiro, junho e setembro de 2024.

Na coleta de Fitoplâncton, para as análises quantitativas de superfície, as amostras foram tomadas submergindo o frasco de coleta a aproximadamente 15 cm da superfície da água. Para as análises qualitativas, utilizou-se um recipiente de 20 L, submerso a aproximadamente 15 cm da superfície da água, sendo seu volume filtrado em rede de plâncton com porosidade de 30 µm.

As amostras foram acondicionadas em recipiente de polietileno de 250 mL e conservadas em formol a 4%.

A quantificação da comunidade fitoplanctônica foi realizada pelo método de UTERMÖHL[29], utilizando câmaras de sedimentação sob microscópio invertido, a partir de amostras de água coletadas na sub-superfície da coluna d'água com auxílio de frascos de polietileno[30].

[29] UTERMÖHL, H. **Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik**. Stuttgart: Schweizerbart, 1958. (Mitteilungen).
[30] WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological analyses**. 3rd eded. New York: Springer, 2000.

Para a determinação das espécies dominantes e abundantes devem ser utilizados os critérios estabelecidos por LOBO & LEIGHTON[31], os quais consideram abundantes aquelas cuja ocorrência numérica supera a média de ocorrência dos indivíduos por espécie e dominantes as que apresentam uma ocorrência superior a 50% do total de indivíduos contados na amostra.

Também foi estimada a riqueza de espécies, o índice de diversidade de Shannon-Wiener[32] e a equitabilidade de Pielou (J).

Importante pontuar que a campanha realizada em setembro foi atípica, pois as amostras dos ponto cinco e sete foram coletadas em outra data (19/09), devido às condições ambientais, como alto nível do corpo d'água (ponto sete) e acesso bloqueado no ponto cinco.

Resultados

Durante as quatro campanhas amostrais foram registrados 146 táxons de algas planctônicas (Tabela 86), distribuídos em 8 classes: Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae e Zygnemaphyceae. Os maiores valores de riqueza durante esse ano amostral foram representados pelas diatomáceas e clorofíceas (Figura 65).As maiores densidades observadas nesse ano de coleta foram representadas pelas classes Bacillariophyceae e Chlorophyceae, jás as menores densidades foram das classes Chrysophyceae e Dinophyceae (

[31] LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. **Rev. Biol. Mar**, [*s. l.*], v. 22, n. 1, p. 1–29, 1986.

[32] SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: Univ. of Illinois Press, 1998.

Figura 66).

Importante salientar que rios são ambientes de maior complexidade, fornecendo habitats que estão sujeitos a freqüentes mudanças, devido ao grande fluxo de correnteza, sendo que a manutenção e o desenvolvimento do fitoplâncton pode ocorrer, entretanto, raramente podem ser mantidos por um longo período devido ao permanente transporte a jusante (Rodrigues *et al.* 2007).

Tabela 86 - Densidade absoluta, riqueza e diversidade fitoplanctônica nos oito pontos de coleta no período amostral de novembro de 2023 a setembro de 2024.

Táxons encontrados de dez/23 a set/24		
Bacillariophyceae	*Synedra* cf. *acus*	*Cryptomonoas* cf. *marssonii*
Achnantes exigua	*Ulnaria ulna*	Cryptophyceae sp.
Achnanthidium exiguum	**Chlorophyceae**	*Rhodomonas lacustris*
Achnanthidium minutissimum	*Ankistrodesmus fusiformis*	*Rhodomonas minuta*
Achnanthidium sp.	cf. *Dictyosphaerium* sp.	*Rhodomonas* sp.
Amphipleura lindheimeri	*Chlamydomonas* sp.1	**Cyanobacteria**
Amphora sp.	*Chlorella vulgaris*	*Aphanocapsa* sp.
Asterionella sp.	*Chlorococcales* sp.	*Chroococcus* sp.
Aulacoseira granulata	Chlorophyceae colonial sp.2	*Chroococcus turgidus*
Aulacoseira sp.	Chlorophyceae filamentosa sp.2	Cyanophyceae unicelular sp.
Bacillariophyceae cêntrica 1	Chlorophyceae unicelular sp.1	*Cylindrospermopsis raciborskii*
cf. *Placoneis* sp.	*Desmodesmus bicaudatus*	*Dolichospermum* sp.
Cocconeis placentula	*Desmodesmus brasiliensis*	Filamentosa
Cyclotella meneghiniana	*Desmodesmus* cf. *communis*	*Merismopedia elegans*
Cymbella cymbiformis	*Desmodesmus opoliensis*	*Merismopedia* sp.
Cymbella tumida	*Desmodesmus quadricauda*	*Oscillatoria* sp.
Cymbopleura cf. *naviculiformis*	*Desmodesmus* sp.	Oscillatoriales
Diploneis sp.	*Desmodesmus subspicatus*	*Phormidium* sp.
Encyonema mesianum	*Dictyosphaerium pulchellum*	*Planktolyngbya* cf. *limnetica*
Encyonema minutum	*Dictyosphaerium* sp.	*Pseudoanabaena* cf. *minima*
Encyonema sp.	*Eudorina* sp.	*Pseudoanabaena* sp.
Eunotia exigua	Filamentosa	*Synechocystis* sp.
Fragilaria sp.	*Koliella* sp.	**Dinophyceae**
Gomphonema cf. *gracile*	*Monoraphidium arcuatum*	*Ceratium furcoides*
Gomphonema parvulum	*Monoraphidium circinale*	**Euglenophyceae**
Gomphonema sp.	*Monoraphidium contortum*	*Euglena* sp.1
Gyrosigma cf. *acuminatum*	*Monoraphidium irregulare*	*Euglena* sp.2
Gyrosigma sp.	*Monoraphidium minutum*	*Phacus* sp.

Táxons encontrados de dez/23 a set/24		
Hantzschia sp.	*Monoraphidium nanum*	*Strombomonas fluviatilis*
Melosira varians	*Monoraphidium tortile*	*Strombomonas* sp.
Navicula cryptocephala	*Oocystis* sp.	*Strombomonas verrucosa*
Navicula cryptotenella	*Pandorina morum*	*Trachelomonas planctônica*
Navicula sp.1	*Pediastrum simplex*	*Trachelomonas* sp.
Navicula sp.2	*Scenedesmus* cf. *acuminatus*	*Trachelomonas volvocina*
Nitzschia acicularis	*Scenedesmus ovalternus*	*Trachelomonas volvocinopsis*
Nitzschia clausii	*Scenedesmus quadricauda*	**Zygnemaphyceae**
Nitzschia gracilis	*Scenedesmus* sp.1	*Closterium* cf. *kuetzingii*
Nitzschia intermedia	*Scenedesmus* sp.11	*Closterium* sp.1
Nitzschia palea	*Scenedesmus* sp.3	*Closterium* sp.2
Nitzschia paleacea	*Scenedesmus* sp.5	*Closterium* sp.3
Nitzschia sigmoidea	*Schroederia planctonica*	*Cosmarium* sp.1
Nitzschia sp.1	*Schroederia setigera*	*Cosmarium* sp.10
Pennales sp.	*Tetraedron minimum*	*Cosmarium* sp.2
Pennales sp.2	*Tetraedron* sp.	*Cosmarium* sp.5
Pennales sp.4	*Tetraedron triangulare*	*Euastrum dubium*
Pennales sp.5	*Tetrastrum* sp.	*Staurodesmus* sp.
Pennales sp.6	**Chrysophyceae**	
Pinnularia brauniana	*Chrysococcus* sp.	
Pinnularia cf. *gibba*	*Mallomonas* sp.1	
Pinnularia sp.1	**Cryptophyceae**	
Pinnularia sp.3	*Cryptomonas curvata*	
Sellaphora sp.	*Cryptomonas erosa*	
Surirella sp.	*Cryptomonas* sp.1	
Surirella tenera	*Cryptomonas* sp.2	

Figura 65 - Porcentagem de distribuição da riqueza de táxons fitoplanctônicos em oito pontos de coleta no período amostral de novembro de 2023 a setembro de 2024.

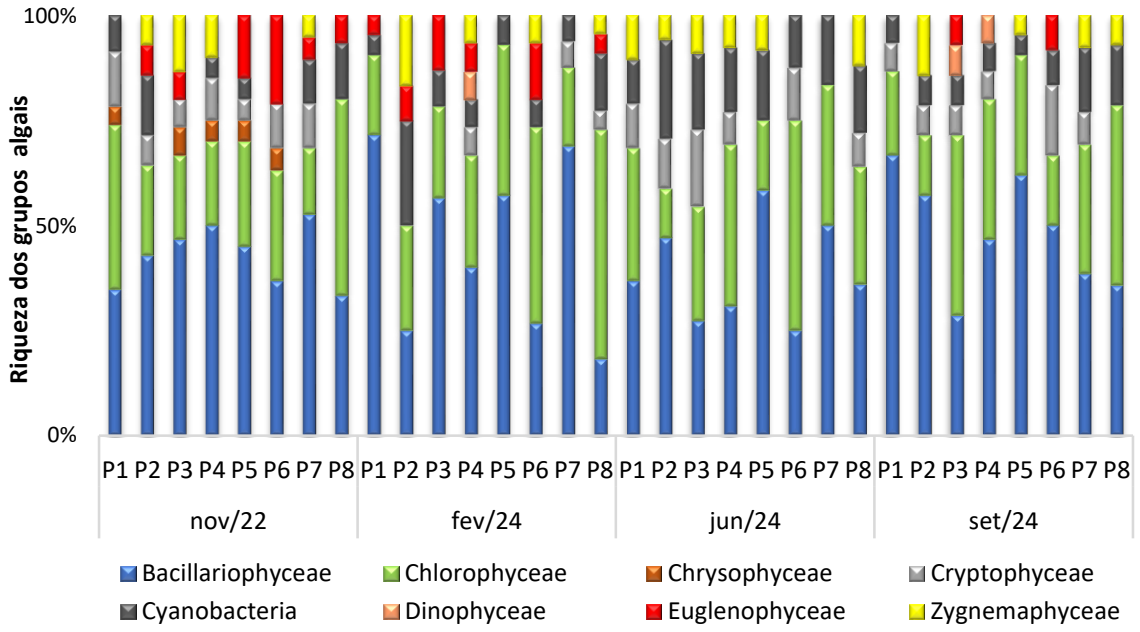
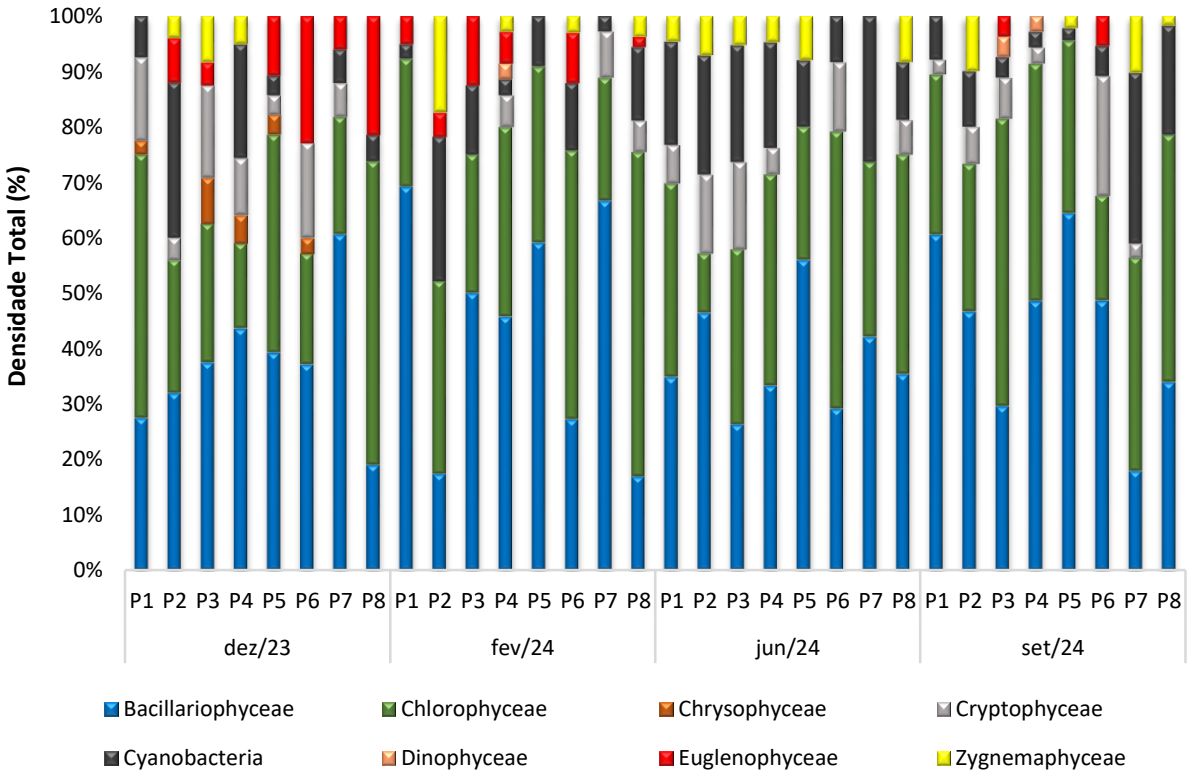


Figura 66 - Porcentagem de distribuição da densidade de organismos fitoplanctônicos em oito pontos de coleta no período amostral de novembro de 2023 a setembro de 2024.



Os valores de riqueza variaram de 08 a 25 táxons identificados, tanto o valor mínimo quanto o valor máximo foram observados na coleta de inverno (julho/2024), nos pontos seis e oito respectivamente (Figura 67).

Considerando os valores de densidade no âmbito espacial, o maior valor foi observado no ponto oito (684,5 ind.mL^{-1}) e o menor valor no ponto sete 212,0 ind.mL^{-1} (

Figura 68).

Os valores de diversidade de Shannon variaram entre 2,0 nats ind^{-1} (ponto seis) e 3,0 nats ind^{-1} (pontos um, três e oito), (Figura 69). A equitabilidade variou de 0,84 (ponto sete) a 0,98 (ponto dois), (

Figura 70). Como o corrido na campanha amostral anterior (2022-2023), é possível afirmar que há uma diversidade média e uniforme nos pontos amostrais analisados.

Durante esse ano de campanha amostral, não houve nenhum organismo que se destacou como dominante. No entanto em todas as coletas tivemos táxons abundantes, mas o predomínio sempre foi de diatomáceas e das algas verdes (Quadro 29).

Conforme Reynolds (1994) a dominância de diatomáceas em ambientes lóticos, também está associada a capacidade que elas apresentam em formar inóculos, que ficam depositados no sedimento e através da turbulência são ressuspensos para a coluna d'água. Segundo os trabalhos de Bortolini (2010), a dominância de diatomáceas e clorofíceas em ambientes lóticos, é explicada pelas características dos rios, como turbulência da água e baixa intensidade luminosa. Essas características favoreceram o crescimento desses grupos que investem em crescimento rápido e que possuem habilidades de sobreviverem em ambientes turbulentos.

Figura 67 - Riqueza de espécies fitoplanctônicas, observada nos pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.

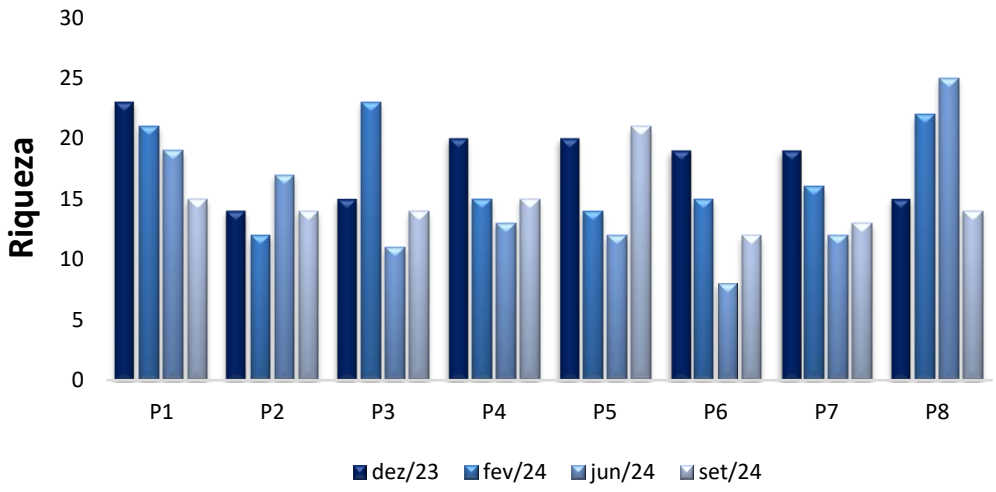


Figura 68 - Densidade total da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024

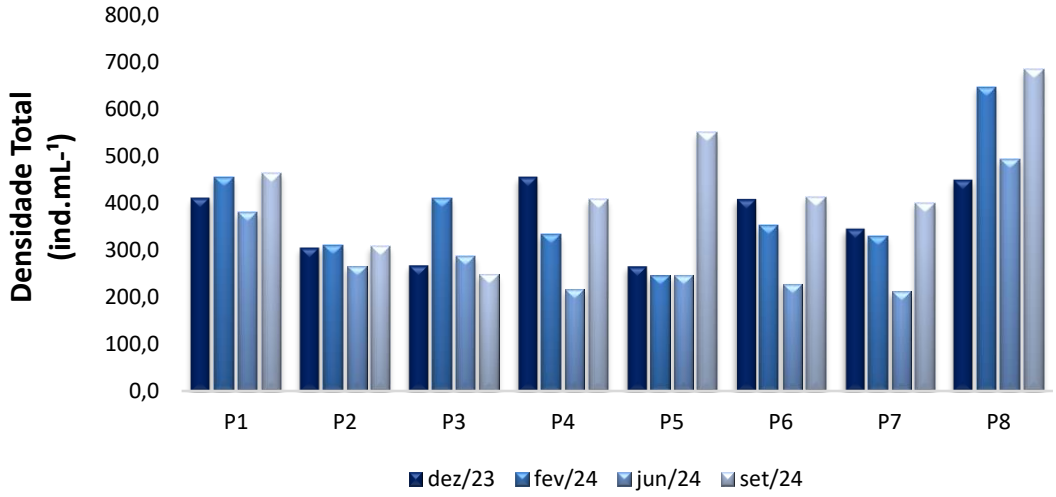


Figura 69 - Índice de diversidade de Shannon da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.

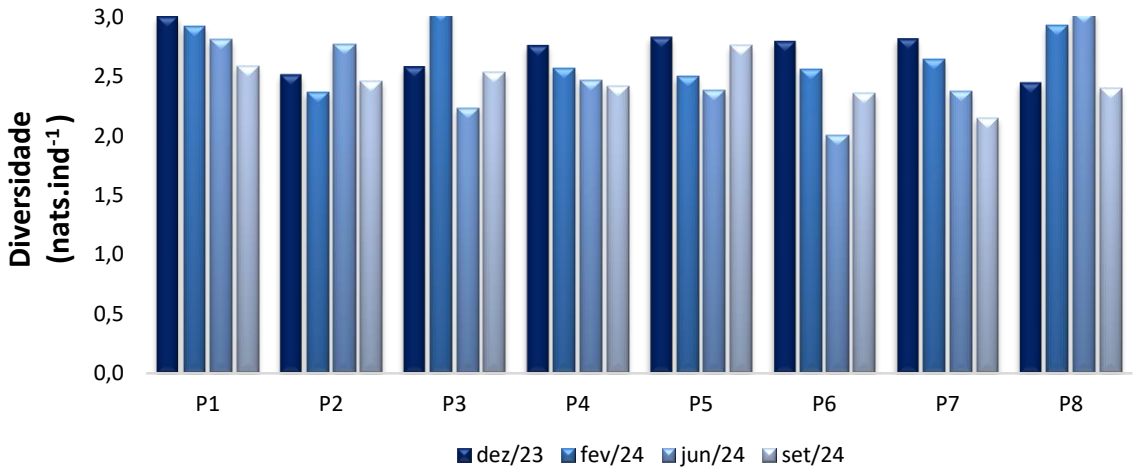
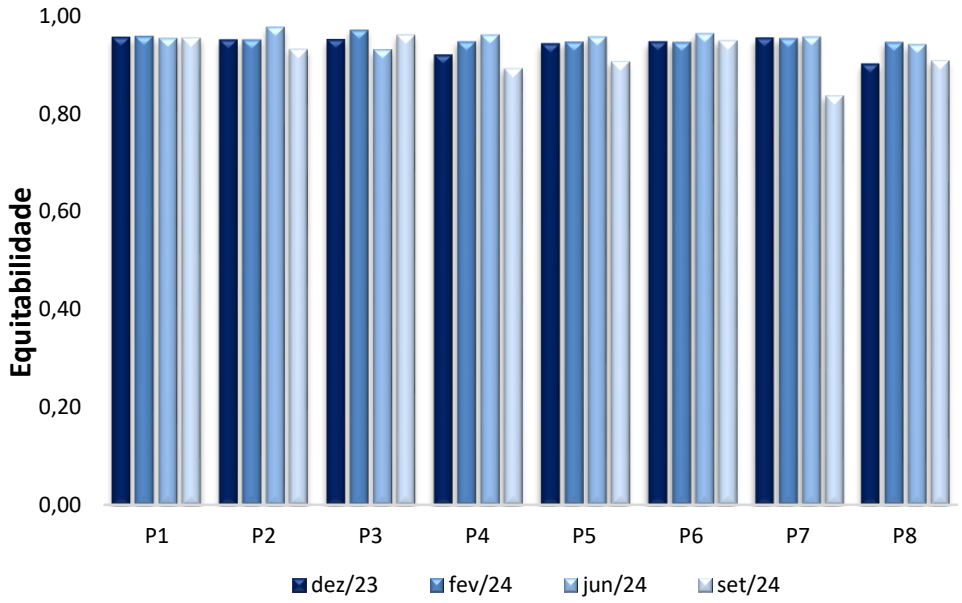


Figura 70 - Equitabilidade da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.



Quadro 29 - Principais táxons abundantes identificados nos oitos pontos de coletas no período amostral de dezembro de 2023 a setembro de 2024 (Destacado somente táxons abundantes em 3 ou mais pontos amostrais).

Táxon		dez/23	fev/24	jun/24	set/24
BAC	*Achnanthidium minutissimum*				X[6]
BAC	*Cymbella tumida*			X[3]	
BAC	*Fragilaria* sp.		X[3]		
BAC	*Gomphonema parvulum*		X[3]		
BAC	*Navicula cryptotenella*			X[3]	
BAC	*Nitzschia palea*	X[4]	X[5]		X[6]
BAC	*Ulnaria ulna*			X[3]	
CHL	*Desmodesmus brasiliensis*			X[3]	
CHL	*Monoraphidium arcuatum*	X[4]	X[5]	X[3]	X[5]
CHL	*Monoraphidium nanum*				X[3]
CRY	*Rhodomonas lacustris*	X[3]		X[3]	
CYA	*Aphanocapsa delicatissima*			X[3]	
CYA	*Synechocystis* sp.				X[3]

Na análise qualitativa referente ao período amostral 2023-2024, foram identificados 79 táxons (Tabela 87). A riqueza variou de 11 organismos identificados no ponto cinco, na coleta de verão a 32 táxons no ponto oito na coleta de primavera.

Tabela 87 - Tabela Qualitativa. Relação de presença e riqueza fitoplanctônica nos oito pontos de coleta no período amostral de dezembro de 2023 a setembro de 2024.

	Dezembro								Fevereiro								Junho								Setembro							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Bacillariophyceae																																
Achnanthes sp.1	x				x	x	x	x						x					x		x	x				x						x
Achnanthidium minutissimum	x	x		x	x		x	x	x					x	x		x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x			
Amphipleura lindheimeri					x					x		x													x		x			x		
Aulacoseira granulata	x			x	x		x	x			x		x	x			x		x		x	x		x			x			x	x	
Cocconeis placentula		x						x	x	x								x							x			x	x			
Cymbella tumida				x				x		x		x	x	x				x			x					x			x	x	x	x
Eunotia e1igua	x		x	x			x		x	x	x			x		x			x			x			x		x		x		x	x
Eunotia sp.		x																														
Gomphonema parvulum	x	x		x	x	x		x	x	x	x						x		x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x
Hantzschia amphio1ys										x																						
Melosira varians		x		x	x	x	x						x		-	x		x					x						x	x		x
Navicula cryptotenella				x		x		x		x				x	x	x			x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x
Navicula sp.3	x		x														x					x			x			x			x	
Nitzschia acicularis		x	x			x	x					x						x				x		x			x		x			x
Nitzschia palea	x				x			x	x		x	x			x	x	x	x		x	x	x	x			x	x			x	x	x
Nitzschia reversa					x		x				x		x			x					x			x		x	x			x		
Pennales sp.2		x													x			x											x			
Pennales sp.3										x		x					x	x			x		x									
Pennales sp.5							x													x								x				
Pennales sp.7														x										x			x				x	
Pinnularia gibba			x					x							x				x	x						x			x			x
Surirella tenera				x		x	x	x			x				x			x		x	x				x					x		
Ulnaria ulna		x	x		x			x		x		x	x	x		x		x	x		x		x	x		x		x	x		x	x
Chlorophyceae																																
Ankistrodesmus gracilis		x													x								x		x							
Chlamydomonas sp. 1	x					x			x				x	x			x	x				x			x				x			x
Chlorella vulgaris	x		x	x				x		x						x				x				x	x		x				x	

	Dezembro								Fevereiro								Junho								Setembro							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Chlorophyceae filamentosa		x			x	x	x						x						x			x		x		x		x	x			
Chlorophyceae sp.2	x										x				x																	
Chlorophyceae unicelular sp.2																																
Chlorophyceae unicelular sp.3	x				x	x			x	x			x			x		x		x	x			x			x	x				x
Desmodesmus bicaudatus																x					x	x				x			x	x		
Desmodesmus cf. communis	x			x			x																									
Desmodesmus opoliensis			x			x									x																x	
Desmodesmus quadricauda		x				x	x			x		x									x		x	x	x			x	x			x
Dictyosphaerium sp.				x					x																					x		
Eudorina sp.											x															x				x		x
Filamentosa (muito fina)														x		x																
Koliella sp.			x			x						x																				
Monoraphidium arcuatum	x			x	x			x		x		x		x			x		x					x	x	x	x	x			x	x
Monoraphidium contortum					x										x								x		x	x						x
Monoraphidium minutum		x				x	x		x				x			x		x														
Monoraphidium nanum			x		x					x		x							x											x		x
Monoraphidium tortile				x												x																
Oocystis sp.								x		x				x		x	x			x		x	x				x	x	x				
Pandorina morum						x																										
Scenedesmus cf. acuminatus		x					x													x					x							
Scenedesmus ecornis												x			x																	x
Scenedesmus sp.1	x																														x	
Scenedesmus sp.3				x			x																									x
Scenedesmus sp.4										x	x						x				x				x							
Scenedesmus sp.6			x				x		x											x												
Schroederia sp.											x							x				x								x		
Sphaerocystis sp.	x												x														x		x			x
Tetraedron sp.				x														x		x				x	x							
Tetrastrum sp.		x				x						x														x						

	Dezembro								Fevereiro								Junho								Setembro							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Tetrastrum triangulare	x								x							x		x		x	x								x		x	
Chryptophyceae																																
Cryptomonas erosa		x							x	x							x						x					x	x	x		
Cryptophyceae marssonii	x			x			x				x			x	x		x								x				x			x
Cyanobacteria																																
Aphanocapsa sp.		x			x				x			x			x						x			x						x		
Chroococcus turgidus	x			x			x	x																				x				x
Cyanophyceae colonial sp.				x							x			x			x	x														x
Filamentosa 2	x				x					x						x				x		x			x			x				
Leptolyngbya sp.									x				x	x													x				x		
Merismopedia sp.2	x		x				x	x									x		x	x			x									x
Merismopedia tenuissima			x							x		x									x	x				x				x		
Oscillatoriales		x					x									x		x						x			x		x			x
Phormidium sp.									x					x									x					x	x			
Pseudoanabaena sp.	x				x					x						x		x						x		x	x		x		x	x
Dinophyceae																																
Ceratium furcoides			x					x				x				x				x	x			x								x
Euglenophyceae																																
Euglena acus	x										x																	x			x	
Euglena sp.1									x								x				x					x						x
Phacus longicauda			x				x							x						x									x			
Trachelomonas sp.2	x																x															x
Zygnemaphyceae																																
Closterium sp. 3	x			x							x	x												x								
Cosmarium sp.1									x					x															x			x
Cosmarium sp.5						x			x									x							x	x				x		
Euastrum sp.					x			x						x	x								x									
Staurodesmus sp.																x														x		
Spirogyra sp.	x			x	x						x										x	x				x			x	x	x	x

	Dezembro								Fevereiro								Junho								Setembro							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Riqueza Total	25	17	14	20	19	16	21	18	18	20	15	16	11	19	14	19	16	20	12	17	20	18	13	18	19	21	17	17	26	18	17	32

Comparando a estrutura da comunidade fitoplanctônica de forma espacial (Figura 86), é possível identificar que os pontos amostrais um e seis demonstraram o mínimo de variação na equitabilidade, comparado com os demais pontos. Ainda em relação à variação espacial, o ponto dois também apresentou pouca variação em relação à densidade total. Em relação à escola temporal, nota-se que a diversidade e a riqueza apresentaram maior variação no período da coleta de outono (jun/24), (Figura 72). Já equitabilidade e densidade apresentaram uma maior variação de valor na coleta da primavera (set/24).

Figura 71 - Boxplot (medianas, quartis, n = 4) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.mL-¹) da comunidade fitoplanctônica observada nos pontos de coleta (variação espacial) no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.

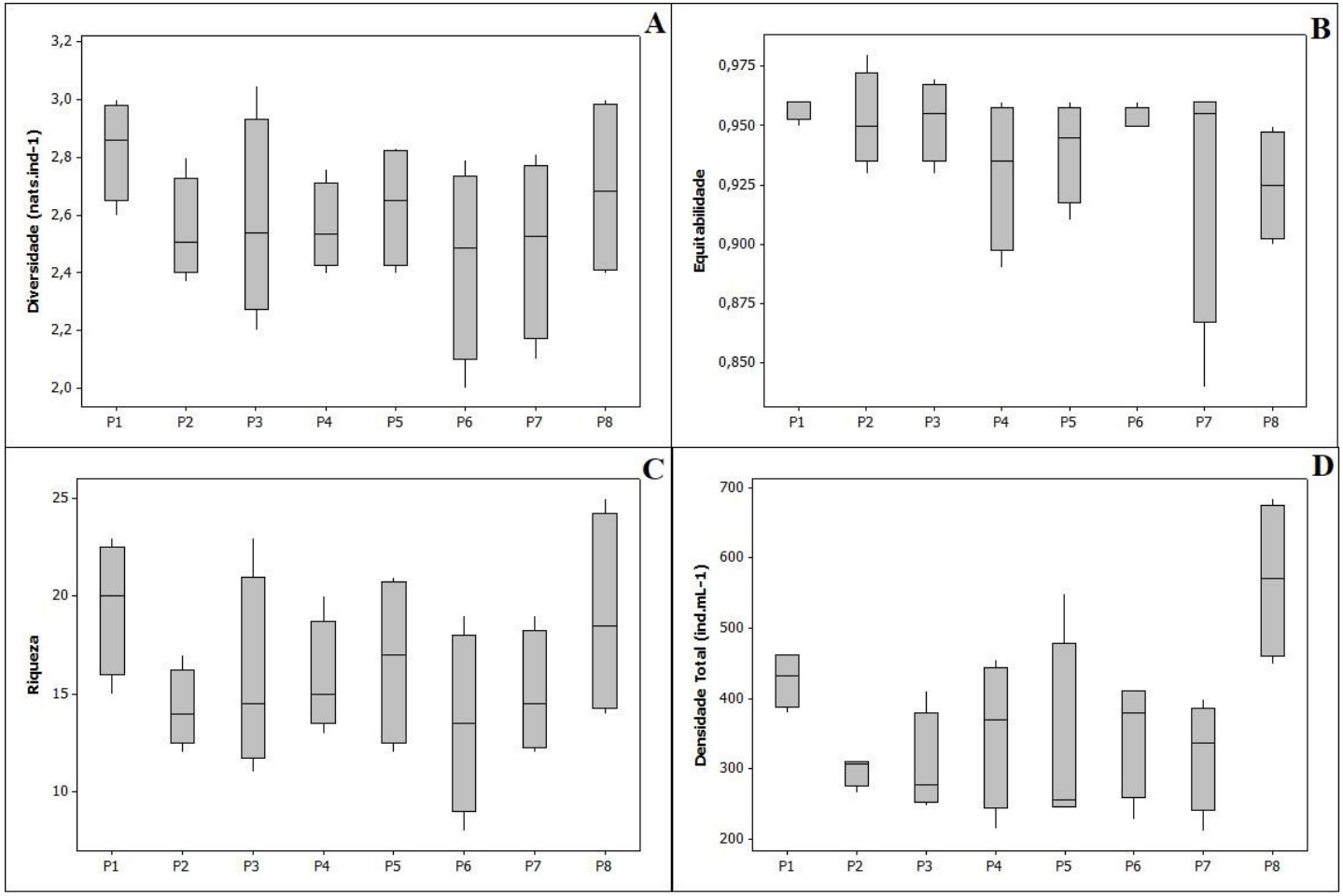
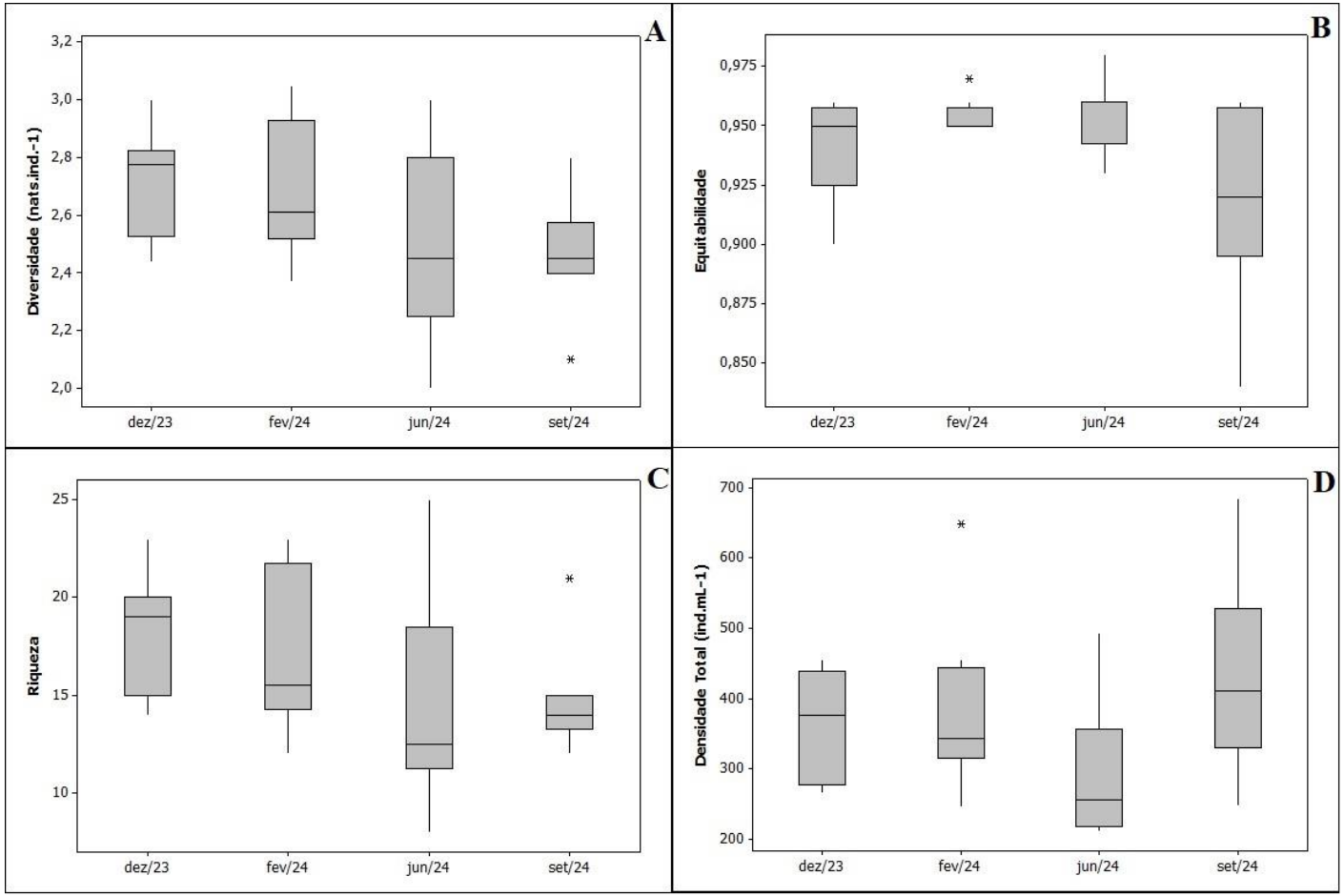


Figura 72 - Boxplot (medianas, quartis, n = 8) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.mL-¹) da comunidade fitoplanctônica observada nos meses (variação temporal) de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.



2.6.2. Perifíton

Responsável técnica: Bióloga Esp. Daniela de Carvalho Leite Ribeiro (CRBio 110208/03-D)

O presente estudo teve como objetivo realizar a análise temporal e espacial da estrutura da comunidade de algas perifíticas em sete estações de amostragem, avaliando composição, densidade e diversidade de espécies durante de dezembro de 2023, fevereiro, junho e setembro de 2024.

Metodologia de Coleta, Preservação das Amostras e Análises

A coleta do Perifíton segue as recomendações de Round[33] e Kelly *et al.* [34]. Foram coletados, em cada estação amostral, cinco seixos, dos quais foram raspados 25 cm^2 de material de cada seixo, formando uma amostra composta de 125 cm^2. O material foi coletado de seixos submersos e orientados para a velocidade da corrente. A remoção do Perifíton se deu com o auxílio de uma escova de cerdas flexíveis, sendo o mesmo acondicionado em frascos com água destilada e fixado com formalina[35].

A quantificação das algas epilíticas foi realizada pelo método de Utermöhl[36], utilizando câmaras de sedimentação sob microscópio invertido. Foram utilizadas câmaras de sedimentação de 2 ml e o material foi deixado sedimentar por no mínimo 24 horas. Cada célula, filamento ou cenóbio foi considerado um indivíduo. Estimou-se o número de indivíduos por cm^2 utilizando a fórmula de Wetzel & Likens[37] modificada por Schwarzbold (1992), conforme segue:

---

33 ROUND, F. A review and methods for the use of epilithic diatoms for detecting and monitoring changes in river water quality 1993. [*s. l.*], 1993.

34 KELLY, M. G. *et al.* Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. **Journal of Applied Phycology**, [*s. l.*], v. 10, n. 2, p. 215–224, 1998. Disponível em: https://doi.org/10.1023/A:1008033201227

35 Ibid.; LOBO, E. A.; ARUGA, Y.; KATOH, K. Response of epilithic diatom assemblages to water pollution in rivers in the Tokyo Metropolitan area, Japan. **Freshwater Biology**, [*s. l.*], v. 34, 1995. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1995.tb00435.x. Acesso em: 25 fev. 2024.; ROUND, 1993.

36 UTERMÖHL, 1958.

37 WETZEL; LIKENS, 2000.

N = [(n *V)/v] * (1/S)

onde:

N = número de indivíduos por cm²

n = número total de indivíduos contados

V = volume da amostra com material raspado

v = volume dos campos contados

S = superfície do substrato em cm²

Também foi estimada a riqueza de espécies, o índice de diversidade de Shannon-Wiener e a equidade de Pielou (J). A determinação das espécies dominantes e abundantes seguiu o critério de Lobo & Leighton[38], sendo consideradas espécies abundantes aquelas cujas densidades superam a densidade média de cada amostra e, dominantes, as que apresentam densidades maiores do que 50% da densidade total da amostra. Houve algumas intercorrências durante esse ano amostral (2023-2024). Na coleta de dezembro de 2023 o ponto sete não foi coletado devido ao alto volume do corpo d'água. Já as amostras dos pontos cinco e sete da campanha de setembro de 2023, foram coletadas posteriormente às outras amostras. O ponto cinco estava com o acesso bloqueado e o corpo d'água referente ao ponto sete estava com nível muito alto.

Resultados

Nesse ano de coleta foram registrados 166 táxons de algas, (Tabela 88) pertencentes às classes Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae , Euglenophyceae e Zygnemaphyceae. Apenas um táxon da classe Chrysophyceae foi observado durante esse período amostral, *Chrysococcus* sp. As diatomáceas representaram as maiores densidades observadas no período amostral de 2023-2024, seguidas pelas clorofíceas e cianofíceas. Já a menor densidade foi representada pela

[38] LOBO, E.; LEIGHTON, 1986.

classe Chrysophyceae,que foi observada apenas na coleta de inverno, na amostra representativa do ponto dois (Figura 73).

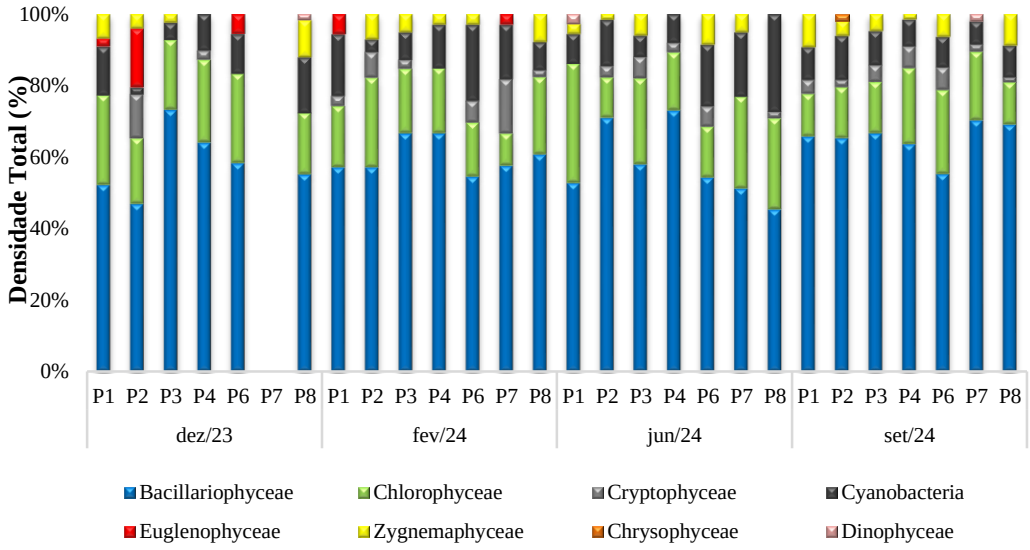
Tabela 88 - Táxons identificados nos sete pontos de coletas no período amostral de dezembro de 2023 a setembro de 2024.

Táxons encontrados de dez/23 - set/24		
Bacillariophyceae	Pinnularia sp.1	*Cryptomonas* sp.2
Achnantes cf. inflata	*Pinnularia* sp.2	*Rhodomonas* cf. *lacustris*
Achnantes sp.	*Pinnularia* sp.3	**Cyanophyceae**
Achnanthidium exiguum	*Sellaphora pupula*	*Aphanocapsa delicatissima*
Achnanthidium minutissimum	*Sellaphora* sp.	*Aphanocapsa incerta*
Amphipleura lindheimeri	Stauroneis sp.	*Aphanocapsa* sp.
Amphora sp.	*Stenopterobia* sp.	cf. *Romeria* sp.
Aulacoseira granulata	*Surirella* sp.3	*Chroococcus limneticus*
Bacillariophyceae Filamentosa sp.1	*Surirella tenera*	*Chroococcus* sp.
Bacillariophyceae sp.	*Synedra acus*	*Chroococcus turgidus*
Bacillariophyceae sp.3	*Terpsinoë musica*	*Dolichospermum* sp.
cf. Cymbopleura naviculiformes	*Ulnaria ulna*	Filamentosa sp.1
cf. *Cymbopleura* sp.	**Chlorophyceae**	Filamentosa sp.2
Cocconeis placentula	Ankistrodesmus gracile	*Lyngbya* sp.
Cyclotella menghiniana	Ankistrodesmus sp.	*Merismopedia* sp.
Cymbella cf. *cymbiformis*	Bulbochaete sp.	*Merismopedia* sp.2
Cymbella sp.	Chlamydomonas sp.	*Merismopedia tenuissima*
Cymbella sp.2	Chlorella vulgaris	*Oscillatoria* sp.
Cymbella tumida	Chlorophyceae colonial	*Oscillatoria* sp.2
Diplonei oblongella	*Chlorophyceae filamentosa sp.2*	*Oscillatoria* sp.3
Encyonema minutum	*Chlorophyceae filamentosa sp.3*	*Phormidium* sp.
Encyonema sp.	*Chlorophyceae unicelular*	*Pseudanabaena limnetica*
Eunotia exigua	Chlorophyceae unicelular sp.2	*Pseudanabaena* sp.
Eunotia sp.	Chlorophyceae unicelular sp.4	*Pseudoanabaena catenata*
Eunotia sp.	*Coelastrum sp.*	*Pseudoanabaena* cf.*minima*
Fragilaria capucina	*Crucigenia quadrata*	*Synechococcus* sp.
Fragilaria sp.	*Desmodesmus bicaudatus*	*Synechococystis* sp.
Frustulia sp.	Desmodesmus brasiliensis	**Dinophyceae**
Gomphonema cf. gracile	*Desmodesmus cf. communis*	*Ceratium furcoides*
Gomphonema cf.*angustatum*	Desmodesmus opoliensis	*Peridinium* sp.1
Gomphonema parvulum	Desmodesmus quadricauda	*Peridinium* sp.2
Gomphonema sp.1	*Desmodesmus sp.2*	**Euglenophyceae**
Gyosigma cf.*acuminatum*	*Dictyosphaerium pulchellum*	*Euglena* cf. *acus*
Gyosigma sp.1	*Eudorina elegans*	*Euglena* sp.1

Táxons encontrados de dez/23 - set/24

Hantzschia amphioxys
Hantzschia sp.
Hydrosera whampoensis
Dictyosphaerium sp.
Melosira varians
Navicula cryptocephala
Navicula cryptotenella
Navicula sp.1
Neidium sp.
Nitzschia acicularis
Nitzschia cf. amphibia
Nitzschia clausii
Nitzschia gracilis
Nitzschia palea
Nitzschia paleacea
Monoraphidium contortum
Nitzschia reversa
Nitzschia sigmoidea
Nitzschia sp.3
Nitzschia sp.4
Pennales sp.1
Pennales sp.2
Pennales sp.3
Pennales sp.6
Pinnularia brauniana
Pinnularia cf. *gibba*
Eudorina sp.
Filamentosa N.I
Monoactinus simplex
Monoraphidium arcuatum
Monoraphidium circinale
Monoraphidium irregulare
Monoraphidium minutum
Monoraphidium nanum
Pediastrum simplex
Scenedesmus acuminatus
Scenedesmus sp.1
Scenedesmus sp.3
Scenedesmus sp.4
Scenedesmus sp.5
Scenedesmus sp.6
Scenedesmus sp.7
Scenedesmus sp.8
Tetraedron triangulare
Tetrastrum sp.
Chrysophyceae
Chrysococcus sp.
Cryptophyceae
Cryptomonas curvata
Cryptomonas erosa
Cryptomonas marssonii
Cryptomonas sp.
Euglenophyceae sp.
Trachelomonas armata
Trachelomonas hispida
Trachelomonas sp.2
Trachelomonas volvocina
Zygnemaphyceae
Closterium moniliferum
Closterium sp.1
Closterium sp.2
Closterium sp.3
Closterium sp.5
Cosmarium sp.1
Cosmarium sp.10
Cosmarium sp.3
Cosmarium sp.4
Cosmarium sp.5
Cosmarium sp.7
Cosmarium sp.9
Micrasterias sp.
Mougeotia sp.
Spirogyra sp.
Staurastrum sp.

Figura 73 - Densidade relativa dos grupos da comunidade perifítica observada nos pontos de coleta, no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024



Os valores de riqueza específica durante o ano amostral em análise, variaram de 15 a 27, (Figura 74). A densidade variou de 345 ind cm^{-2} (ponto seis) a 1071 ind cm^{-2} (ponto oito),(Figura 75)

Os valores do índice de diversidade de Shannon variaram entre 2,6 nats ind^{-1} e 3,2 nats ind^{-1}, (

Figura 76). A equitabilidade variou de 0,91 a 1,0 (Figura 77). Considerando os valores de Shannon e de Equitabilidade, é possível afirmar que, da mesma forma da campanha anterior, há uma diversidade média e uniforme nos pontos amostrais.

Durante o ano amostral 2023-2024, não houve registro de organismo dominante. No entanto foram identificados durante a campanha inúmeros táxons abundantes, mas os que mais se destacam são as diatomáceas (

Quadro 30). Além da predominância das diatomáceas, há também em destaque um táxon pertencente a classe Chlorophyceae e um pertencente a classe Cyanophyceae. Dentre os microorganismos encontrados no perifíton, as diatomáceas (Bacillariophyceae), se destacam em quantidade, principalmente em ambientes lóticos (Felisberto & Rodrigues, 2012). Segundo Azim & Azeda (2005) os principais grupos de algas perifíticas dominantes em rios e riachos são as diatomáceas, as clorofíceas e as cianobactérias (apud SCHWARZBOLD, *et al*, 2013 p.153). Além disso, o predomínio das diatomáceas pode estar relacionado ao fato de muitas espécies terem distribuição mais ampla em relação às variações ambientais, apresentarem estratégias adaptativas com alta resistência a distúrbios físicos, grande capacidade de adesão a substratos (formas adnatas presas pelo canal da rafe), altas taxas de migração e tamanho relativamente pequeno (Biggs et al. 1998; Stoermer & Julius 2003).

Figura 74 - Riqueza de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.

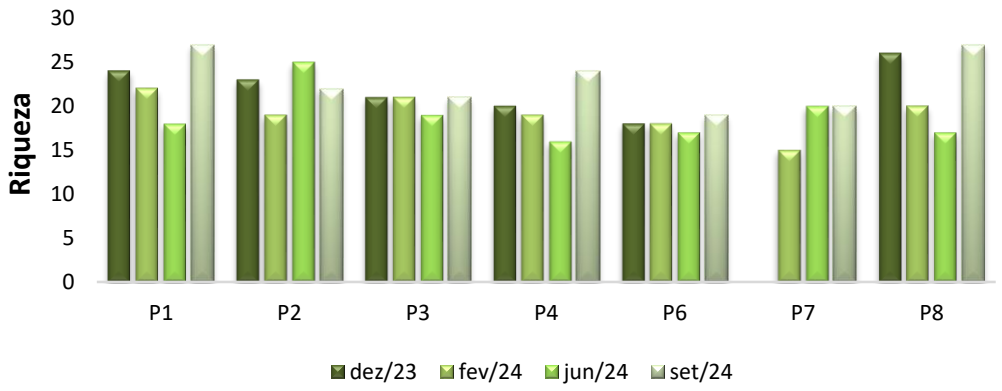


Figura 75 - Densidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024

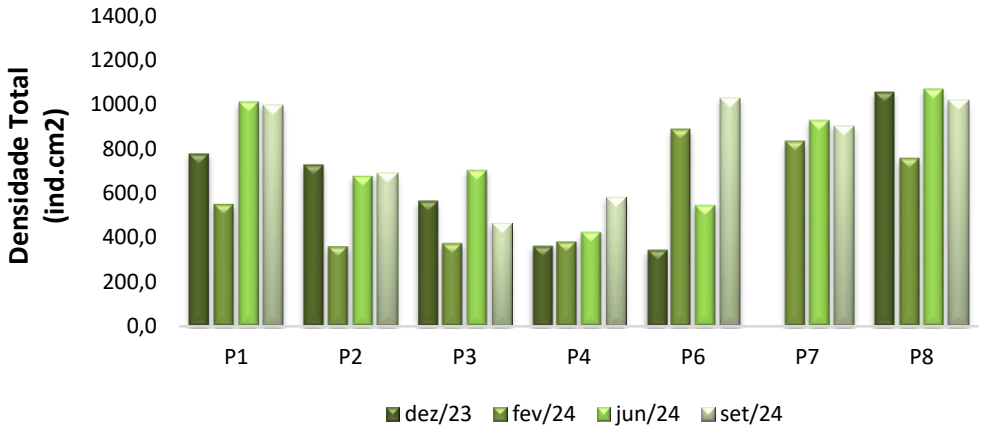


Figura 76- Índice de diversidade de Shannon da comunidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024

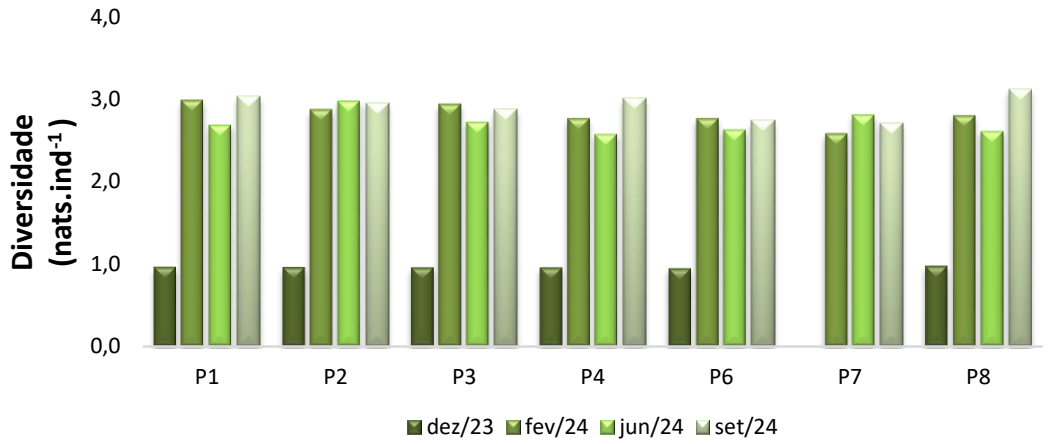
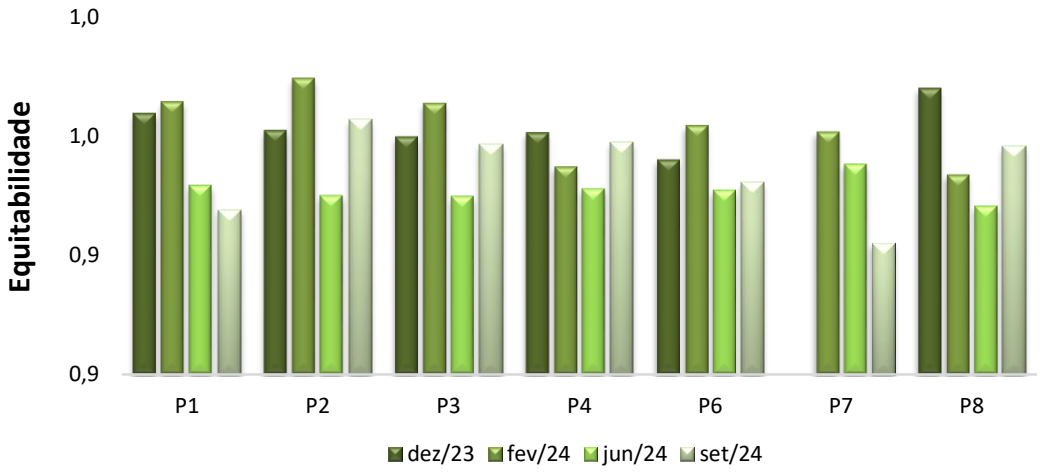


Figura 77 - Equitabilidade da comunidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.



Quadro 30 - Principais táxons abundantes identificados nos sete pontos de coletas no período amostral de dezembro de 2023 a setembro de 2024. (Destacado somente táxons abundantes em 3 ou mais pontos amostrais, o número junto ao X representa o número de pontos em que foi abundante naquela coleta.

Táxon		dez/23	fev/24	jun/24	set/24
BAC	*Achnanthidium minutissimum*		X[4]		X[4]
BAC	*Cymbella tumida*		X[3]		X[4]
BAC	*Navicula cryptotenella*			X[3]	X[3]
BAC	*Nitzschia palea*	X[4]	X[4]	X[6]	X[5]
BAC	*Ulnaria ulna*		X[4]		X[5]
CHL	*Monoraphidium arcuatum*		X[4]	X[3]	
CYA	*Aphanocapsa delicatissima*	X[3]			

Considerando a escala espacial (Figura 78), é possível observar que os pontos amostrais um e oito apresentaram uma variação semelhante em relação à diversidade, riqueza de espécies e equitabilidade. Em relação a densidade os pontos seis e um, apresentaram a maior variação de valores durante a campanha amostral (2023-2024). Com relação a escala temporal é possível aferir que a densidade e a equitabilidade não variaram tanto, quando comparada a escala espacial. A diversidade na coleta e dezembro apresentou a maior variação, já riqueza variou mais na coleta realizada em setembro (Figura 79).

Figura 78 - Boxplot (medianas, quartis, n = 4) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.cm2) da comunidade perifítica observada nos pontos de coleta (variação espacial) no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.

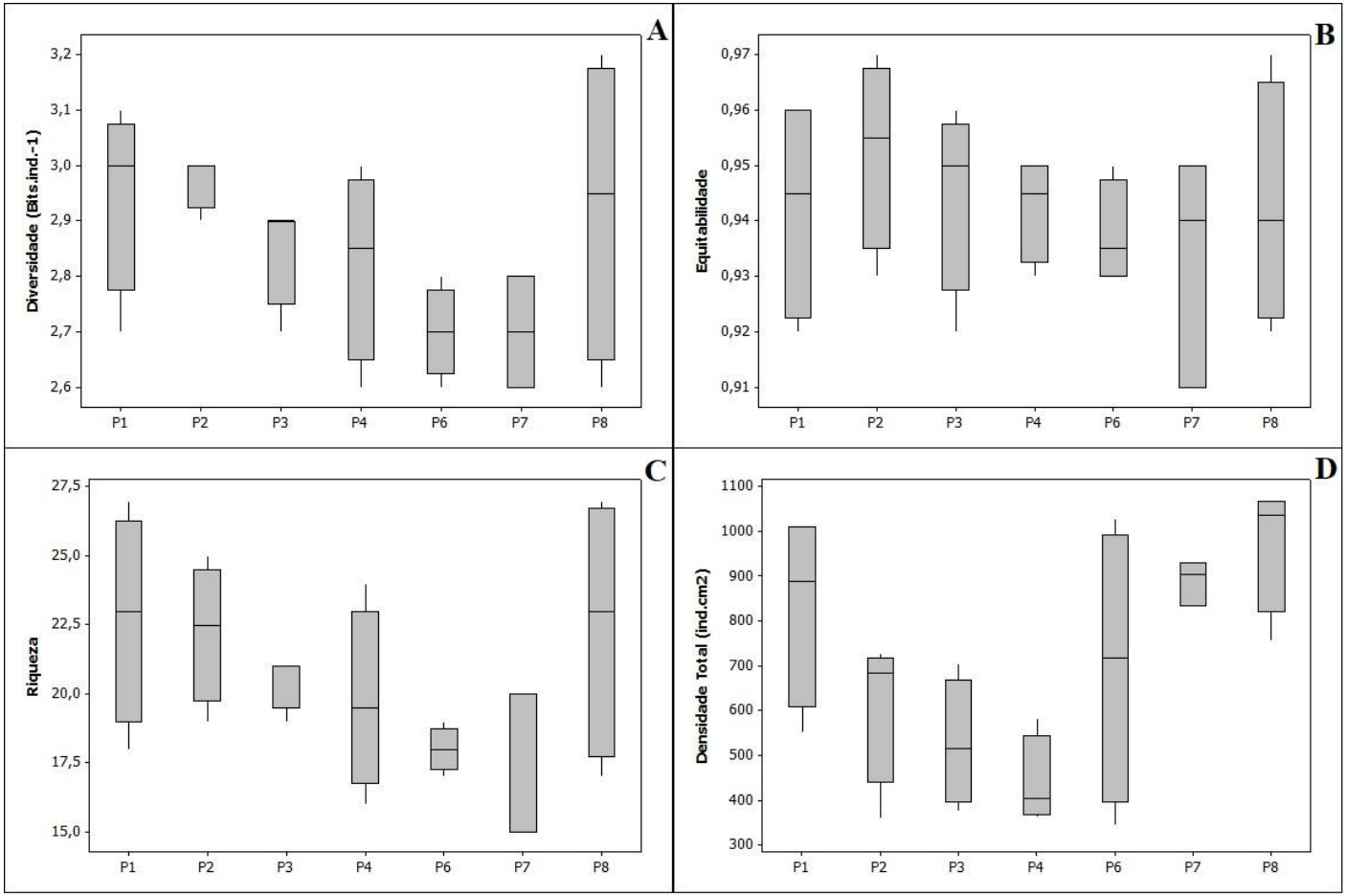
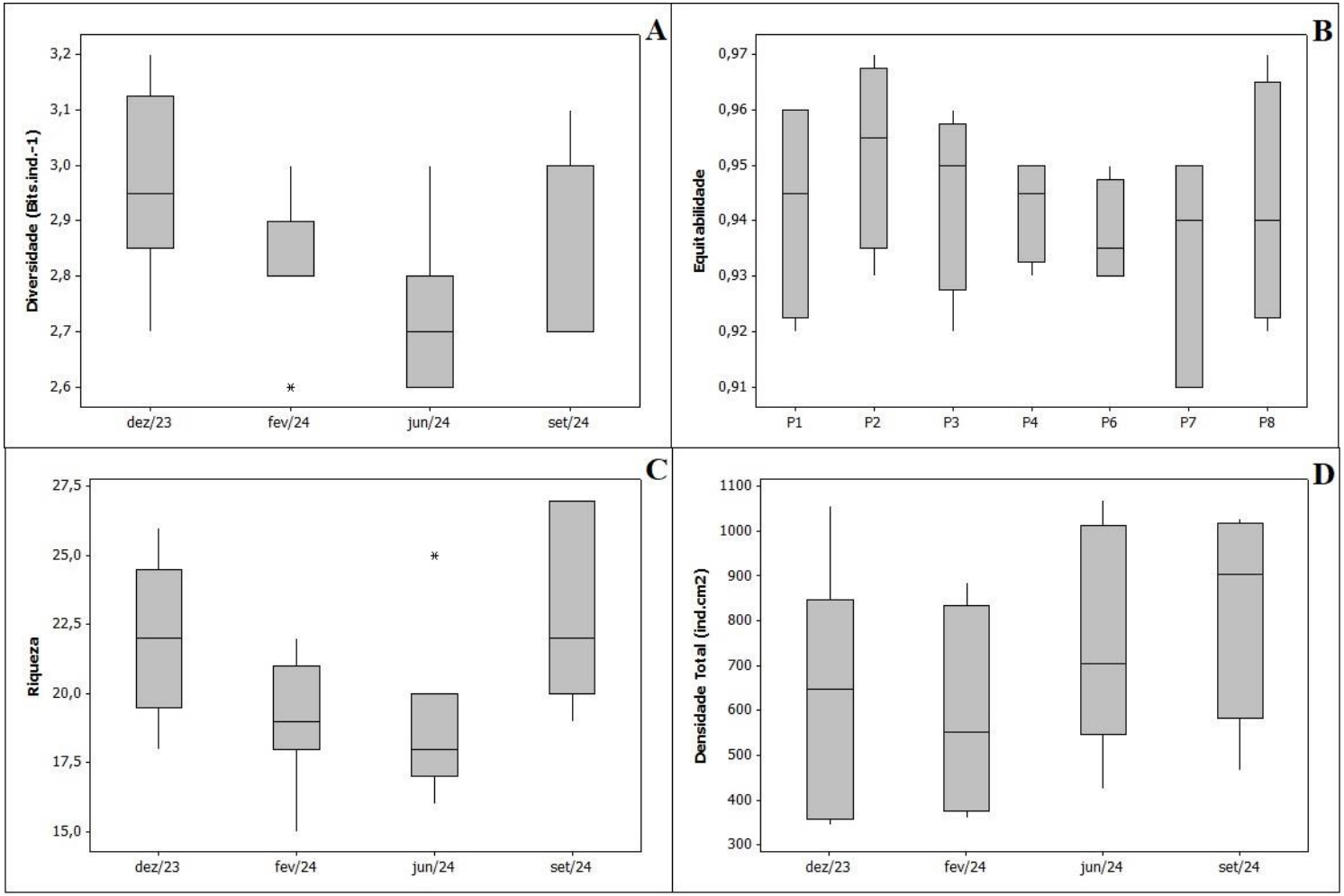


Figura 79 - Boxplot (medianas,quartis, n = 7) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.cm2) da comunidade perifítica observada nos meses de coleta (variação temporal) no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.



2.6.3. Zooplâncton

Responsável técnica: Catarina da Silva Pedrozo CRBio 09471-03/D

O zooplâncton está aqui representado pelos táxons Rotifera, Cladocera e Copepoda.

O monitoramento ambiental para o compartimento Zooplâncton atendeu aos seguintes objetivos:

- Caracterizar a comunidade zooplanctônica existente na área de influência da Usina Termelétrica de Candiota, quanto à composição, distribuição espaço-temporal, abundância e dominância das espécies;
- Correlacionar a qualidade das águas da bacia hidrográfica do arroio Candiota com a composição e estrutura da comunidade zooplanctônica.

Metodologia de coleta, preservação e de análise dos organismos do zooplâncton

As estações amostrais para este compartimento seguiram àquelas anteriormente apresentadas no Quadro 1 deste relatório.

As coletas foram realizadas em dezembro de 2023, representando a primavera, em fevereiro de 2024, o verão, em junho de 2024, o outono e em setembro de 2024, o inverno. Para tanto, cerca de 300 litros de água foram retirados com o auxílio de uma bomba de sucção e filtrados em uma rede de plâncton de 57 µm de abertura de malha para a concentração de material biológico.

As amostras obtidas, com volume final de 250 mL, foram fixadas imediatamente com formaldeído P.A. na concentração de 4% do volume do frasco e neutralizada com bórax a 1%.

As análises qualitativas foram realizadas com exame ao microscópio óptico, binocular, com aumento de até 400 vezes.

As análises quantitativas foram realizadas através de contagens numéricas ao microscópio estereoscópico. Para as contagens de indivíduos pertencentes aos grupos de Cladocera e Copepoda (copepoditos e adultos), foi utilizada câmara de contagem de Bogorov. Para as contagens de Rotifera e náuplios de Copepoda foi utilizada uma câmara de Sedgewick-Rafter em microscópio óptico. Os valores obtidos para densidade absoluta de organismos estão expressos em número de indivíduos por metro cúbico de água (Nº. ind.m^{-3}).

Na identificação taxonômica das espécies zooplanctônicas utilizou-se as chaves de identificação, diagnoses e descrições dos seguintes autores: RUTTNER-KOLISKO (1974), KOSTE (1978), MONTU & GOEDEN (1986) e ELMOOR-LOUREIRO (1997).[1]

A definição de constância de ocorrência das espécies nas amostras, foi baseada nas porcentagens sugeridas por DAJOZ (1973): 0 a 25% - ocasionais; >25 a 50% - espécies acessórias e >50% - espécies constantes.

A diversidade biológica foi calculada utilizando-se o índice de SHANNON-WINNER, através da fórmula:

$$H = - \sum_{i=1}^{s} (ni / N) \times \ln (ni / N)$$

Onde:

S = número de espécies;

ni = número de indivíduos em cada espécie;

N = número total de indivíduos.

A riqueza considerada é o número de espécies e a equitatividade ou uniformidade, se refere à distribuição dos organismos nos táxons. A equitatividade foi calculada através da equação:

$$E = H' / Hmax$$

Onde:

H´ = é a diversidade de espécies obtida pelo índice de SHANNON-WINNER, e Hmáx é a diversidade de espécies sob condições de máxima equitatividade, obtida do logaritmo do número de espécies da amostra.

Para o tratamento dos dados, foi utilizada uma análise multivariada de agrupamento (Cluster analysis) com o emprego do pacote estatístico Past. [2]

[1] ELMOOR-LOUREIRO, L. **Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil**. [*S. l.*: *s. n.*], 1997. ; KOSTE, W.; VOIGT, M. **Rotatoria: die Rädertiere Mitteleuropas : Überordnung Monogononta : ein Bestimmungswerk**. [*S. l.*]: Gebrüder Borntraeger, 1978. ; MONTÚ, M.; GOEDEN, I. M. ATLAS DOS CLADOCERA E COPEPODA (CRUSTACEA) DO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS (RIO GRANDE, BRASIL). **Revista Nerítica**, [*s. l.*], v. 1, n. 2, 1986. Disponível em: https://doi.org/10.5380/rn.v1i2.41190. Acesso em: 26 jul. 2024.; RUTTNER-KOLISKO, A. **Plankton Rotifers: Biology and Taxonomy**. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1974. *E-book*.

[2] HAMMER, Ø.; HARPER, D.; RYAN, P. D. **PAST: PALEONTOLOGICAL STATISTICS SOFTWARE PACKAGE FOR EDUCATION AND DATA ANALYSIS**. , 2001. Disponível em: https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Resultados e Discussão

Nos quadros a seguir apresentados, constam os dados brutos resultantes das análises das amostras coletadas no período de dezembro de 2023 a setembro de 2024.

Quadro 31 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em dezembro de 2023.

	ESTAÇÕES AMOSTRAIS																
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		Frequência
Taxa	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	de Ocorrência (%)
CLADOCERA																	
Alona davidi	83	0,9															12,5
Alona sp.															11	2,8	12,5
Bosmina longirostris	333	3,6	375	1,1			3000	2,3	833	1,7					22	5,5	62,5
Bosminopsis deitersi			125	0,4			66	0,1			233	5,1					37,5
Ceriodaphnia cornuta cornuta	1416	15,5	13625	40,2	250	4,3	50000	38,5	15416	31,4					33	8,3	75
Ceriodaphnia cf. quadrangula											46	1,0	100	3,6			25
Daphnia cf. ambigua	83	0,9					66	0,1									25
Ilyocryptus spinifer					250	4,3											12,5
Macrothrix triserialis													50	1,8			12,5
Moina micrura							4666	3,6	1666	3,4			50	1,8			37,5
COPEPODA																	
Náuplio	3000	32,8	9875	29,2	1500	25,9	34000	26,2	20000	40,7	2006	43,9	450	16,1	100	25,2	100
Copepodito Cyclopoida	250	2,7	1875	5,5			8666	6,7	1666	3,4	373	8,2	50	1,8	66	16,6	100
Copepodito Calanoida	1166	12,7	4500	13,3	250	4,3	17333	13,4	2083	4,2					11	2,8	75
Acanthocyclops robustus			250	0,7			266	0,2									25
Mesocyclops longisetus							200	0,2									12,5
Notodiaptomus incompositus			875	2,6			3333	2,6	1250	2,5							37,5
ROTIFERA																	
Bdelloidea	1000	10,9			1750	30,2			1250	2,5	886	19,4	1550	55,4	66	16,6	62,5
Ascomorpha ecaudis	333	3,6	125	0,4	50	0,9	3333	2,6	2083	4,2					11	2,8	75
Asplancna sp.			500	1,5	50	0,9	4000	3,1					50	1,8			50
Brachionus falcatus					250	4,3											12,5
Brachionus patulus patulus	83	0,9															12,5
Cephalodella gibba					50	0,9					93	2,0					25
Conochilus unicornis					50	0,9											12,5
Colurella sp.	166	1,8															12,5
Euchlanis dilatata	166	1,8			50	0,9											25
Filinia longiseta			125	0,4							140	3,1					25
Filinia opoliensis							66	0,1			46	1,0					25
Hexarthra i. braziliensis			125	0,4			66	0,1	416	0,8							37,5
Kellicottia bostoniensis	333	3,6	875	2,6			200	0,2	833	1,7	93	2,0			11	2,8	75
Keratella americana			250	0,7			133	0,1	416	0,8					11	2,8	50
Keratella cochlearis											93	2,0			11	2,8	25
Keratella serrulata											46	1,0					12,5
Lecane (M) bulla bulla	83	0,9	125	0,4	250	4,3			416	0,8	280	6,1			11	2,8	75
Lecane closterocerca													150	5,4			12,5
Lecane luna					100	1,7							50	1,8	11	2,8	37,5
Lecane luna var. presumpta					100	1,7					140	3,1					25
Lecane (M) lunaris	250	2,7									46	1,0					25
Lepadella patella	166	1,8													11	2,8	25
Lophocharis cf. salpina													200	7,1			12,5
Monommata sp.	83	0,9															12,5
Mytilina ventralis													100	3,6			12,5
Pompholyx complanata	83	0,9			250	4,3											25
Pompholyx sulcata															11	2,8	37,5
Polyarthra cf. vulgaris					50	0,9			416	0,8							25
Ploesoma truncatum			125	0,4													12,5
Synchaeta sp.							333	0,3	416	0,8							25
Testudinella patina patina					250	4,3											12,5
Trichotria tectralis					50	0,9											12,5
Trichocerca cylindrica					250	4,3					46	1,0					25
Trichocerca similis	83	0,9	125	0,4													25
Densidade numérica	9160		33875		5800		129727		49160		4567		2800		397		
Riqueza específica	16		14		17		15		12		13		9		12		
Índice de Div. de Shannon	2,25		1,04		2,13		1,13		1,54		2,03		1,26		2,22		
Equitatividade	0,81		0,39		0,75		0,42		0,62		0,79		0,57		0,89		

Na análise qualitativa deste grupo, foram identificados apenas 46 táxons, sendo 33 do Filo Rotifera, 10 da Ordem Cladocera (Crustacea) e 3 representando a SubClasse Copepoda (Crustacea).

Nesta coleta de primavera, diferente do que se observou em novembro de 2022, ocorreram 18 espécies a mais. A diferença na riqueza específica pode estar associada a uma maior pluviosidade que ocorreu no inverno e na primavera de 2023. Destas, 69,6% das espécies têm hábito planctônico e 39,1% são bentônicas.

Os organismos aquáticos que vivem em rios e riachos, de acordo com ALLAN (1995), sofrem a influência da velocidade do fluxo da água, pelo substrato, pela temperatura, além de outras variáveis físicas e químicas da água. Pela velocidade e fluxo, pode ocorrer a ação do tamanho das partículas além de afetar as fontes de alimento por fornecimento e remoção de nutrientes e de itens alimentares e por exercer força nos organismos da coluna da água e do substrato. Pelo substrato, por interações complexas com a corrente de água e matéria orgânica disponível e pela temperatura, por afetar o metabolismo dos organismos, além das características limnológicas locais.

Como ressaltado anteriormente neste relatório final, os diferentes usos do solo na bacia do arroio Candiota refletem a qualidade ambiental nos locais amostrados. As amostras coletadas nas estações P2 e P4 apresentaram um cheiro muito forte, evidenciando a presença de material orgânico provavelmente decorrente da entrada do esgoto doméstico proveniente do wetland localizado à montante da estação P2, além do fluxo da água que provém das barragens. Embora, coliformes termotolerantes nestes locais tenham ocorrido em baixos valores, a demanda bioquímica de oxigênio apresentou valores significativos, tendo sido nestes locais de P2 = DBO_5 de 6,96 mg.L-1 O_2) e P4 = DBO_5 de 6,57 mg.L-1 O_2, como apresentado no compartimento água superficial, corroborando a hipótese de influência dos usos do solo nestes locais.

Um exemplo da influência do habitat e da qualidade ambiental pode ser representado por *Ceriodaphnia cornuta*, espécie de Cladocera que ocorreu em percentuais importantes tanto na estação P2 quanto na estação P4 (40,2% e 38,5%, respectivamente). De acordo com Villalobos e Gonzales (2006), esta espécie é uma das mais abundantes nas águas doces tropicais e está adaptada para tolerar baixas concentrações de oxigênio dissolvido e altas variações de temperatura, características que permitem sua ampla distribuição nas regiões tropicais. *C. cornuta* pode estar presente em uma grande variedade de corpos de água. Quanto à alimentação, prefere diatomáceas e algas verdes, sendo capaz de manter altas taxas de crescimento sob condições de escassez de alimento de boa qualidade, ou na presença de alimento com qualidade nutricional baixa, chegando até, em determinados casos, consumir cianobactérias.

C. cornuta apresenta um desenvolvimento embrionário curto, rápidas taxas de crescimento dos estágios juvenis e alcança rapidamente a maturidade sexual, tendo fecundidade baixa e longevidade grande. A predação por peixes e pelo invertebrado *Chaoborus* sp. é uma das interações interespecíficas mais estudadas neste crustáceo, e tem sido constatado que esta predação pode afetar sua abundância e distribuição nos ambientes aquáticos.

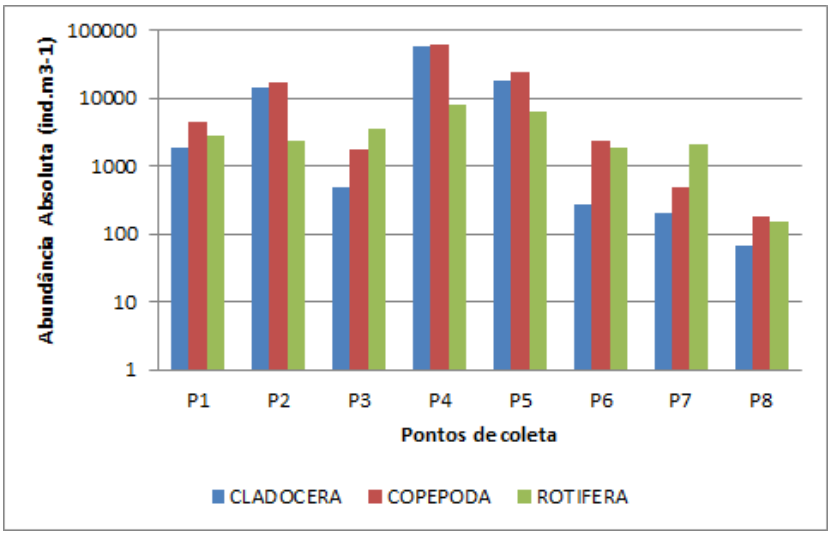
C. cornuta pode gerar uma série de respostas como mecanismos de defesa diante da predação, destacando-se o polimorfismo, as mudanças em alguns parâmetros da história de vida e a migração vertical. Rietzler et. al (2008) relaciona o aparecimento da forma típica de *C. cornuta* com a presença do predador *Chaoborus* sp., apresentando modificações morfológicas como espinhos na cabeça, nas laterais da carapaça e na região caudal. Nesta coleta de primavera, a forma típica foi predominante e se observou a presença do predador nas amostras.

Outro destaque deve ser feito à ocorrência e ao percentual de indivíduos de Bdelloidea na estação P7 (55,4%) e na estação P3 (30,2%). Todo o táxon de Bdelloidea pertence a uma ordem do filo Rotifera e apresenta uma larga distribuição, podendo estar presente em diferentes tipos de ambientes. Segundo Ricci (1987), duas características explicam a capacidade deste grupo apresentar uma grande distribuição: a reprodução partenogenética e a sua resistência a condições ambientais desfavoráveis através da anidrobiose. Além disso, são principalmente bentônicos e micrófagos. Vários autores relataram que aumentos repentinos de fluxo poderiam arrastar organismos bentônicos junto com os sedimentos removidos.

Embora não se tenha identificado Bdelloidea até nível específico, sabe-se que são um grupo taxonômico que geralmente apresenta uma correlação positiva com a condutividade elétrica da água (Frau et. al. 2021).

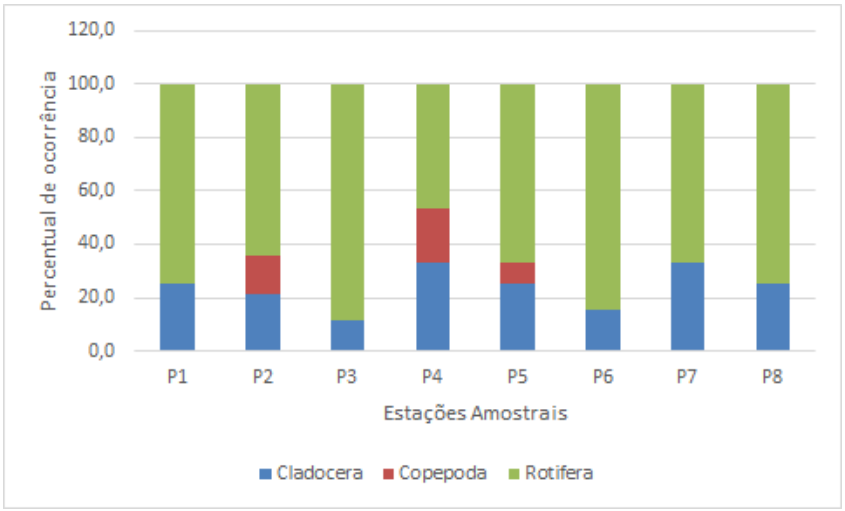
Maiores valores para as densidades absolutas do zooplâncton foram observados nesta coleta de primavera, quando comparado com o mesmo período de 2022. O maior valor ocorreu na estação amostral P4 (129727 ind.m_3^{-1}), seguida da estação amostral P5 (49160 ind.m_3^{-1}), principalmente pela abundância de *Ceriodaphnia cornuta*, além das formas jovens de Copepoda. A menor densidade ocorreu na estação P8 (397 ind.m_3^{-1}). Além disso, novamente, a densidade numérica dos indivíduos do zooplâncton foi representada, principalmente, pelas formas jovens de Copepoda, náuplios e copepoditos, como mostra a Figura 80.

Figura 80 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em dezembro de 2023.



A Figura 81 dá uma dimensão dos percentuais de cada grupo por local amostrado. Em todas as estações amostrais Rotifera predomina, nas estações P2, P3, P4 e P8 não se registrou a ocorrência de espécies de Copepoda.

Figura 81 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em dezembro de 2023.



O índice de Diversidade de Shannon, a riqueza específica e a equitatividade estão apresentados na Figura 82, Figura 83 e

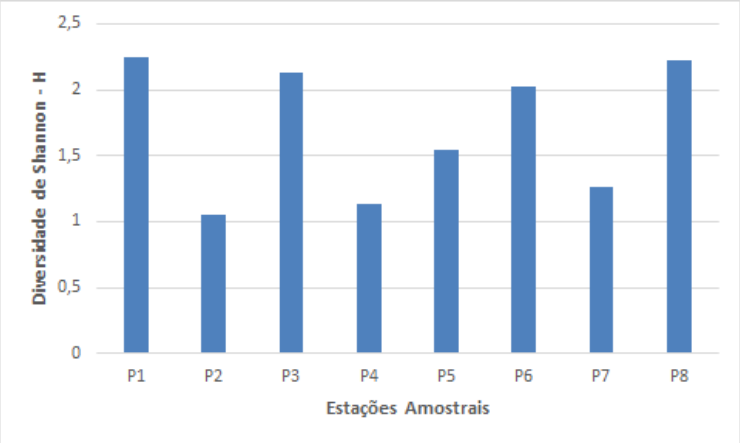
Figura 84.

Foram baixos os valores para índice de diversidade de Shannon nesta primavera de 2023, evidenciando a baixa qualidade do ambiente como um todo. O valor maior deste índice ocorreu na estação amostral P1 (2,25) (Figura 82). Já a estação P2 apresentou o menor valor (1,04), juntamente com P4 (1,13).

Quanto à riqueza específica, a estação amostral P3 apresentou o maior número de espécies (17) e o menor número na estação P7 (9), (Figura 83).

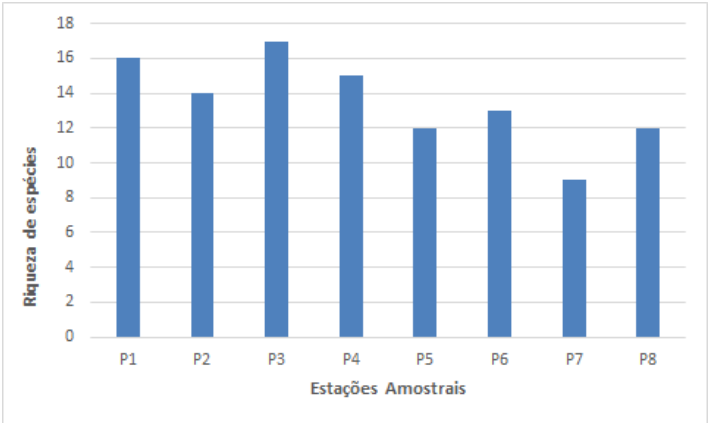
A Equitatividade de Pielou (Figura 144) foi baixa nas estações P2 (0,39) e P4 (0,42), principalmente devido à dominância de *Ceriodaphnia cornuta* nas amostras e mais alta em P8 (0,89).

Figura 82 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em dezembro de 2023.



Quanto à riqueza específica, a estação amostral P1 apresentou o maior número de espécies (19) e o menor número na estação P7 (4), (Figura 83).

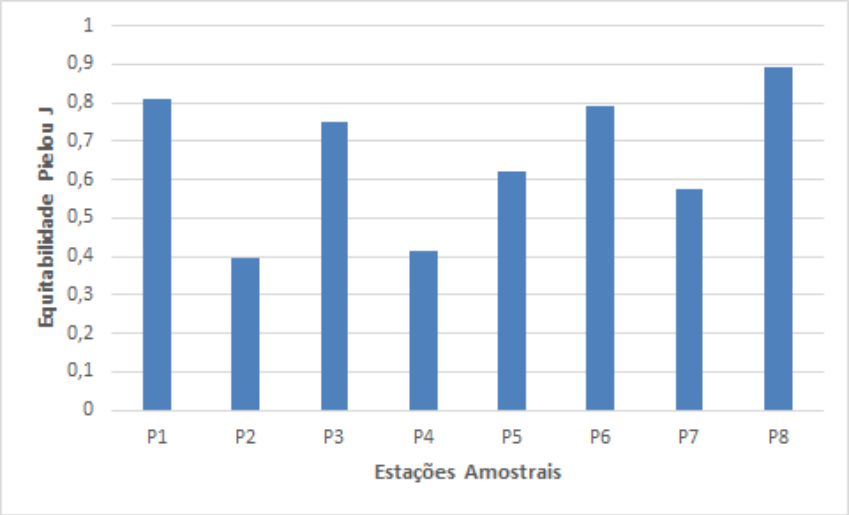
Figura 83 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em dezembro de 2023.



A Equitatividade (

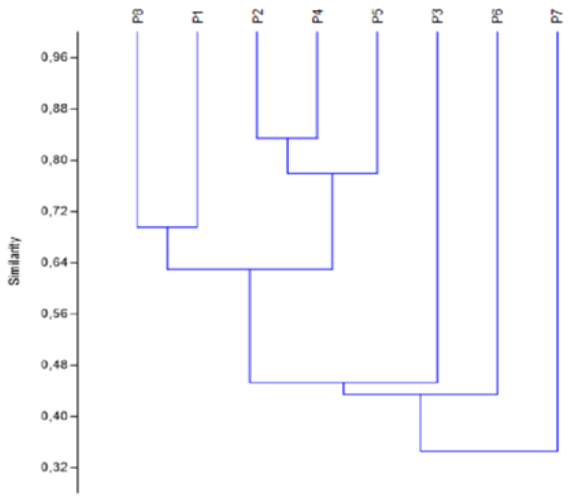
Figura 84) foi baixa na estação P6 e mais alta em P7.

Figura 84 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em dezembro de 2023.



A análise estatística realizada com os dados de densidade absoluta das espécies do zooplâncton coletadas no sistema está representada pela Figura 85 abaixo. O maior valor cofenético foi obtido com a distância Morisita (0,93) e mostra similaridade entre as estações amostrais P2 e P4 com um pouco mais do que 80%, seguidas da estação P5. As demais estações mostraram-se menos similares entre si, com um corte em 75% de similaridade.

Figura 85 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de dezembro de 2023.



No Quadro 32, a seguir apresentado, consta os dados brutos resultantes das análises das amostras coletadas em fevereiro de 2024, representando o verão.

Quadro 32 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em fevereiro de 2024

	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		Frequência
Taxa	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	e Ocorrência (%
CLADOCERA																	
Acroperus harpae							9	3,8									12,5
Alona davidi	3	2,4			6	2,4											25
Alona sp.									3	1,6			13	6,2			25
Bosmina longirostris			10	1,1													12,5
Ilyocryptus spinifer	20	15,9													260	0,9	25,0
Moina micrura													6	2,8	1083	3,9	12,5
COPEPODA																	
Náuplio	13	10,3	500	57,0	10	3,9	23	9,6	16	8,3	80	6,9	13	6,2	7333	26,3	100
Copepodito Cyclopoida	10	7,9	56	6,4	16	6,3	36	15,0	33	17,2	3	0,3	23	10,9	7250	26,0	100
Copepodito Calanoida							5	2,1									12,5
Acanthocyclops viridis									3	1,6			33	15,6	3250	11,7	37,5
Notodiaptomus incompositus			3	0,3			23	9,6									25
ROTIFERA																	
Bdelloidea	30	23,8	33	3,8	36	14,1	14	5,8	33	17,2	6	0,5	20	9,5	750	2,7	100
Ascomorpha ecaudis			170	19,4			5	2,1									25
Brachionus angularis													6	2,8	1000	3,6	25
Brachionus urceolaris													3	1,4			12,5
Cephalodella gibba	3	2,4	13	1,5	3	1,2	5	2,1	3	1,6			6	2,8			75
Euchlanis dilatata	3	2,4	20	2,3	3	1,2	41	17,1	3	1,6							62,5
Kellicottia bostoniensis			16	1,8					3	1,6			3	1,4			37,5
Keratella cochlearis					13	5,1	5	2,1									25
Keratella lenzi			3	0,3			5	2,1			3	0,3					37,5
Keratella tropica													6	2,8	2666	9,6	25
Lecane (M) bulla bulla	13	10,3	6	0,7	76	29,8	14	5,8	73	38,0	953	82,2	33	15,6	1416	5,1	100
Lecane (M) decipiens											26	2,2					12,5
Lecane leontina											36	3,1					12,5
Lecane levistyla											13	1,1					12,5
Lecane luna	10	7,9	3	0,3			32	13,3			40	3,4	46	21,8	2750	9,9	75
Lecane luna var. *presumpta*	3	2,4	3	0,3													25
Lecane (M) lunaris	3	2,4	6	0,7	63	24,7											37,5
Lophocharis oxysternon	6	4,8															12,5
Mytilina ventralis					3	1,2											12,5
Platyas quadricornis	6	4,8	3	0,3	26	10,2	5	2,1	13	6,8					83	0,3	75
Ploesoma truncatum			6	0,7													12,5
Synchaeta sp.			16	1,8													12,5
Trichotria tectralis	3	2,4							3	1,6							25
Trichocerca cylindrica							9	3,8									12,5
Trichocerca similis			10	1,1			9	3,8	6	3,1							37,5
Densidade numérica	126		877		255		240		192		1160		211		27841		
Riqueza específica	12		16		9		13		10		7		11		9		
Índice de Div. de Shannon	2,11		1,83		1,68		2,28		1,51		0,53		2,02		1,90		
Equitatividade	0,85		0,66		0,76		0,88		0,65		0,27		0,84		0,86		

Na análise qualitativa deste grupo, foram identificados apenas 33 táxons, sendo 25 do Filo Rotifera, 6 da Ordem Cladocera (Crustacea) e 2 representando a SubClasse Copepoda (Crustacea).

Nesta amostragem de verão, diferente do que se observou em fevereiro de 2023, ocorreram 7 espécies a menos, também uma riqueza específica com baixos números em grande parte das estações amostrais. Além disso, 50% de espécies coletadas são planctônicas e 50% de espécies apresentam hábito bentônico. Também se observou baixos valores de densidade numérica das espécies.

Nesta coleta, baixos volumes de água foram observados em todos os locais, sendo as estações amostrais P2, P6 e P8 classificadas como classe 4. P2 pela presença de óleos e graxas, P6 pela presença de metais, além do pH ácido e pelo alto valor para sólidos dissolvidos totais e a P8 pelo teor de fósforo total e alumínio dissolvido. Como ressaltado em relatórios anteriores, os diferentes usos do solo na bacia do arroio Candiota refletem a qualidade ambiental nos locais amostrados. P2 está localizada logo a jusante do material decorrente da entrada do esgoto

doméstico proveniente do wetland localizado à montante desta, além do fluxo da água que provém das barragens.

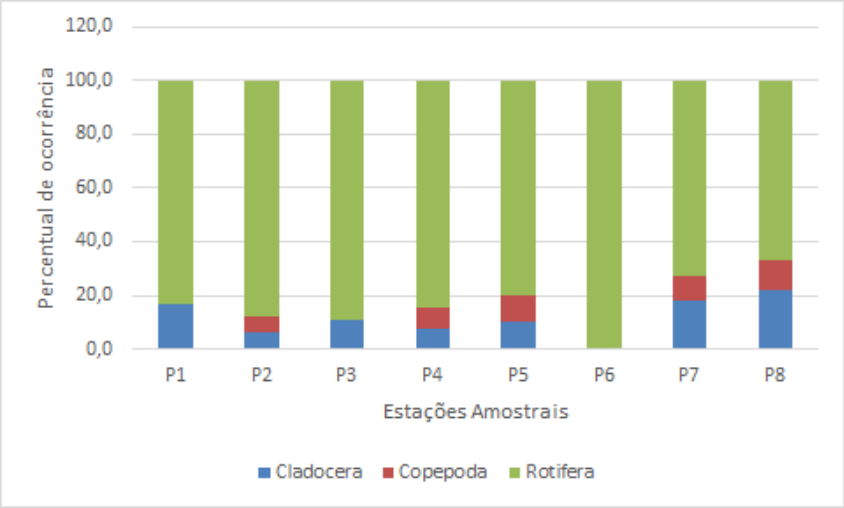
Destaca-se a dominância de *Lecane (M) bulla* na estação P6. Esta estação amostral apresentou pH de 4,2. O gênero *Lecane* (com 7 espécies nessa amostragem), é largamente distribuído e representa um grupo abundante de rotíferos de tamanho médio a pequeno, habitando tanto águas doces quando salinas, segundo SEGERS (1995).

Lecane (M) bulla é uma espécie notadamente cosmopolita e que pode ocorrer em uma variedade de corpos de água no mundo, sendo encontrada mais no verão e no outono. Além disso, também está relacionada com ambientes eutróficos.

De acordo com a literatura, referenciada por Ejsmont-Karabin (2012), o estado trófico pode causar mudanças no número total de rotíferos, que são fortemente e positivamente correlacionados com esta situação. Também se observa um aumento total na biomassa deste grupo devido a maior oferta de seus recursos alimentares como o bacterioplâncton e fitoplâncton com a eutrofização. Além disso, pode ocorrer um aumento na ocorrência de pequenas espécies que consomem bactérias e detritos e um aumento do percentual das espécies indicadoras de eutrofização, como *Brachionus angularis*, observada na estação P8. Também se ressalta a ocorrência de *Keratella tropica* e *Acanthocyclops viridis* na estação P8, que são relacionadas com a eutrofização, de acordo com Duggan & Shiel (2001).

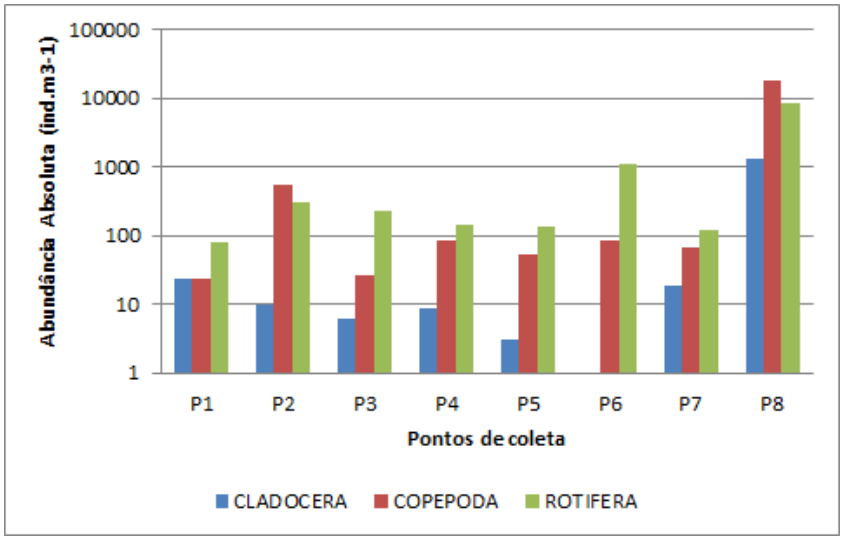
Pejler (1983) atribuiu a preferência das espécies ao longo do gradiente trófico, pelo tamanho e pela natureza das partículas alimentares presentes, sendo que as espécies ultraoligotróficas predominantemente alimentam-se de pequenas partículas algais como por exemplo *Conochilus* e espécies hipereutróficas aquelas que se alimentam predominantemente de bactérias como *Brachionus*. Quanto a importância dos principais grupos, ocorreu novamente a predominância de espécies de Rotifera, como em todas as amostragens anteriores, como mostra a Figura 86. As estações P1, P3 e P6 não registraram a ocorrência de espécies de Copepoda.

Figura 86 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em fevereiro de 2024.



Baixos valores para as densidades absolutas do zooplâncton foram observados nesta amostragem de verão, quando comparado com o mesmo período de 2023. O maior valor ocorreu na estação amostral P8 (27841 ind.m_3^{-1}), seguida da estação amostral P6 (1160 ind.m_3^{-1}), principalmente pela abundância de *Keratella tropica* e *Acanthocyclops viridis*, além das formas jovens de Copepoda, na primeira. A menor densidade ocorreu na estação P1 (126 ind.m_3^{-1}). Além disso, novamente, a densidade numérica dos indivíduos do zooplâncton foi representada, principalmente, pelas formas jovens de Copepoda, náuplios e copepoditos, como mostra a Figura 87, em todas as estações amostrais.

Figura 87 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em fevereiro de 2024.



O índice de Diversidade de Shannon, a riqueza específica e a equitatividade estão apresentados na Figura 88 até Figura 90.

Os valores para o índice de diversidade de Shannon não variaram muito entre as estações amostrais, evidenciando a baixa qualidade do ambiente como um todo, porém, a estação amostral P4 apresentou o maior valor deste índice (2,28) (Figura 88). Já a estação P6 apresentou o menor valor (0,53) pela dominância de *Lecane (M) bulla*, juntamente com P5 (1,51).

Quanto à riqueza específica, a estação amostral P2 apresentou o maior número de espécies (16) e o menor número na estação P6 (7), (Figura 89).

A Equitatividade de Pielou (Figura 90) foi baixa na estação P6 (0,27) e mais alta em P4 (0,88).

Figura 88 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em fevereiro de 2024.

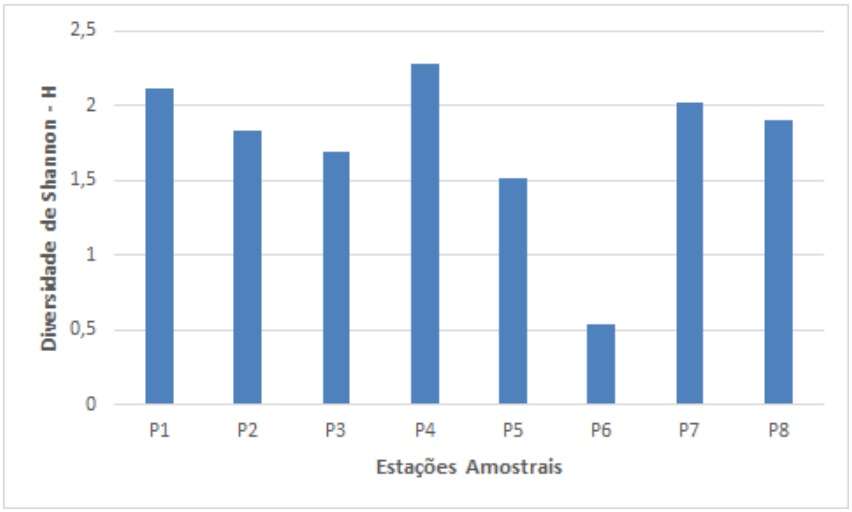


Figura 89 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em fevereiro de 2024.

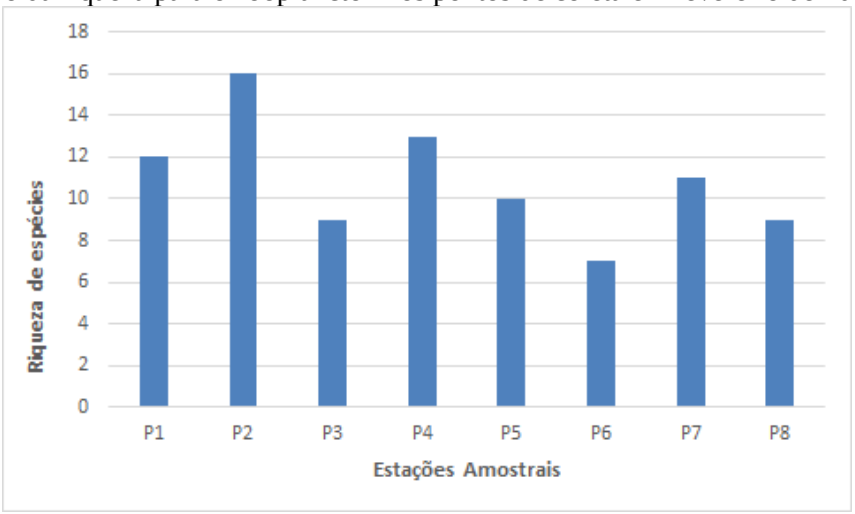
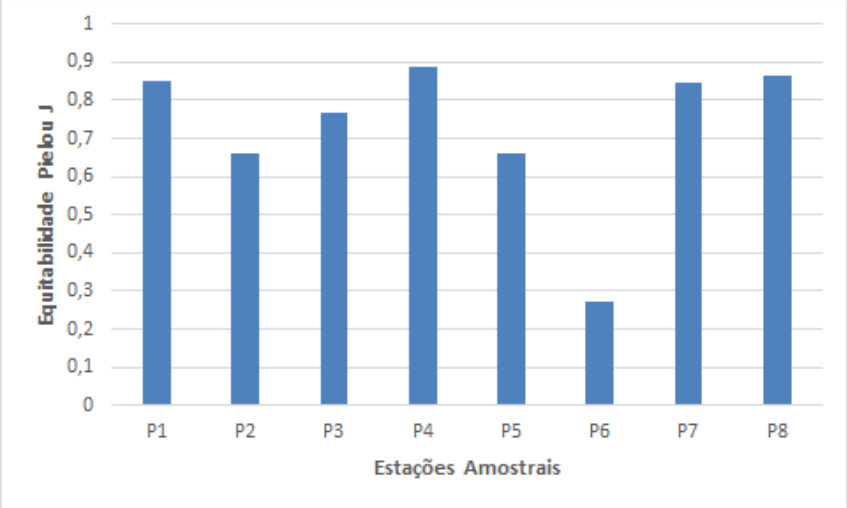
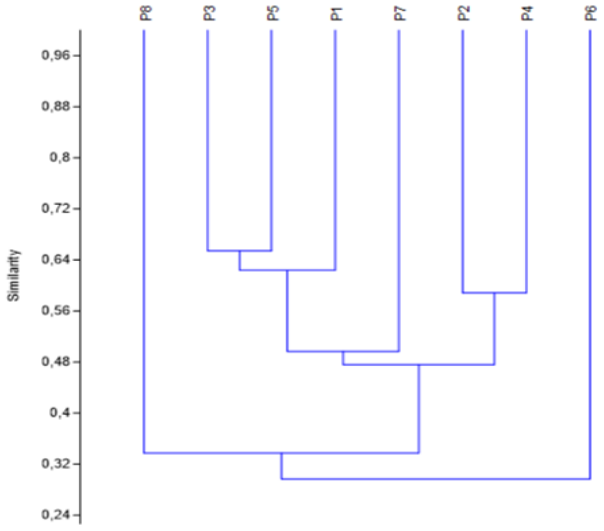


Figura 90 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em fevereiro de 2024.



A análise estatística realizada com os dados de densidade absoluta das espécies do zooplâncton coletadas no sistema está representada pela Figura 91 abaixo. O maior valor cofenético foi obtido com a distância Bray-Curtis (0,91) e mostra dissimilaridade entre todas as estações amostrais em um corte de 80%.

Figura 91 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de fevereiro de 2024.



No Quadro 33, a seguir apresentado, consta os dados brutos resultantes das análises das amostras coletadas em junho de 2024, representando o outono.

Na análise qualitativa deste grupo, foram identificados apenas 46 táxons, sendo 34 do Filo Rotifera, 8 da Ordem Cladocera (Crustacea) e 4 representando a SubClasse Copepoda (Crustacea).

Os números desta amostragem de outono foram muito semelhantes àqueles do outono de 2023, quando também ocorreram chuvas no período que antecedeu as coletas. Nesta coleta 48% de espécies coletadas são planctônicas e 52% de espécies apresentam hábito bentônico. Também se observou baixos valores de densidade numérica das espécies, exceto em P7 e P8.

Quadro 33 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em junho de 2024.

	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		Frequência
Taxa	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	e Ocorrência (%
CLADOCERA																	
Acroperus harpae	3	1,1															12,5
Alona cf. *monacantha*									3	0,4			6	0,1			25
Alona sp.											3	4,5	3	0,0			25
Chydorus sphaericus			3	1,0			3	0,6	3	0,4							37,5
Biapertura verrucosa	3	1,1					3	0,6									25
Bosmina longirostris							6	1,2	36	5,2			3	0,0			12,5
Bosminopsis deitersi			30	10,3			30	5,9	23	3,3							25,0
Macrothryx triserialis					6	1,3	3	0,6									12,5
COPEPODA																	
Náuplio	123	45,1	50	17,2	76	16,1	193	38,0	253	36,3	13	19,4	7490	96,5	5900	92,6	100
Copepodito Cyclopoida	3	1,1	20	6,9	206	43,7	50	9,8	26	3,7	10	14,9	63	0,8	133	2,1	100
Copepodito Calanoida							16	3,1	6	0,9			3	0,0			37,5
Acanthocyclops robustus			10	3,4	20	4,2							10	0,1	23	0,4	50
Eucyclops solitarius	10	3,7					3	0,6	3	0,4			20	0,3	20	0,3	62,5
Tropocyclops prasinus	3	1,1															12,5
Notodiaptomus incompositus							3	0,6									12,5
ROTIFERA																	
Bdelloidea	53	19,4	60	20,7	43	9,1	46	9,1	63	9,0	20	29,9	40	0,5	40	0,6	100
Asplancna sp.									26	3,7			3	0,0			25
Ascomorpha ecaudis			36	12,4			10	2,0	20	2,9			6	0,1	16	0,3	62,5
Brachionus angularis					10	2,1			6	0,9			6	0,1	6	0,1	50
Brachionus mirus							3	0,6									
Cephalodella gibba									10	1,4			6	0,1	6	0,1	37,5
Colurella uncinata	3	1,1							3	0,4			6	0,1			25
Euchlanis dilatata	23	8,4	6	2,1	63	13,4	3	0,6	3	0,4			13	0,2	6	0,1	87,5
Filinia opoliensis							3	0,6			3	4,5	3	0,0			37,5
Kellicottia bostoniensis			20	6,9	10	2,1	23	4,5	36	5,2	3	4,5	16	0,2	6	0,1	87,5
Keratella americana							6	1,2	10	1,4							25
Keratella cochlearis			16	5,5			26	5,1	40	5,7							37,5
Keratella cochlearis tecta							3	0,6									12,5
Keratella tropica			3	1,0					10	1,4			3	0,0	6	0,1	50
Lecane (M) bulla bulla	3	1,1			6	1,3	40	7,9	30	4,3	6	9,0	36	0,5	206	3,2	87,5
Lecane (M) closterocerca	3	1,1															12,5
Lecane quadridentata							3	0,6									12,5
Lecane luna									3	0,4	3	4,5					25
Lecane hornemanni													3	0,0			25
Lecane (M) lunaris	6	2,2			13	2,8			10	1,4			10	0,1			50
Lecane (M) lunaris f. *perplexa*	10	3,7															12,5
Lecane (M) stenroosi	6	2,2			6	1,3											25
Lepadella patella			3	1,0	3	0,6			6	0,9			3	0,0			50
Lophocharis salpina	6	2,2															12,5
Monommata sp.									3	0,4							12,5
Mytilina ventralis											3	4,5					12,5
Platyas quadricornis	6	2,2			6	1,3			3	0,4							37,5
Polyarthra cf. *dolychoptera*	3	1,1	3	1,0					23	3,3							37,5
Polyarthra cf. *vulgaris*									26	3,7							12,5
Pompholyx complanata					3	0,6	16	3,1	10	1,4							37,5
Ptygura sp.			30	10,3			13	2,6									25
Testudinella p. dendradena											3	4,5	3	0,0			25
Trichotria tectralis	6	2,2					3	0,6	3	0,4							37,5
Trichocerca similis													6	0,1	6	0,1	25
Densidade numérica	273		290		471		508		697		67		7761		6374		
Riqueza específica	16		12		12		21		26		8		21		11		
Índice de Div. de Shannon	2,23		2,07		2,00		2,54		2,84		1,73		2,63		1,47		
Equitatividade	0,80		0,83		0,80		0,83		0,87		0,83		0,86		0,61		

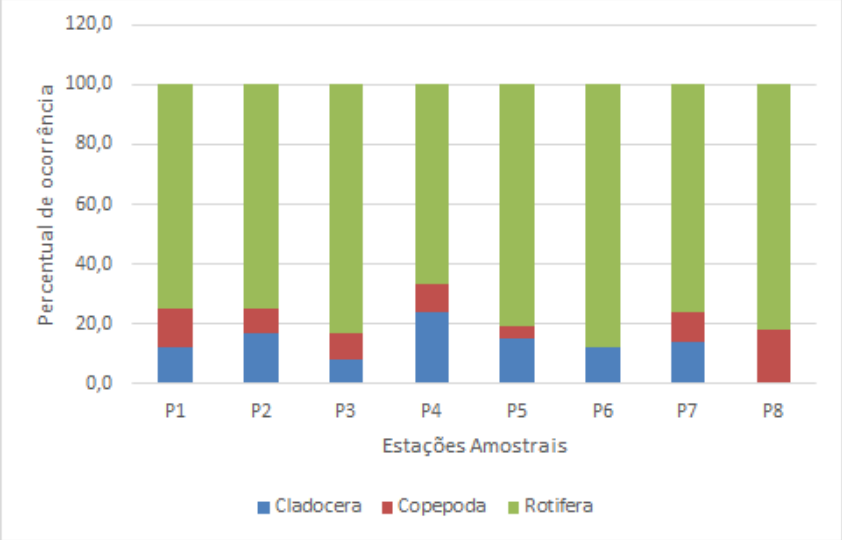
Destaca-se a dominância de formas jovens de náuplios nas estações P7 e P8, somente.

Também a Figura 92, a seguir, dá uma dimensão dos percentuais de cada grupo por local amostrado. Em todas as estações amostrais Rotifera predomina.

Os rotíferos predominam porque são menos suscetíveis à descarga, são mais independentes do que os microcrustáceos na presença de vegetação, possuem ampla gama de seletividade alimentar e têm uma alta taxa de rotatividade, permitindo-lhes colonizar mesmo

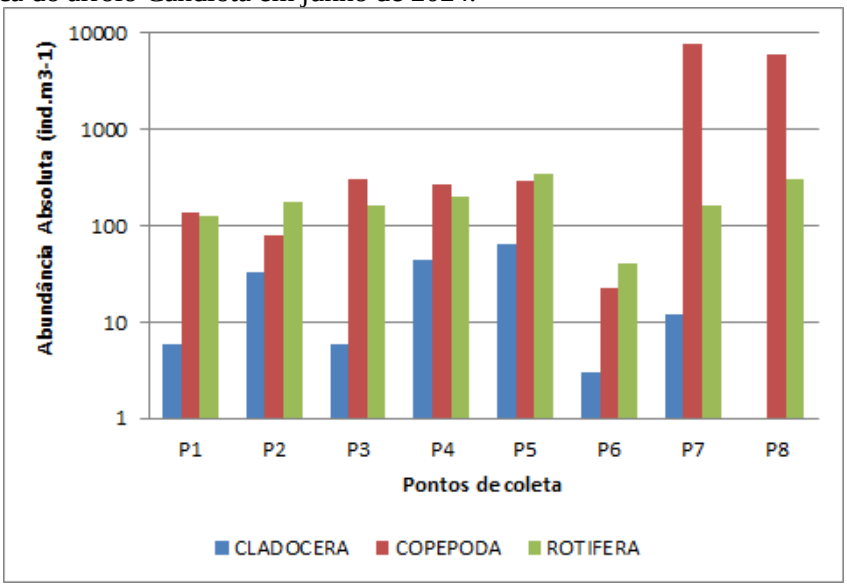
em condições instáveis, segundo Frau et. al. 2021. A estação P6 não registrou a ocorrência de espécies de Copepoda.

Figura 92 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em junho de 2024.



Novamente baixos valores para as densidades absolutas do zooplâncton foram observados nesta amostragem de outono, quando comparado com o mesmo período de 2023. O maior valor ocorreu na estação amostral P7 (7761 ind.m_3^{-1}), seguida da estação amostral P8 (6374 ind.m_3^{-1}), principalmente pela abundância das formas jovens de Copepoda. A menor densidade ocorreu na estação P6 (67 ind.m_3^{-1}), como mostra a Figura 93.

Figura 93 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em junho de 2024.



O índice de Diversidade de Shannon, a riqueza específica e a equitatividade estão apresentados na Figura 94, Figura 95 e Figura 96.

As estações amostrais P5, P7 e P4 apresentaram os maiores valores para o índice de diversidade de Shannon, sendo que o maior valor ocorreu na estação amostral P5 (2,84) (Figura 94). Já a estação P8 apresentou o menor valor (1,47).

Quanto à riqueza específica, a estação amostral P5 apresentou o maior número de espécies (26) e o menor número na estação P6 (8), (Figura 95).

A Equitatividade de Pielou (Figura 96) foi baixa na estação P8 (0,61) e mais alta em P5 (0,87).

Figura 94 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em junho de 2024.

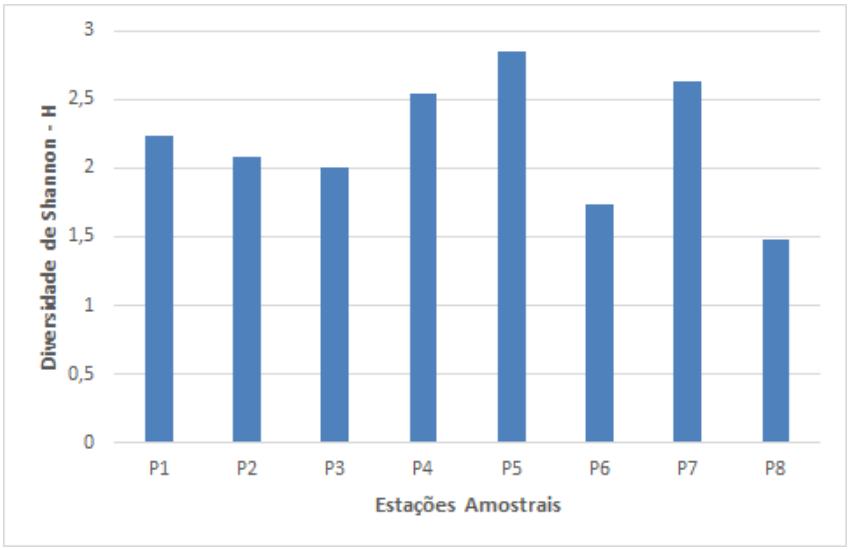


Figura 95 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em junho de 2024.

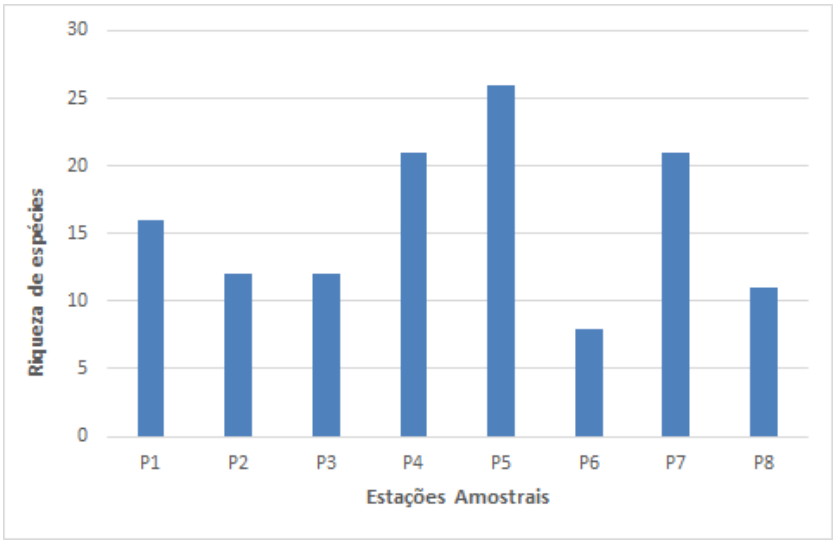
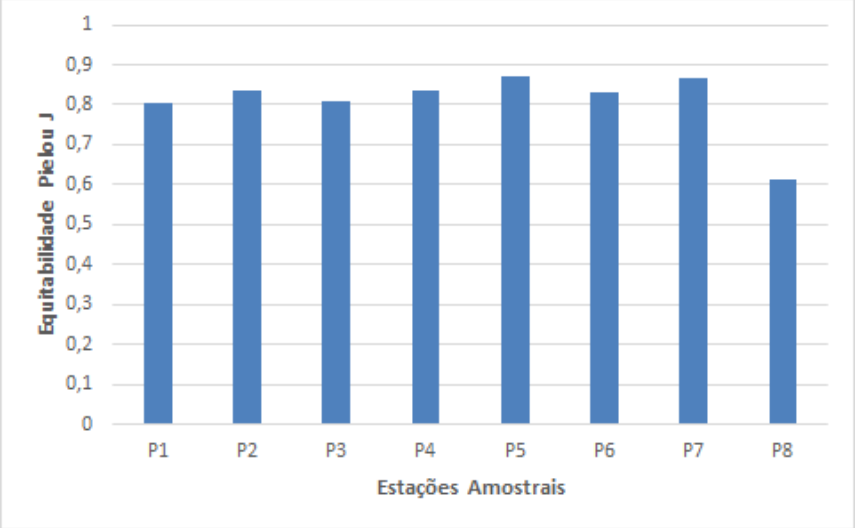
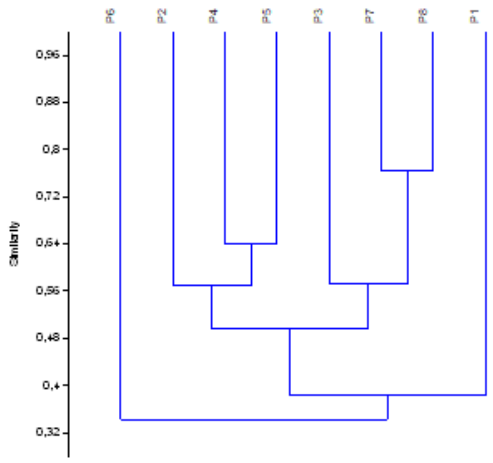


Figura 96 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em junho de 2024.



A análise estatística realizada com os dados de densidade absoluta das espécies do zooplâncton coletadas no sistema está representada pela Figura 97 abaixo. O maior valor cofenético foi obtido com a distância Bray-Curtis (0,92) e mostra dissimilaridade entre todas as estações amostrais em um corte de menos de 80%, exceto as estações P7 e P8.

Figura 97 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de junho de 2024.



No Quadro 34, a seguir apresentado, consta os dados brutos resultantes das análises das amostras coletadas em setembro de 2024, representando o inverno.

Na análise qualitativa deste grupo, foram identificados apenas 41 táxons, sendo 27 do Filo Rotifera, 10 da Ordem Cladocera (Crustacea) e 4 representando a SubClasse Copepoda (Crustacea). Nesta amostragem foram identificados menos táxons do que o inverno de 2023, onde ocorreram 54 táxons.

Os números desta amostragem de inverno diferiram um pouco daqueles do inverno de 2023, quando também ocorreram chuvas no período que antecedeu as coletas. Nesta coleta 56% de espécies coletadas são planctônicas e 44% de espécies apresentam hábito bentônico. Também se observou baixos valores de densidade numérica das espécies, exceto em P8, P2 e P7.

Quadro 34 - Densidade absoluta, densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies do Zooplâncton coletadas em setembro de 2024.

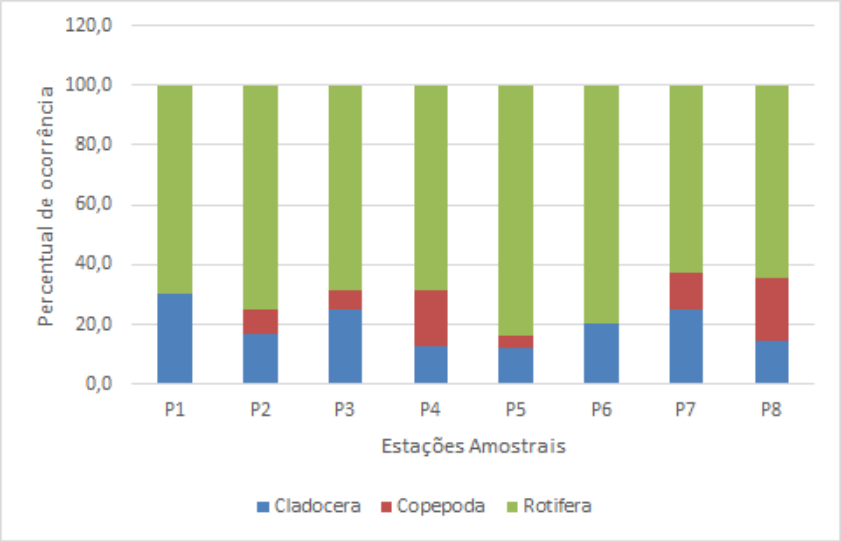
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		Frequência
Taxa	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	Nº ind/m³	%	e Ocorrência (%
CLADOCERA																	
Acroperus harpae									5	0,7							12,5
Alonella cf. *dentifera*					22	2,7											12,5
Alona sp.					11	1,3							25	1,6			25
Ceriodaphnia cornuta			880	11,3			333	5,8									25
Chydorus sphaericus	11	1,6			11	1,3							25	1,6			37,5
Bosmina longirostris	33	4,7	520	6,7	11	1,3	966	17,0	25	3,5	46	11,1	200	12,7	120	0,4	100
Euryalona orientalis											3	0,7					12,5
Macrothryx triserialis	11	1,6															12,5
Moina sp.													25	1,6	120	0,4	25,0
Pleuroxus similis									5	0,7							12,5
COPEPODA																	
Náuplio	377	53,3	3080	39,5	433	52,9	1633	28,7	140	19,7	163	39,4	575	36,5	11400	37,5	100
Copepodito Cyclopoida	44	6,2	480	6,2	33	4,0	700	12,3	10	1,4	66	15,9	75	4,8	6600	21,7	100
Copepodito Calanoida			640	8,2	22	2,7	300	5,3	15	2,1	3	0,7	50	3,2	120	0,4	87,5
Acanthocyclops robustus							100	1,8					25	1,6	1320	4,3	37,5
Eucyclops solitarius							33	0,6							180	0,6	25
Tropocyclops prasinus													25	1,6			12,5
Notodiaptomus incompositus			1200	15,4	11	1,3	333	5,8	10	1,4					120	0,4	62,5
ROTIFERA																	
Bdelloidea	66	9,3	240	3,1	66	8,1	166	2,9	25	3,5	33	8,0	275	17,5	240	0,8	100
Asplancna sp.									5	0,7							12,5
Ascomorpha ecaudis									20	2,8							12,5
Brachionus angularis							333	5,8	55	7,7			25	1,6	6420	21,1	50
Brachionus bidentata					11	1,3	133	2,3	5	0,7					2280	7,5	50
Cephalodella gibba	22	3,1			33	4,0			10	1,4			25	1,6	240	0,8	62,5
Euchlanis dilatata	44	6,2			11	1,3			5	0,7			75	4,8			50
Filinia longiseta													25	1,6			12,5
Kellicottia bostoniensis							100	1,8	30	4,2	6	1,4	25	1,6			50
Keratella americana							33	0,6	20	2,8							25
Keratella cochlearis			120	1,5					130	18,3	3	0,7	25	1,6	240	0,8	62,5
Keratella cochlearis tecta							33	0,6	70	9,9	3	0,7					37,5
Keratella lenzi			40	0,5													12,5
Keratella tropica	11	1,6	40	0,5			66	1,2	5	0,7	76	18,4	25	1,6	660	2,2	87,5
Lecane (M) bulla bulla	11	1,6			33	4,0	33	0,6	15	2,1	3	0,7					62,5
Lecane luna					22	2,7											12,5
Lecane (M) lunaris	55	7,8							15	2,1	6	1,4	25	1,6	60	0,2	62,5
Lepadella patella									15	2,1							12,5
Lophocharis salpina									5	0,7							12,5
Ploesoma (Bipalpus) hudsoni			80	1,0			33	0,6									25
Polyarthra cf. *vulgaris*			40	0,5	11	1,3			10	1,4	3	0,7					50
Pompholyx complanata			320	4,1			66	1,2	40	5,6					240	0,8	50
Pompholyx sulcata			80	1,0			300	5,3	10	1,4							37,5
Testudinella p. dendradena					22	2,7			5	0,7			25	1,6	60	0,2	50
Trichotria tectralis					33	4,0											12,5
Trichocerca cylindrica	22	3,1			11	1,3											25
Trichocerca similis			40	0,5	11	1,3			5	0,7							37,5
Densidade numérica	707		7800		818		5694		710		414		1575		30420		
Riqueza específica	10		12		16		16		25		10		16		14		
Índice de Div. de Shannon	2,08		1,86		2,57		2,24		2,70		1,58		2,23		1,60		
Equitatividade	0,90		0,75		0,93		0,81		0,84		0,68		0,80		0,61		

Destaca-se a dominância de formas jovens de náuplios nas estações P1 e P3, somente. Constantes no sistema foram as formas jovens de copepoda, *Bosmina longirostris*, *Notodiaptomus incompositus*, Bdelloidea, *Cephalodella gibba*, *Keratella cochlearis* e *K. tropica*, *Lecane (M) bulla bulla e L. (M) lunares*.

Quanto a importância dos principais grupos, ocorreu novamente a predominância de espécies de Rotifera, como em todas as amostragens anteriores, como mostra a Figura 98. As estações P1 e P6 não registraram a ocorrência de espécies de Copepoda.

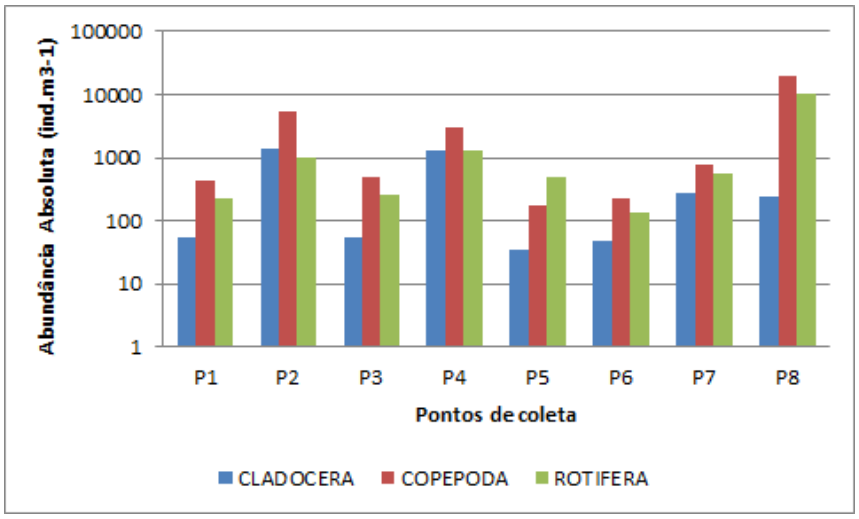
Quanto ao habitat, 40,7% das espécies coletadas apresentam hábitos bentônicos e 59,3% são verdadeiramente planctônicas.

Figura 98 - Abundância relativa das espécies dos principais grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em setembro de 2024.



Novamente baixos valores para as densidades absolutas do zooplâncton foram observados nesta amostragem de inverno, quando comparado com o mesmo período de 2023. O maior valor ocorreu na estação amostral P8 (30420 ind.m_3^{-1}), seguida da estação amostral P2 (7800 ind.m_3^{-1}), locais que recebem diretamente a contribuição de ambientes com característica lêntica, principalmente pela abundância das formas jovens de Copepoda. Registrou-se a ocorrência e maiores valores de densidade absoluta das espécies de *Brachionus angularis* e *B. bidentata*, referidos na literatura como espécies descritoras de ambientes poluídos. A menor densidade ocorreu na estação P6 (414 ind.m_3^{-1}), como mostra a Figura 99.

Figura 99 - Abundância absoluta dos indivíduos dos diferentes grupos que compõem o zooplâncton, na bacia hidrográfica do arroio Candiota em setembro de 2024.



O índice de Diversidade de Shannon, a riqueza específica e a equitatividade estão apresentados na Figura 100, Figura 101 e Figura 102.

As estações amostrais P5, P3 e P4 apresentaram os maiores valores para o índice de diversidade de Shannon, sendo que o maior valor ocorreu na estação amostral P5 (2,70) (Figura 100). Já a estação P6 apresentou o menor valor (1,58).

Quanto à riqueza específica, a estação amostral P5 apresentou o maior número de espécies (25) e o menor número na estação P6 (10), (Figura 101).

A Equitatividade de Pielou (Figura 102) foi baixa na estação P8 (0,61) e mais alta em P3 (0,93).

Figura 100 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta em setembro de 2024.

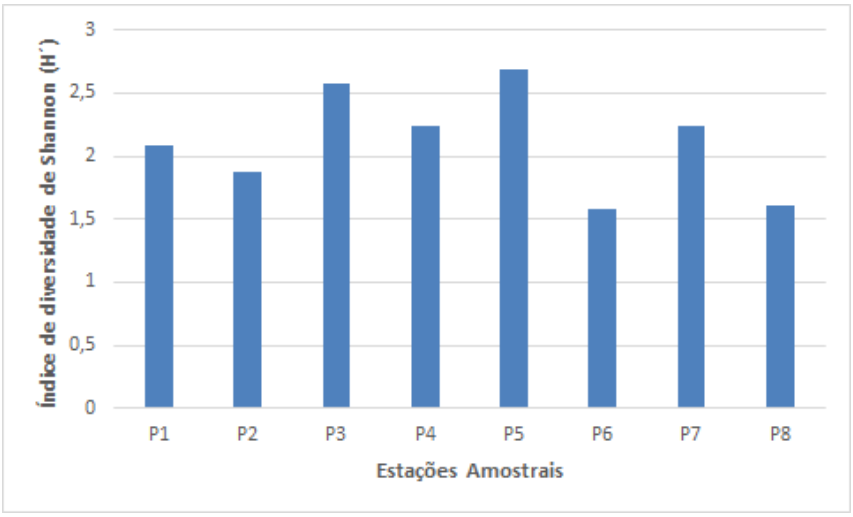


Figura 101 - Variação da riqueza para o zooplâncton nos pontos de coleta em setembro de 2024.

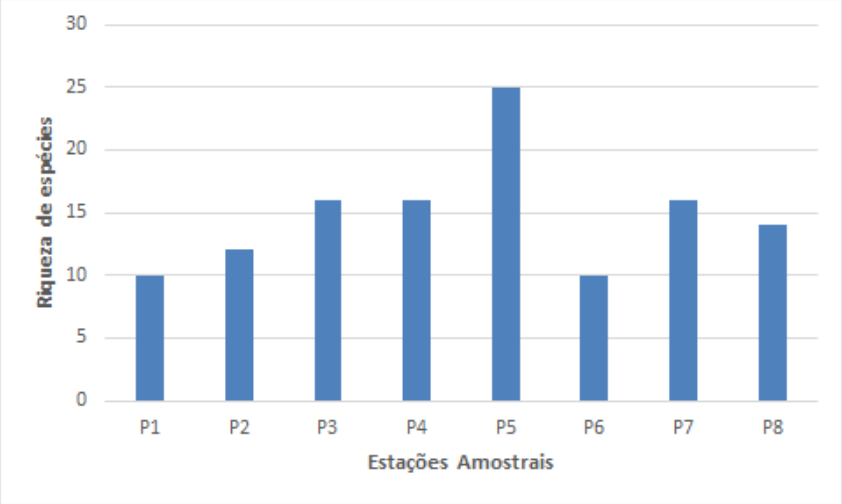
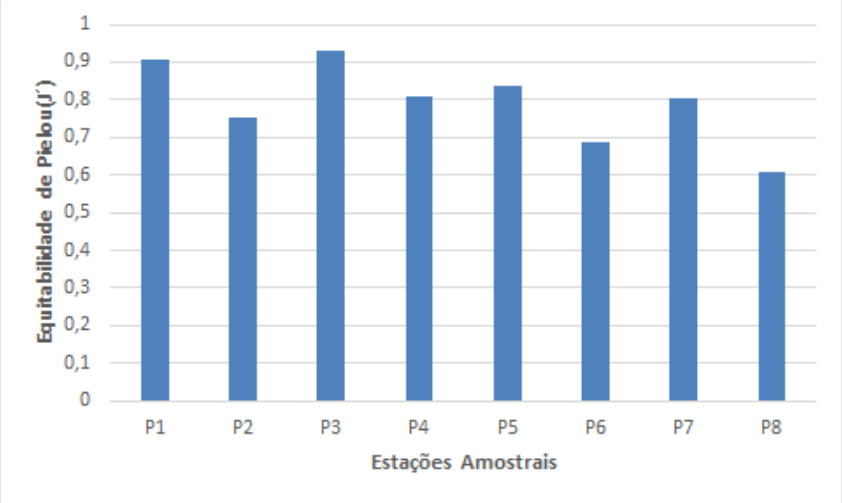


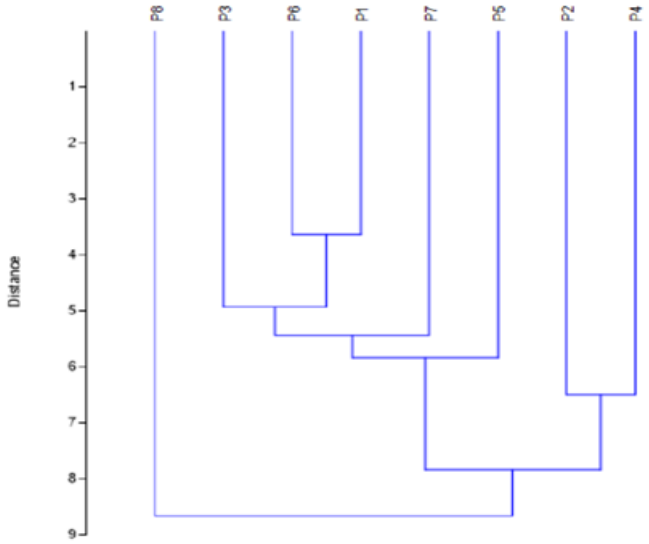
Figura 102 - Variação da equitatividade para o zooplâncton nos pontos de coleta em setembro de 2024.



A análise estatística realizada com os dados de densidade absoluta das espécies do zooplâncton coletadas no sistema está representada pela

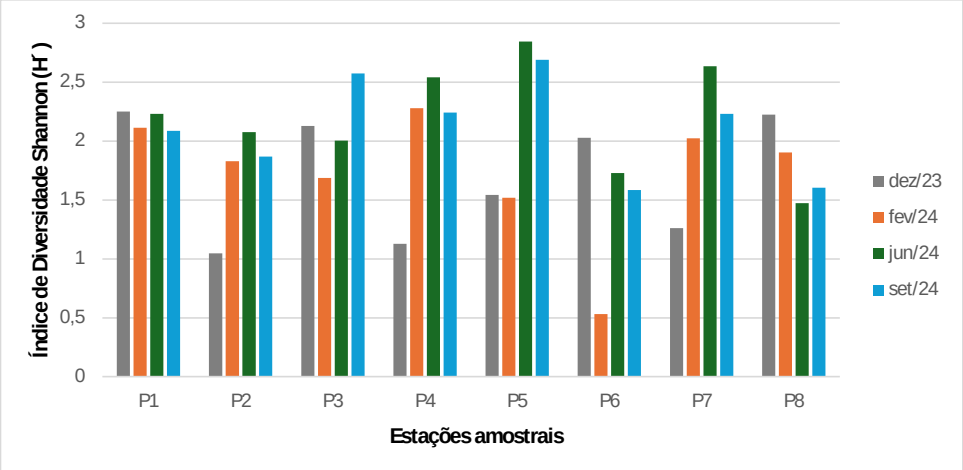
Figura 103 abaixo. O maior valor cofenético foi obtido com a distância Euclidiana (0,94) e mostra maior distância entre todas as estações amostrais em um corte de menos de 4, exceto as estações P6 e P1.

Figura 103 - Análise de agrupamento realizada com os resultados de setembro de 2024.



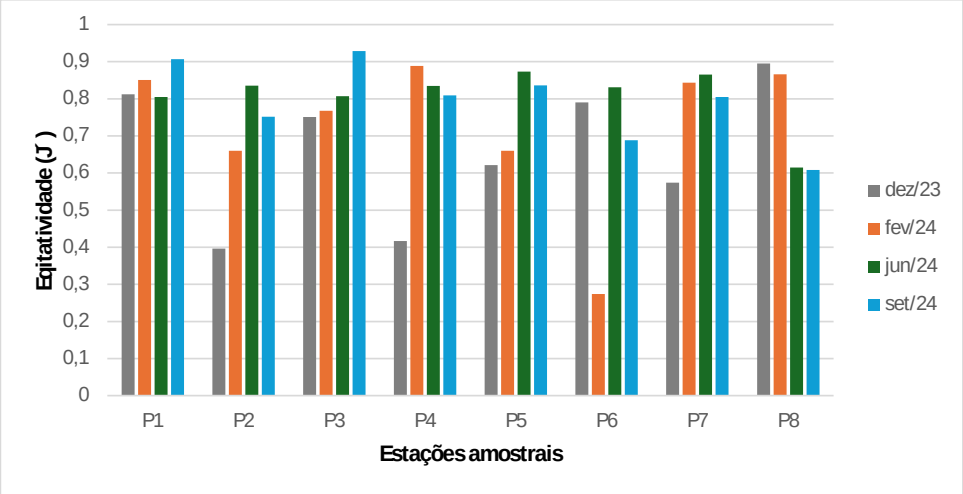
A seguir são apresentados os resultados compilados para as quatro coletas para a diversidade de Shannon, para a equitatividade de Pielou e para a Riqueza de espécies, Figura 104, Figura 105 e Figura 106, respectivamente.

Figura 104 - Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon nos pontos de coleta por época amostral.



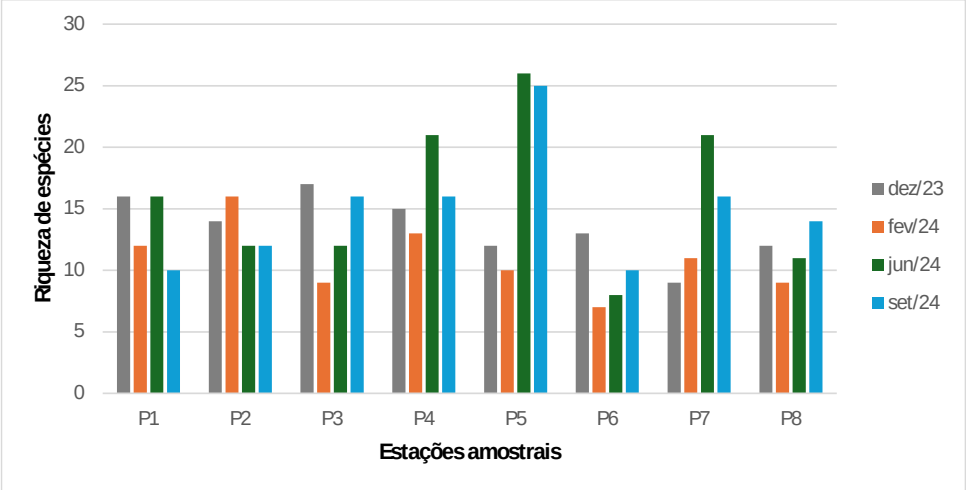
Para a diversidade de espécies, medida pelo índice de Shannon-Winner, a estação P1 apresentou os melhores resultados, com valores acima de 2,0 em todas as épocas, seguida de P3, exceto em fevereiro/24 e P4, exceto em dezembro/23 e a P7, exceto em dezembro/23. Os resultados foram menores do que 2,0 para as estações P2, exceto em junho/24, P5 (menos em junho e setembro/24), P6 em todas as épocas e para a P8 em fevereiro, junho e setembro/24.

Figura 105 - Variação dos valores da equitatividade de Pielou (J´) nos pontos de coleta por época amostral.



Para a equitatividade de espécies, a estação P1 também apresentou os melhores resultados, com valores acima de 80% em todas as épocas, seguida de P2, exceto em junho/24 e P3. Na P7, a equitatividade foi menor em fevereiro/24 e maior do que 70% nas demais épocas e na P8 foi maior do que 80% em dezembro/23 e fevereiro/24.

Figura 106 - Variação dos valores da riqueza de espécies nos pontos de coleta por época amostral.



Junho e setembro de 2024 foram as épocas de melhores resultados para a riqueza de espécies na bacia hidrográfica do arroio Candiota, principalmente nas estações P4, P5 e P7. As estações amostrais localizadas à montante da usina termelétrica apresentaram, em geral, os menores valores em todas as épocas, sendo para este quesito, a estação P6 como a de pior qualidade.

Considerações finais

Os principais objetivos do biomonitoramento da fauna zooplanctônica na área de influência direta da Usina Termelétrica Presidente Médici é caracterizá-la quanto à composição, distribuição espaço-temporal, abundância e dominância das espécies e correlacioná-la com a qualidade das águas da bacia hidrográfica do arroio Candiota na identificação de possível ocorrência de impactos ambientais causados pela usina.

Em geral, as principais variáveis que influenciam as comunidades zooplanctônicas são a sazonalidade, marcada principalmente pela maior ou menor incidência das chuvas, as características limnológicas e hidrológicas da bacia hidrográfica, além obviamente da qualidade das águas em cada estação amostral.

A primavera (dezembro/23), caracterizada por chuvas e maiores volumes de águas nos arroios, apresentou qualidade ambiental entre a classe 3 e a classe 4, para o fósforo total nas estações amostrais P2, P6, P7 e P8 e altos valores da demanda bioquímica de oxigênio, principalmente nas estações P2 e P4, de acordo com a classificação do CONAMA 357/2005. Nestas duas últimas, a predominância do Cladocera *Ceriodaphnia cornuta*, indica uma baixa qualidade ambiental, uma vez que esta espécie é uma das mais abundantes nas águas doces tropicais e está adaptada para tolerar baixas concentrações de oxigênio dissolvido e altas variações de temperatura, características que permitem sua ampla distribuição nas regiões tropicais.

A análise estatística realizada com os dados da densidade numérica das espécies do zooplâncton mostrou similaridade entre as estações amostrais P2 e P4 com um pouco mais do que 80%, seguidas da estação P5. As demais estações mostraram-se menos similares entre si, com um corte em 75% de similaridade. A estação amostral P2 tem a influência direta de um ambiente lêntico e apresenta espécies descritoras deste tipo de ambiente, assim como a estação P4, localizada na sequência. Também tem a influência de diversos usos, como descrito já no relatório da qualidade das águas superficiais.

Ainda na primavera/23, foram menores os valores do índice de diversidade e da equitatividade para P2, P4, P5, P6 e P7. A riqueza de espécies foi menor para as estações P5, P6, P7 e P8. O número de táxons identificados nesta época foi de 46.

No verão, fevereiro/24, os arroios apresentaram baixos volumes de águas, o que refletiu em menos táxons identificados (33), sendo as estações amostrais P2, P6 e P8 classificadas como classe 4, principalmente pela eutrofização. P2 pela presença de óleos e graxas, P6 pela presença de metais, além do pH ácido e pelo alto valor para sólidos dissolvidos totais e a P8 pelo teor de fósforo total e alumínio dissolvido. Na P6, destaca-se a dominância de *Lecane (M) bulla*,

espécie notadamente cosmopolita e que pode ocorrer em uma variedade de corpos de água no mundo, sendo encontrada mais no verão e no outono. Além disso, também está relacionada com ambientes eutróficos, assim como *Brachionus angularis, Keratella tropica* e *Acanthocyclops viridis* que também foram observadas na estação P8.

A diversidade de Shannon-Winner foi mais baixa nas estações P2, P3, P5 e P6, assim como a equitatividade e a riqueza de espécies. A análise estatística realizada com os dados de densidade numérica das espécies mostrou uma dissimilaridade entre todas as estações amostrais.

Em junho/24, outono, as chuvas torrenciais que ocorreram anteriormente, promoveram altos volumes de águas nos arroios da bacia hidrográfica do Candiota. Neste período foram identificados 46 táxons de zooplâncton. Destaca-se a dominância de formas jovens de náuplios nas estações P7 e P8, somente. As estações amostrais P5, P7 e P4 apresentaram os maiores valores para o índice de diversidade de Shannon, sendo que o maior valor ocorreu na estação amostral P5 (2,84). Já a estação P8 apresentou o menor valor (1,47). Quanto à riqueza específica, a estação amostral P5 apresentou o maior número de espécies (26) e o menor número na estação P6 (8) e a Equitatividade de Pielou foi baixa na estação P8 (0,61) e mais alta em P5 (0,87).

A qualidade das águas neste período foi caracterizada pelas altas concentrações de alumínio e ferro dissolvido em quase todas as estações amostrais, além de sulfetos. A análise estatística realizada com os dados de densidade numérica das espécies mostrou uma dissimilaridade entre todas as estações amostrais, exceto entre P7 e P8.

Em setembro de 2024, representando o inverno, foram identificados apenas 41 táxons. Também se observou baixos valores de densidade numérica das espécies, exceto em P8, P2 e P7. O maior valor ocorreu na estação amostral P8 (30420 ind.m_3^{-1}), seguida da estação amostral P2 (7800 ind.m_3^{-1}), locais que recebem diretamente a contribuição de ambientes com característica lêntica, principalmente pela abundância das formas jovens de Copepoda. Nestes, registrou-se a ocorrência e maiores valores de densidade absoluta das espécies de *Brachionus angularis* e *B. bidentata*, referidos na literatura como espécies descritoras de ambientes poluídos.

As estações amostrais P5, P3 e P4 apresentaram os maiores valores para o índice de diversidade de Shannon, sendo que o maior valor ocorreu na estação amostral P5 (2,70) e o menor valor (1,58) na estação P6. Quanto à riqueza específica, a estação amostral P5 apresentou o maior número de espécies (25) e o menor número na estação P6 (10). A Equitatividade de Pielou foi baixa na estação P8 (0,61) e mais alta em P3 (0,93).

A análise estatística com os dados de densidade numérica mostrou menor dissimilaridade entre P1 e P6 e maior entre as demais estações amostrais.

De uma forma geral, os resultados para a comunidade zooplanctônica indicaram que as estações amostrais P2, P6, P7 e P8 apresentaram mais baixa qualidade ambiental, quando comparadas com as demais.

2.6.4. Macroinvertebrados bentônicos

Responsabilidade técnica: MSc. Suzana Maria Fagondes de Freitas (CRBio:028851/03-D)

O presente relatório refere-se à avaliação dos macroinvertebrados bentônicos nas estações monitoradas na bacia hidrográfica, na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, em Candiota, RS. Contém uma análise dos dados referentes as coletas sazonais realizadas na primavera de 2023 e no verão, outono e inverno de 2024.

A macrofauna bentônica de rios é composta por um conjunto heterogêneo de táxons invertebrados, de hábitos bentônicos. Habitam os mais variados ambientes, são de natureza sedentária e sensíveis às perturbações ambientais. A sua importância se explica pela sua abundância e grande diversidade, representados principalmente por formas imaturas pertencentes aos Filos Arthropoda, Insecta (principalmente Diptera, Odonata, Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera, Coleoptera e Lepidoptera), Crustacea (Decapoda e Amphipoda), Acarina, Megaloptera e Neuroptera, Mollusca (Bivalvia e Gastropoda) e Annelida (Oligochaeta e Hirudinea), Bryozoa, Nematoda e Turbellaria. Vivem associados a diversos tipos de substratos, por pelo menos parte de sua vida.

O objetivo geral do monitoramento é inventariar a macrofauna de invertebrados em ambientes lóticos estabelecidos e utilizá-los para avaliar a integridade de ambientes estruturalmente distintos e submetidos a diferentes graus de conservação, na área de abrangência da Usina Termelétrica de Candiota, em Candiota, RS.

Os objetivos específicos:

a) Caracterizar a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, através dos atributos densidade de organismos, composição, abundância e dominância das famílias.

b) Analisar a distribuição espaço-temporal das comunidades.

c) Analisar os resultados da aplicação de índices bióticos, para avaliação da qualidade ambiental dos pontos amostrados.

Metodologia de coleta, preservação e de análise dos organismos

O monitoramento da comunidade de macroinvertebrados bentônicos vem sendo realizado concomitante aos demais "bioindicadores ambientais aquáticos" (fitoplâncton, perifiton, zooplâncton e ictiofauna) e dos "indicadores ambientais, da água superficial e sedimentos." O plano de amostragem descrito no relatório inicial vem sendo seguido pela equipe de campo. As campanhas de coletas das amostras foram realizadas pela equipe constituída por: André Abreu Martins (químico), Fábio Herbert Jones (geólogo), Leticia Rosa Frizzo (bióloga), Lucas Carvalho (químico), Marcelo Saraiva (motorista) e Maria José Cecília Cardoso (química). Sempre considerando as características geomorfológicas de cada local, tais como, profundidade, tipo de substrato, velocidade de corrente, diferentes mesohabitats, além do cuidado com a segurança durante o procedimento de coleta.

Coletas de amostras ambientais dificilmente são realizadas exatamente nos locais da campanha anterior, buscou-se amostrar as cercanias, por isto constituem-se em estações amostrais. No presente estudo as estações monitoradas são designados como ponto macroinvertebrados PM1, PM2, PM3, PM4, PM5, PM6, PM7 e PM8.

Os procedimentos adotados em campo e em laboratório estão de acordo com os sugeridos pelo "Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos". Procedimentos padronizados para a coleta e preservação de amostras de águas superficiais para fins de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos. Resolução Nº 724/2011. "Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA" (BRANDÃO et al. 2011).[3]

A metodologia de coleta utilizada em riachos é diferente daquela de rios em regiões de foz ou potamal, uma vez que as condições hidrológicas são completamente diversas. O sedimento da calha principal também será diferente, assim como a fauna associada. Assim, o tipo de coletor irá variar de acordo com o ambiente estudado. SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos. Comunicado Técnico 19, ISSN 1516-8638. Jaguariúna, SP. Outubro, 2004. Disponível em: Acesso em: 03 de 2017.

As amostragens foram realizadas nas áreas de corredeira e de remanso, com base na observação dos autores BROWN & BRUSSOCK (1991) de que a geometria do canal de um rio preservado é meândrica, ou seja, são formados pela sucessão contínua entre áreas de remoção

[3] BRANDÃO, C. J. *et al.* (org.). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. Brasília: ANA, 2011.

(fluxo rápido) e deposição (fluxo lento). Constataram que estas áreas poderiam ser identificadas como habitats distintos abrigando espécies com adaptações e características fisiológicas específicas.

Para a retirada das amostras nos distintos mesohabitats foi adotado o uso de três amostradores. Nas áreas de corredeira foi utilizado o amostrador do tipo Surber (malha de 250µm, abertura 30X30 cm e área amostrada de 900cm^2), com exceção das estações PM5 e PM7, devido às características do substrato. Nas áreas de remanso (áreas de deposição), locais em que se observa o predomínio de substratos mais finos, como areia e silte, foi utilizada a Draga de Petersen (modificada) com área de 0,0345m². Ambos amostradores em triplicata. As amostras obtidas com auxílio de rede manual em formato "D" (malha de 250µm), em duplicata. (Figura 107).

Figura 107- Amostradores: a) draga de Petersen b) coletor Surber c) rede em D



Fonte: Imagens de autoria da equipe de campo

Totalizando 44 amostras por campanha amostral, perfazendo 176 amostras no ano. Em se tratando de um biomonitoramento este número de réplicas adotado, atende aos requisitos estatísticos e é um número ainda exequível, principalmente em razão do tempo gasto no processamento das amostras.

No laboratório, as amostras anteriormente fixadas em campo, com formalina 10% neutralizada (com bicarbonato de sódio) foram lavadas em peneira de malha de 0,250 mm, conservadas em etanol 70°GL e triadas integralmente sob estereomicroscópio (Zeiss Stemi DV4), permitindo a observação 3D de alta qualidade de objetos que normalmente são visíveis a olho nu. A malha utilizada retém diversos estádios larvais, tais como de organismos pequenos como as larvas de Orthocladiinae, nestes casos, com o intuito de facilitar a triagem de algumas amostras, foi utilizado um corante (Rosa de Bengala). Como a cor muitas vezes atrapalha na

identificação, antes de serem colocados nas lâminas os espécimes são descorados, com banhos rápidos em álcool acidulado ou álcool 95% GL.

A grande maioria dos organismos foi identificada sob estereomicroscópio, com base na visualização de caracteres morfológicos externos. Quando as características morfológicas demandaram uma observação mais minuciosa e/ou quando houve dificuldade em observar organismos de menor tamanho, foram confeccionadas lâminas semipermanentes para observação sob microscópio (Zeiss Primo Star).

Para a análise das peças bucais das larvas Chironomidae foram montadas lâminas, nas quais foram depositadas, separadamente, as capsulas cefálicas e o resto do corpo, imersas em meio de Hoyer, conforme TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO (1995). As lâminas com os espécimes de Oligochaeta foram confeccionadas após uma diafanização com lactofenol, de acordo com BRINCKHURST & MARCHESE (1989). Devido a facilidade de fragmentação dos oligoquetas a contagem e identificação destes organismos é realizada a partir da observação das partes, sob microscópio. Foram contados apenas os espécimes que mantinham a região anterior.

Quando houve necessidade, na identificação de alguns organismos, utilizou-se bibliografia especializada como PENNAK (1989), McCAFFERTY (1981), MERRIT & CUMMINS (1984), BUCKUP & BOND-BUCKUP (1999). MUGNAI et al (2010). BRINKHUST & MARCHESE (1989), EPLER (1992), FROEHLICH (2007), TRIVINHOSTRIXINO & STRIXINO (1995) e TRIVINHO-STRIXINO (2023).

Os dados obtidos foram reunidos em tabelas e gráficos, sendo os resultados expressos em números absolutos. Abundância total (N), entendida como o somatório de todas subamostras. Abundância relativa (%) AR = (Nº de indivíduos da espécie / nº total de indivíduos) x 100 e valores médios das respectivas réplicas.

Para as análises foram utilizadas métricas de riqueza, medidas da composição e de tolerância: adotou-se a nomenclatura apresentada por Mc CULLOUGH & JACSON (1985) apud BRANDIMARTE (1991) na qual os grupos com abundância entre 50 -100% são considerados dominantes; entre 30-49% abundantes; entre 10-29% comuns; entre 1 e 9% ocasionais e <1% raros. A Riqueza de táxons (S), número de táxons em uma determinada amostra e riqueza EPT (R_{EPT}), diversidade Shannon-Wiener (H'), equabilidade de Pielou (J'), índice EPT (%), EPT/Chironomidae, riqueza de taxa sensíveis (Ssens) (consideradas sensíveis as famílias de Ephemeroptera (exceto o gênero *Campsurus* sp da família Polymitarcyidae), Plecoptera, Trichoptera e os gêneros de Chironomidae-Tanytarsini, Stempellina, Stempellinela

e Constempellina, conforme, de acordo com CETESB (2012). E os índices bióticos BMWP, BMWP-ASPT.

Resultados e Discussão.

Na sequência apresenta-se os resultados obtidos a partir da análise da integralidade das amostras da macrofauna, coletadas nos mesohábitats, áreas de corredeira e de remanso. Os dados relativos à composição e abundâncias referentes aos quatro períodos monitorados constam nas Tabela 101 a Tabela 108.

Na primeira campanha, primavera de 2023, foi constatado um aumento significativo no nível de água em todas as estações de coleta. Em decorrência disso, as amostras de macroinvertebrados aquáticos e demais amostras, tiveram que ser coletadas às margens, com exceção das estações PM6 e PM8. Na estação PM2 só foi possível uso da rede de mão, pois o alto volume de água impossibilitou a utilização de qualquer outro equipamento (Figura 108). Como consequência nesta campanha sazonal 41 amostras foram recolhidas, enquanto nas demais, mesmo quando o nível d'água foi alto, todos os locais puderam ser amostrados, totalizando 173 para as quatro campanhas.

Figura 108 - Água transpondo a ponte na PM2 Arroio Candiota, na Primavera 2023.



Fonte: Imagens de autoria da equipe de campo

A campanha de verão, em fevereiro de 2024, ocorreu em um período mais seco, com níveis mais baixos da lâmina d'água nos arroios, em comparação aos outros períodos de coletas. Nas coletas realizadas no outono e no inverno novamente foram observados altos volumes de água em todas as estações amostrais.

Um total de 45.329 organismos aquáticos e semi-aquáticos foram encontrados nas estações de coletas, distribuídos em 72 táxons pertencentes aos Filos Arthropoda, Mollusca, Platyhelminthes e Anellida. A classe Insecta representou a maioria dos táxons coletados.

No Quadro 35, a seguir, constam os táxons encontrados nas amostras dos arroios da Bacia do Arroio Candiota, e a respectiva classificação de acordo com a frequência de ocorrência.

Quadro 35 - Distribuição da macrofauna e classificação segundo a frequência de ocorrência. Primavera 2023 (P), verão (V), outono (O) e inverno (I) de 2024.

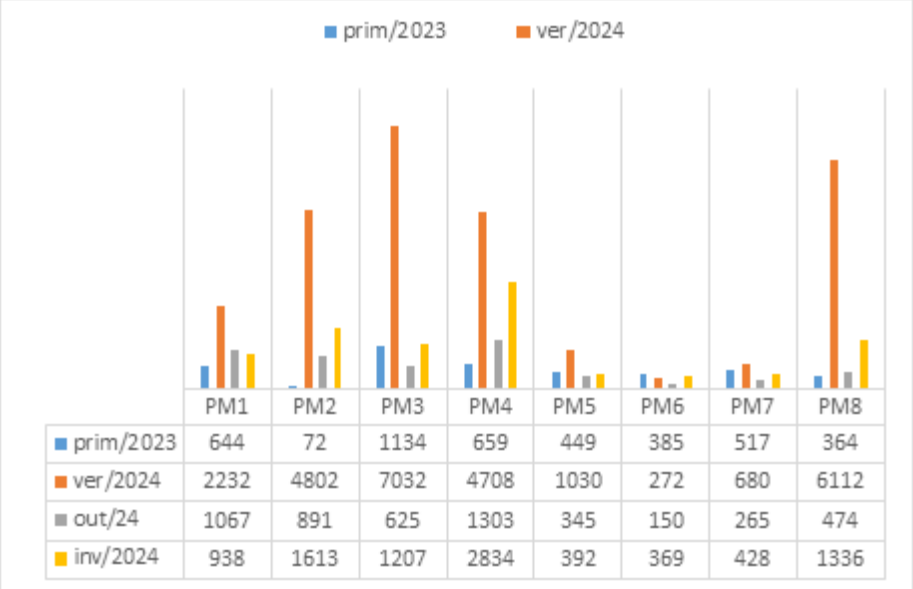
TAXA	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	FO
Aeglidae	PVOI	O	PVO						acessória
Ampullaridae		V							acidental
Ancylidae	POI	OI	POI	OI	I		I		acessória
Aphididae		P						OI	acidental
Ashenidae							V		acidental
Athericidae			I					I	acidental
Baetidae	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI		PI	VOI	constante
Belostomatidae		P							acidental
Caenidae	PVOI	PI	PVOI	PO	VOI		PV		constante
Calopterygidae	V		I	V					acidental
Candonidae	PVI	V	PVOI	OI	VOI		I	I	acessória
Ceratopogonidae	PVOI	PVOI	VOI	PVI	VOI	PVOI	PV	VO	constante
Chaoboridae		PO	P				O	P	acidental
Chironomidae	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	constante
Cochliopidae	VOI	VOI	VO	PVOI	PVOI		PVOI	V	constante
Coenagrionidae	VO	I	V	VO					acidental
Corixidae								V	acidental
Corydalidae	O	VOI	V	PVOI		VI	0	VOI	acessória
Curculionidae	V	PVOI	PI	O				P	acessória
Cyprididae	O		O	PI	POI	V	PI	I	acessória
Cyrenidae	O	VOI		VO	V		V	0	acessória
Darwinulidae	VO	V		V	V			0	acidental
Dogielinotidae			PI					POI	acidental
Dolichopodidae	PV							V	acidental
Dryopidae	PV				I				acidental
Dugesiidae		VI	VO	PV	PVO				acessória
Dytiscidae			P	V				P	acidental
Elmidae	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	VOI	PVI	P	PVOI	constante
Empididae	PV	V		V	PVI	PV	I		acessória
Enchytraeidae	PVOI	VI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	VOI	constante
Entomobryomorpha	PVI	VI	PVI	PVI	PVI	PI	I	PV	constante
Gerridae	V								acidental
Glossiphoniidae	PVOI	VOI	PVO	PO	PVI	PVI	PVOI		constante
Glossosomatidae			VO						acidental
Gomphidae	I		I	PO	P		O		acidental
Gripopterygidae	PVOI		OI	I					acidental
Hydracarinae	PVOI	VOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVI	POI	PI	constante
Hydrobiosidae		V		PV					acidentall
Hydrophilidae	VO	VO	I	PO					acidental
Hydropsychidae	PVOI	VO	VOI	PVOI			P	VOI	constante
Hydroptilidae	PVO	VOI	VO	PVOI	P		V		acessória
Hyriidae	VOI			VO					acidental
Leptoceridae	VO		PVO	PVOI			PI	P	acessória
Leptohyphidae	PVOI	VOI	PVOI	PVOI	VO		PVI		constante
Leptophlebiidae	PVOI	VOI	PVO	PVOI				P	constante
Libellulidae	PVOI	VI	P	VOI			I	P	acessória

TAXA	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	FO
Lymnaeidae	OI	VO							acidental
Megadrili	I	OI		P			O	V	acidental
Mesovellidae		V		P			P		acidental
Muscidae			P		P		P	P	acidental
Naididae	PVOI	VOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	VI	constante
Naucoridae	PVO		PV					P	acidental
Nepidae				O					acidental
Nematoda	PVOI	VOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	PVOI	VOI	constante
Notonectidae		P						V	acidental
Oribatida	I	P		O	O		P		acidental
Perlidae	V	PVOI	V	O				O	acessória
Philopotamidae		VOI	VO	VO			V		acessória
Pleidae	O								acidental
Polycentropodidae								V	acidental
Poduromorpha					I				acidental
Planorbidae	I	VOI		I	POI		I	V	acessória
Psephenidae	P	V	O	PVO				VOI	acessória
Psychodidae	V	I		V	I			I	acidental
Pyralidae		V	VOI	PVOI	I		VOI		acessória
Simuliidae	PVOI	VOI	VOI	PVOI	OI		V		constante
Sphaeriidae	PVOI	VI	V	VOI	V		V	VOI	acessória
Staphylinidae	V	PV	O		P		P		acidental
Tabanidae	PVOI		O		VO	V	VI	I	acessória
Temnocephalida			VO						acidental
Tipulidae			PVOI		O	P	P	VO	acessória
Tricladida		I							acidental
Veliidae	V			V					acidental

Obs: Coletas realizadas em áreas limítrofes entre sistemas aquáticos e terrestres podem apresentar muitos táxons de hábitos terrestres. Muitos dos táxons encontrados nesta campanha *não foram contabilizados* por não fazerem parte da comunidade de invertebrados hábitos aquáticos ou semi-aquáticos, e não constam na tabela. Como Diplopoda e Chilopoda insetos de hábito terrestre e os grilos e paquinhas (Orthoptera) encontrados nas amostras.

As abundâncias da fauna de macroinvertebrados foram bem distintas entre os períodos de amostragem. A abundância total de 4.224 indivíduos na primavera de 2023, pode ser considerada baixa, quando comparada a outras campanhas já realizadas nesta estação sazonal. Os valores mais altos de abundância foram no verão de 2024, totalizando 26.868 espécimes. Nas coletas de outono e inverno de 2024, a abundância total de invertebrados encontrados foi de respectivamente 5.120 e 9.117 indivíduos.(Figura 109)

Figura 109 - Valores da abundância total (N) nas quatro estações sazonais.



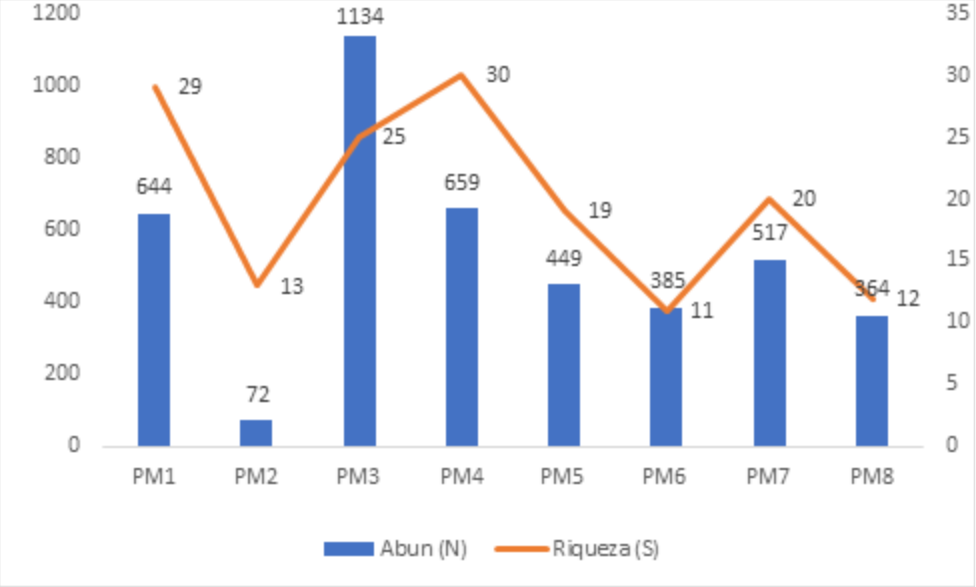
	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
prim/2023	644	72	1134	659	449	385	517	364
ver/2024	2232	4802	7032	4708	1030	272	680	6112
out/24	1067	891	625	1303	345	150	265	474
inv/2024	938	1613	1207	2834	392	369	428	1336

Nas figuras a seguir, estão representadas graficamente as métricas, abundância total (N) e riqueza (S), para as quatro estações sazonais.

Na primavera 2023 (Figura 110) as maiores abundâncias foram nas estações PM3 (1.134 ind.), PM4 (659 ind.) e PM1 (644 ind.), considerados baixos quando comparados a registros anteriores para estes locais. A riqueza de táxons também foi mais elevada na PM4, PM1 e PM3, com respectivamente 30, 29 e 25 táxons. As menores abundâncias e riqueza de táxons foram nas estações PM2, PM5, PM6, PM7 e PM8, com predomínio de espécimes das famílias Chironomidae e Naididae.

Assim como ocorreu com as abundâncias, também houve uma redução no número de táxons, principalmente aqueles considerados sensíveis, indicadores de boa qualidade, como muitas famílias das ordens Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera. Na estação PM3 ocorreu a presença de espécimes de cinco famílias, Baetidae. Caenidae, Leptohyphidae e Leptophlebiidae (Ephemeroptera) e Leptoceridae (Trichoptera). Estes táxons somaram 456 ind. alcançando uma abundância relativa de 40,74%. Com este valor, de acordo com o índice EPT, atribui-se para este local uma qualidade regular, nos demais arroios a qualidade foi ruim, com valores ainda mais baixos. (Figura 110)

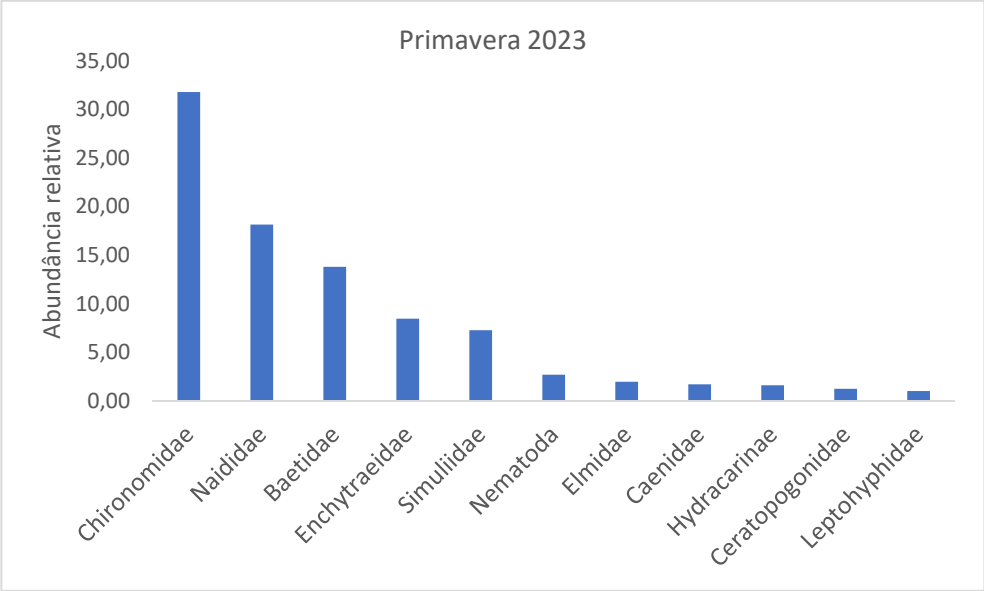
Figura 110 - Abundância total (N) e riqueza (S), primavera de 2023



Os dados refletem as limitações da amostragem, em razão das condições encontrada, muitas amostras tiveram que ser colhidas às margens, com exceção das estações PM6 e PM8, como já explicitado. Salienta-se a situação encontrada na estação PM2, a menor riqueza encontrada para este local, 13 táxons. Com apenas 72 espécimes, as maiores abundâncias foram de Chironomidae, com 21 ind. e Notonectidae (Hemipetera) com 22 ind. juntos representaram 59,72% de abundância relativa. Notonectídeos são predadores invertebrados que vivem principalmente associados às zonas litorais, muitas espécies apresentando distribuição predominantemente agregada, diferindo da distribuição aleatória quando na zona limnética.

Nesta campanha amostral os táxons de maior abundância foram Chironomidae com (1.340 ind.) e 31,78 % de abundância relativa considerados abundantes de acordo com Mc CULLOUGH & JACSON (1985) apud BRANDIMARTE (1991), Naididae (765) 18,15%, Baetidae (582) 13,80%, Enchytraeidae (356) 8,44%, considerados comuns. Simulidae (307) 7,28%, Nematoda (114) 2,70%, Elmidae (83) 1,97%, Caenidae 1,71% Hydracarinae (67) 1,59 % Ceratopogonidae (52) 1,23% e Leptohyphidae (43) e 1.02% foram considerados ocasionais. Os demais 43 táxons não incluídos no gráfico são aqueles com menos de 1% de abundância relativa, considerados raros (Figura 111).

Figura 111 - Abundância relativa dos principais táxons dos arroios na primavera de 2023.

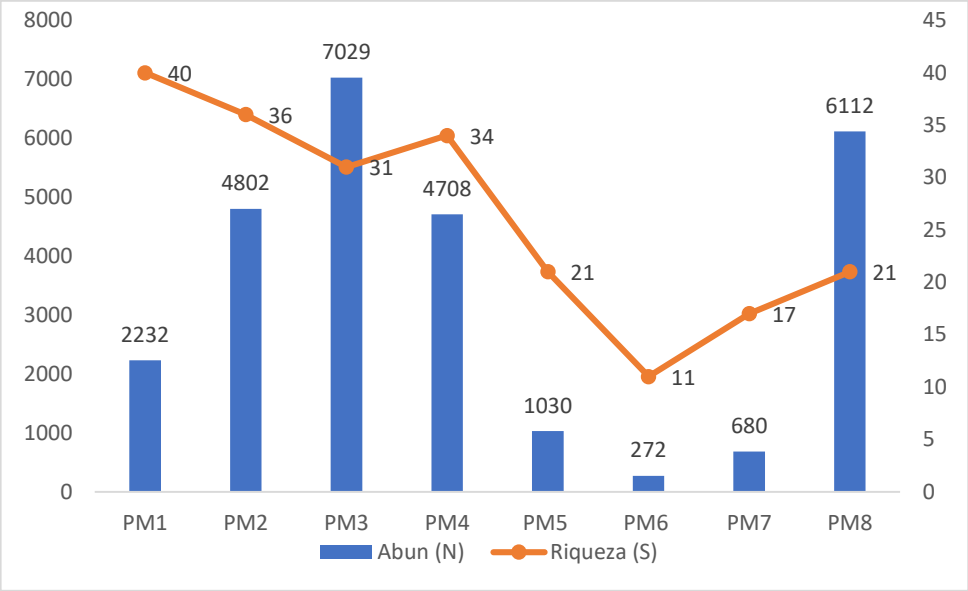


Obs.: Na representação gráfica não constam os táxons raros, valores <1,0%

No verão de 2024 (Figura 112) os valores de abundância foram mais altos, uma abundância total de 26.865, o que significa um acréscimo de 86,41%. O aumento nos valores de abundância ocorreu em praticamente todas as estações monitoradas, a exceção foi a estação PM6, localizada no Arroio Poacá (Figura 112). Os resultados demonstraram uma recuperação nos valores de abundância e riqueza de táxons, em quase todas as estações amostrais. Os números de famílias das Ordens Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera também foram maiores. A PM6 foi a exceção, poucos organismos nas duas campanhas, o mesmo valor para a riqueza e ausência de táxons destas ordens. Salienta-se as altas abundâncias nas estações PM3 (7.029ind.) e PM8 (6.112 ind.).

Foi maior em relação às outras estações mais chuvosas, provavelmente, por ser um período de temperaturas mais elevadas com os níveis d'água mais baixos nos arroios. As estações PM3 (7029 ind.), PM8 (6112), PM2 (4802) e PM4 (4708) foram as mais abundantes. A estação PM1 com 2232ind. não está entre elas, mas foi a que apresentou a maior riqueza, 40 táxons. Outros bons valores de riqueza foram registrados na PM2 (36), PM4 (34) e PM3 (31). O valor mínimo de 11 táxons foi registrado na PM6 (Figura 112).

Figura 112 - Abundância total (N) e riqueza (S), verão de 2024

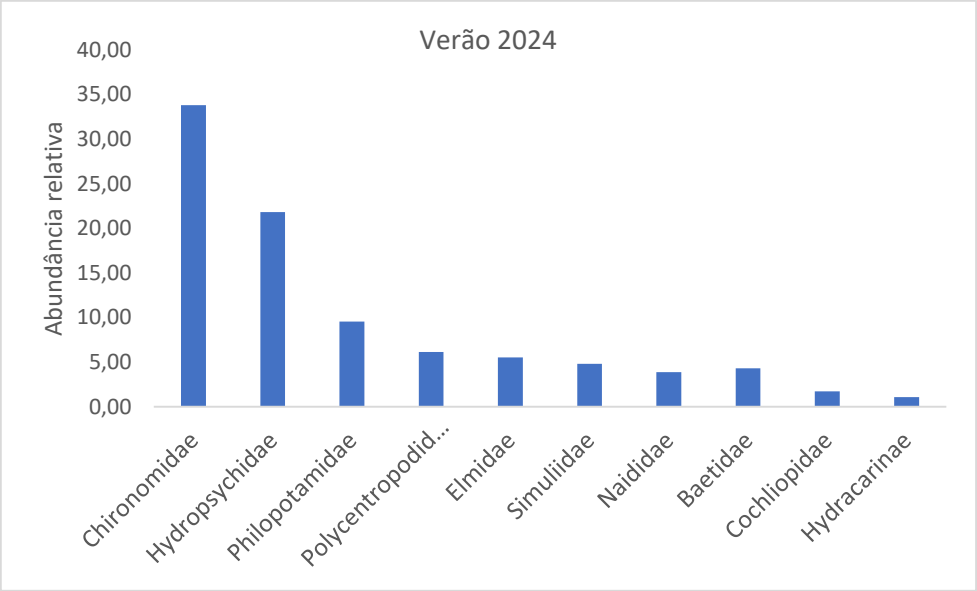


Obs.: Na representação gráfica não constam os táxons raros, valores <1,0%

Análise das abundâncias relativa permite identificar a dominância do táxon principal, (definida pelo percentual de ocorrência do táxon mais abundante em relação aos demais). Chironomidae, considerada uma família de táxons reconhecidos como tolerantes foram constantes, ocorrendo em todas as estações amostrais em todas as campanhas sazonais. Chironomidae foi um táxon abundante com respectivamente 1.340 (31,72%) e 8.988 (33,46%) na primavera e no verão. Altas abundâncias desta família se deve a sua grande diversidade de espécies, encontradas normalmente colonizando uma grande variedade de substratos.

De acordo com PANIS (1995) apud CALLISTO & ESTEVES, 1998, p.301) o número de espécies de Chironomidae que coexistem em qualquer sistema hídrico continental é, normalmente, muito maior que aquele encontrado em qualquer outro grupo taxonômico. (Figura 113).

Figura 113 - Abundância relativa dos principais táxons no verão de 2024.



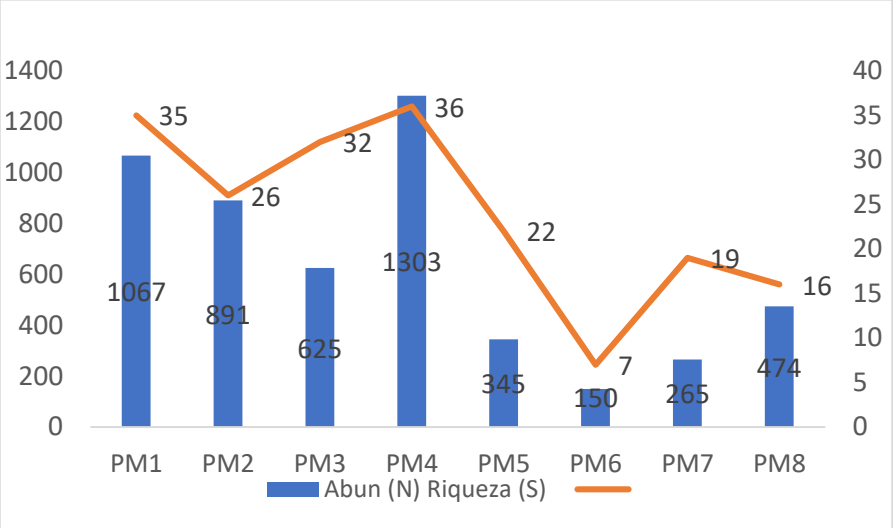
Obs.: Na representação gráfica não constam os táxons raros, valores <1,0%

A família Hydropsychidae com 5.803 ind. e 21,84% de abundância foi táxon comum, Philopotamidae (2.538) 9,55%, Polycentropodidae (1632) 6,14%, Elmidae (1467) 5,52 % Simuliidae (1285) 4,84%, Naididae (1032) 3,88%, Baetidae (1148) 4,32%, Cochliopidae (460)1,73% e Hydracarinae (289) 1,09% ocasionais. Os demais cinquenta táxons, com abundância inferior a 1% são os raros (Figura 113).

No outono (Figura 114)os valores foram mais baixos quando comparados aos do verão. As maiores abundâncias foram nas estações PM4 (1.303) e PM1 (1.067). As maiores diferenças foram nos valores de abundância encontrados para as estações PM3 e PM8, no verão e no outono.

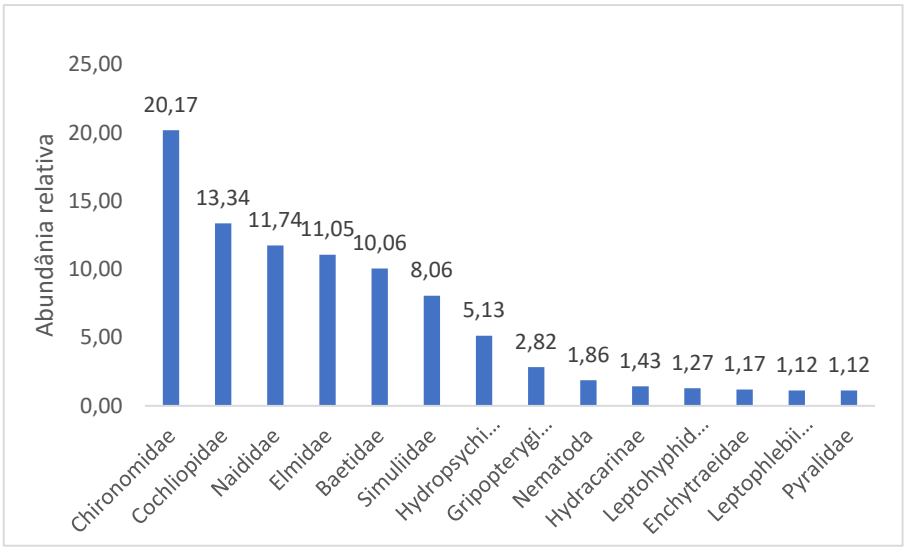
Nesta campanha de coletas Chironomidae foi classificado como táxon comum, com 1.031 ind., representando 20,17% do total de macroinvertebrados encontrados nos arroios. Cochliopidae (682) 13,10%, Naididae (600) 11,74%, Elmidae (565) 11,05%, Baetidae (514) 10,06% também foram comuns. Os táxons Simuliidae (412) 8,06%, Hydropsychidae (262) 5,13%, Gripopterygidae (144).

Figura 114 - Abundância total (N) e riqueza (S), outono de 2024



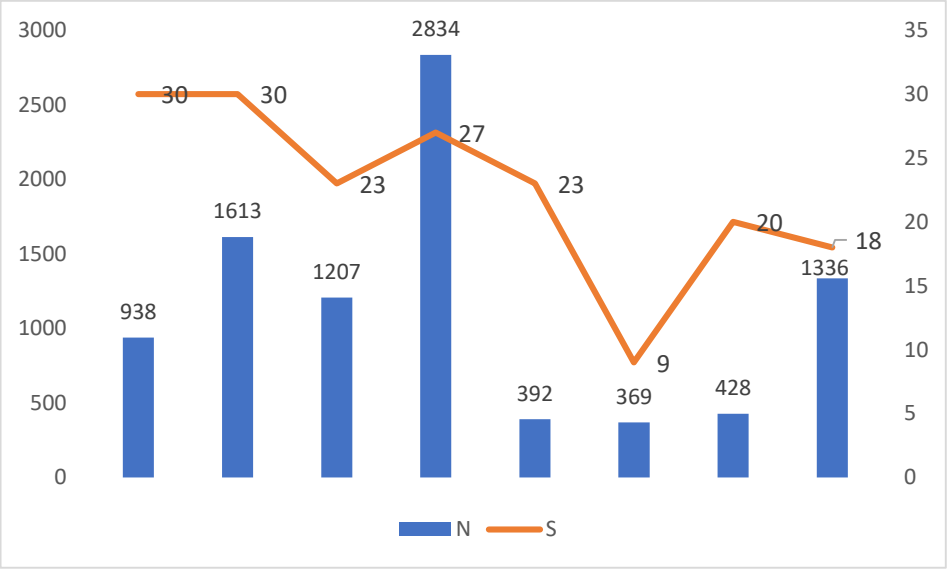
Obs.: Na representação gráfica não constam os táxons raros, valores <1,0%

Figura 115 - Abundância relativa dos principais táxons no outono de 2024.



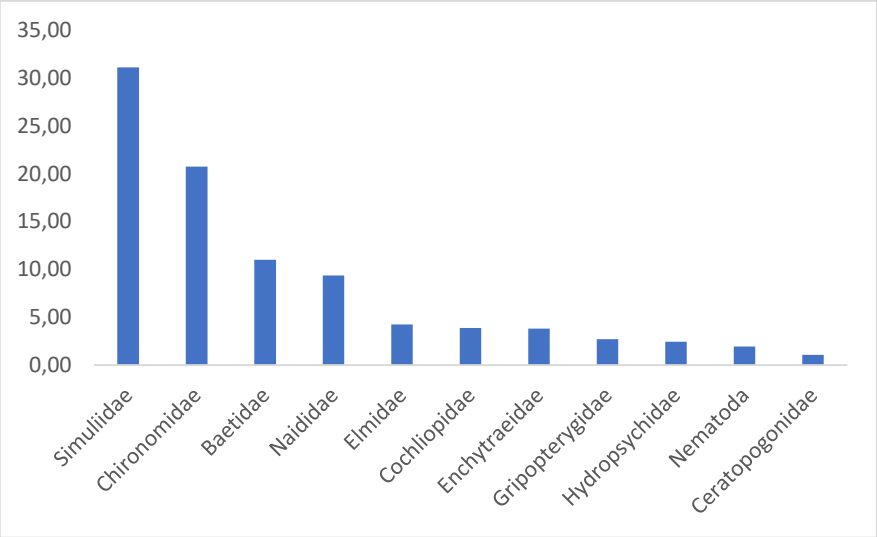
No inverno (Figura 117), assim como no outono (Figura 114), foram observados altos volumes de água em todas as estações amostrais com exceção da estação amostral PM8. As maiores abundâncias foram pela ordem, as estações PM4, PM3, PM8 e PM1 (Figura 116). A riqueza de táxons foi maior nas estações PM1 e PM2, ambas com 30 táxons.

Figura 116 - Abundância total (N) e riqueza (S), inverno de 2024



Simuliidae, com 31,13% de abundância relativa, 2.838 indivíduos, entre larvas e pupas, distribuídas principalmente nas estações PM1, PM2, PM3 e PM4 foi o táxon abundante no inverno. Chironomidae foi comum, com 1.890 ind. e 20,73% de abundância. Baetidae (1005ind.) 11,02%, Naididae (854) 9,37%, Elmidae (389) 9,37%, Cochliopidae (354) 3,88%, Enchytraeidae (348) 3,84%, Gripopterygidae (248) 2,72%, Hydropsychidae (248) 2,44%, Nematoda (178) 1,95% e Ceratopogonidae (98) com valores de abundância entre relativa entre 10-29% também foram comuns. Os demais quarenta e dois táxons, com abundância inferior a 1% são os raros. (Figura 117)

Figura 117 - Abundância relativa dos principais táxons no inverno de 2024.

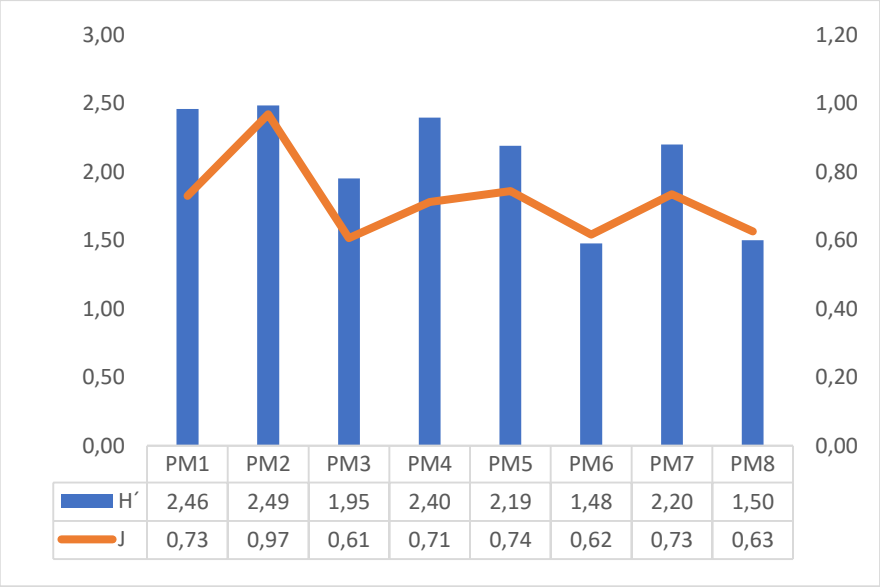


Obs.: Na representação gráfica não constam os táxons raros, valores <1,0%

Diversidade e Equabilidade

A seguir, nas Figura 118 a Figura 121, apresenta-se os dados do resultado da aplicação do índice de diversidade de Shannon (H'), um dos mais utilizados, sensível a espécies raras e a variações nas abundâncias, do índice de Equabilidade de Pielou, para todas as campanhas de coleta dos macroinvertebrados.

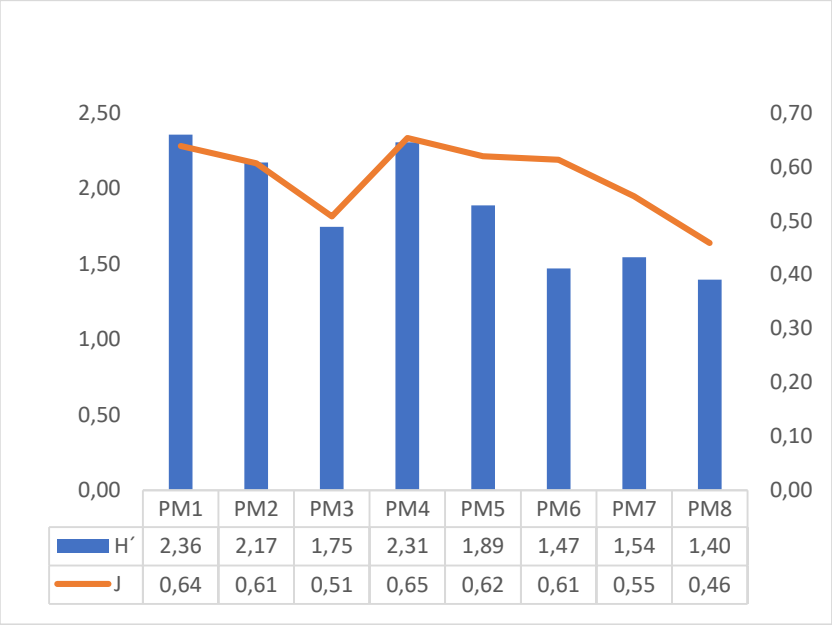
Figura 118 - Diversidade de Shannon e Equabilidade de Pielou, primavera 2023.



	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
H´	2,46	2,49	1,95	2,40	2,19	1,48	2,20	1,50
J	0,73	0,97	0,61	0,71	0,74	0,62	0,73	0,63

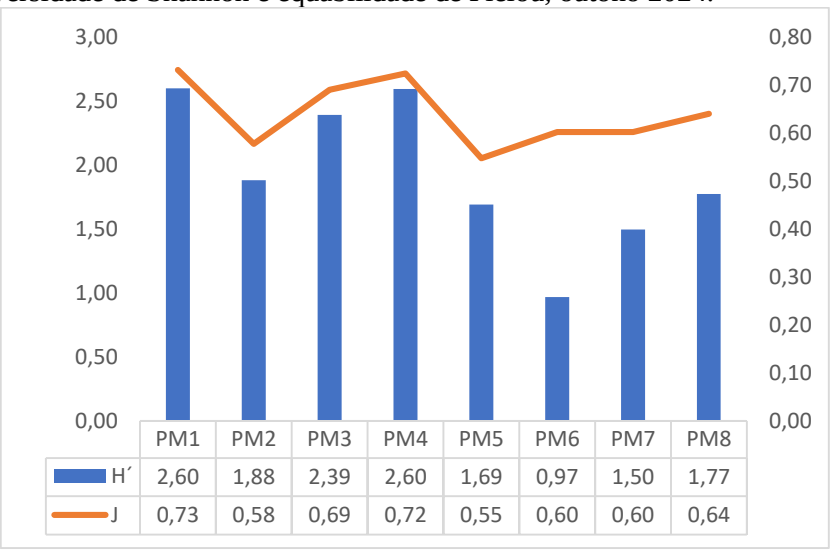
Em todas as estações de monitoradas as diversidades não ultrapassaram a 2,60 nats, registrado no outono para as estações PM1 e PM4. Com valores de mais altos de uniformidade na PM2 e PM5, de respetivamente 0,77 e 0,71.

Figura 119 - Diversidade de Shannon e equabilidade de Pielou, verão 2024.



	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
H´	2,36	2,17	1,75	2,31	1,89	1,47	1,54	1,40
J	0,64	0,61	0,51	0,65	0,62	0,61	0,55	0,46

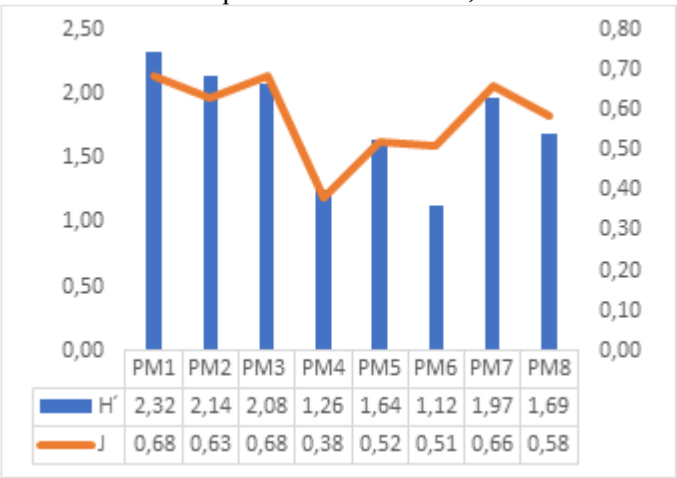
Figura 120 - Diversidade de Shannon e equabilidade de Pielou, outono 2024.



	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
H´	2,60	1,88	2,39	2,60	1,69	0,97	1,50	1,77
J	0,73	0,58	0,69	0,72	0,55	0,60	0,60	0,64

A estação PM6 se caracteriza por apresentar os índices de diversidade mais baixos e riqueza de táxons. Também apresentou baixos valores de diversidade de Shannon nas outras campanhas, entre 0,97 e 1,48 nats.

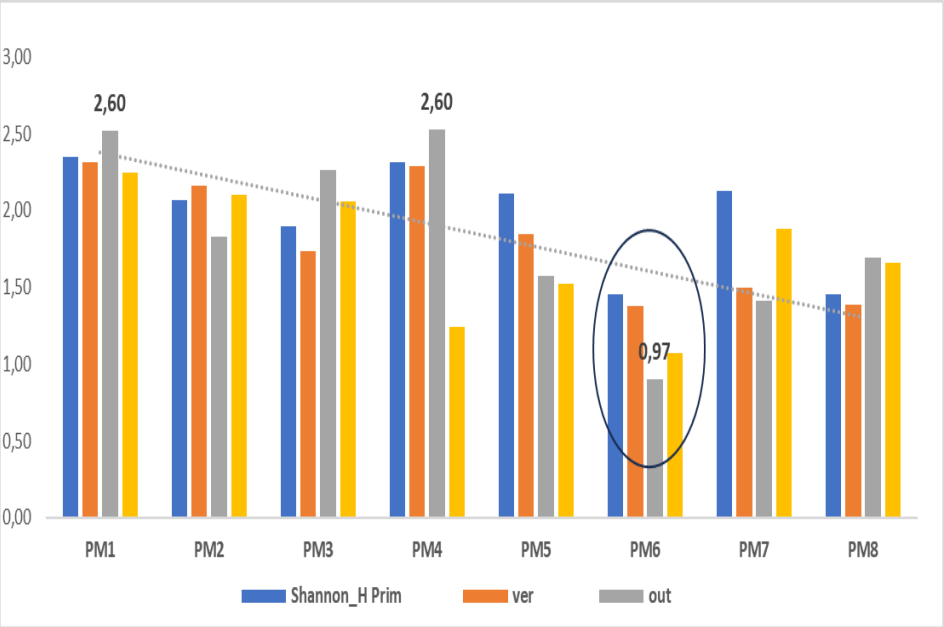
Figura 121 - Diversidade de Shannon e equabilidade de Pielou, inverno 2024.



De modo geral os maiores valores de diversidade de Shannon foram principalmente nas estações PM1, PM2, PM3 e PM4 e se devem a maior riqueza de táxons da Classe Insecta principalmente. A menor amplitude de variação é na estação EA4, tanto para a diversidade de Shannon como para a Equitabilidade de Pielou. Com algumas exceções, fica claro a existência de uma tendencia na queda dos valores de diversidade, calculados pelo índice de Shannon, das estações PM1, PM2, PM3 e PM4 para as demais estações. Com uma queda acentuada na PM6.
(

Figura 122)

Figura 122 - Valores de diversidade de Shannon por ponto amostral, 2023-2024.



WILHM e DORRIS (1968) apud PIEDRAS et al. (2006), utilizam para a análise desta métrica a seguinte classificação:

> "Estes resultados, se comparados ao trabalho de WILHM & DORRIS (1968), que sugerem a seguinte regra geral para avaliar a qualidade da água: H' < 1,0 – forte poluição; H' = 1,0 – 3,0 – poluição moderada e H'> 3,0 – água sem poluição, indicam que todo o sistema apresenta índices de poluição moderada" pg. 498

Índice Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera (EPT's)

Os insetos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera designados como EPT's, possuem estágios imaturos em ambientes aquáticos e fase adulta terrestre, são considerados excelentes bioindicadores em corpos hídricos. Apresentam sensibilidade as alterações físico-químicas. Medidas da riqueza total de taxa (S), da riqueza de táxons (SEPT) e a porcentagem de famílias de EPT são reconhecidas como úteis na avaliação. As fases imaturas dos insetos destas ordens respondem às alterações do ambiente, são diversos táxons considerados sensíveis. E por esta razão, frequentemente utilizadas como indicadores de perturbações ambientais.

O Índice de *qualidade* EPT considera os percentuais de táxons e riqueza EPT é igual ao número total de famílias representadas dentro nas ordens. Quando os valores são altos significa que estão bem representados na comunidade bentônica e o ecossistema está em condições aceitáveis. A porcentagem de famílias de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em

relação à biota total foi calculada para cada estação amostral. A qualidade da água é maior quanto maior for a abundância relativa dessas famílias na amostra (75% - 100%; muito boa; 50% -74%; boa; 25 % - 49% Regular; 0% - 24% Ruim).

Para a primavera (Tabela 89) o índice EPT% (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) evidenciou os baixos valores percentuais de abundância relativa para os táxons destas ordens. A exceção foi na estação PM3 com cinco táxons e 40,74% de abundância relativa classificada de acordo com este índice, como de qualidade regular. Todas as demais foram classificadas como ruins. (Quadro 36).

Tabela 89 - Índice qualidade EPT – Campanha de Primavera 2023.

Primavera 2024	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Baetidae	12,58	5,56	33,60	13,51	2,00	0	3,48	0
Caenidae	0,47	2,78	3,79	0,61	0	0	3,87	0
Gripopterygidae	0,16	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae	0	0	0	0,15	0	0	0	0
Hydropsychidae	0,93	0	0	1,37	0	0	1,93	0
Hydroptilidae	0,16	0	0	0,91	0,45	0	0	0
Leptoceridae	0	0	0,53	0,76	0	0	0,97	0
Leptohyphidae	0,62	0	2,12	1,06	0	0	0,97	0,82
Leptophlebiidae	0,93	0	0,71	0,46	0	0	0	0
Perlidae	0	2,78	0	0	0	0	0	0
índice EPT	15,84	11,11	40,74	18,82	2,45	0	11,22	0,82
SEPT- nº táxons	7	3	5	8	2	0	5	1

Obs.: Considerando o fato de que na estação amostral PM6 nenhum exemplar das ordens EPT foi coletado, a razão EPT/C obteve o valor zero em todas as campanhas amostrais.

Tabela 90 - Índice qualidade EPT – Campanha de Verão 2024.

Verão 2024	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Baetidae	2,42	8,10	6,53	4,89	0,29	0	0	0,21
Caenidae	0,36	0	0,07	0	1,75	0	1,62	0
Glossosomatidae	0	0	0,16	0	0	0	0	0
Gripopterygidae	0,04	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae	0	0,25	0	0,23	0	0	0	0
Hydropsychidae	16,22	19,12	26,29	19,29	0	0	0	28,91
Hydroptilidae	0,27	1,79	0,23	1,57	0	0	0,74	0
Leptoceridae	0,90	0	0,27	0,25	0	0	0	0
Leptohyphidae	0,40	0,60	0,57	0,51	0,39	0	1,62	0
Leptophlebiidae	0,67	0,37	0,51	0,15	0	0	0	0
Perlidae	0,13	0,27	0,23	0	0	0	0	0
Philopotamidae	0	29,05	6,50	14,42	0	0	1,03	0
Polycentropodidae	0	0	0	0	0	0	0	26,70
índice EPT	21,42	59,56	41,36	41,31	2,43	0	5,00	55,82
SEPT- nº táxons	9	8	10	9	3	0	4	3

Na campanha de verão PM2 e PM8 foram classificadas como águas de boa qualidade. PM2 com oito táxons do grupo EPT e abundância relativa de 59,56% e a estação PM8, apenas Baetidae, Hydropsychidae e Polycentropodidae, e abundância relativa de 55,82%. As estações PM3 com 41,54% e 10 táxons, e a PM4 com 41,30% e 8 táxons EPT., foram classificadas como de qualidade regular (Tabela 90).

Tabela 91 - Índice qualidade EPT – Campanha de outono 2024.

Outono 2024	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Baetidae	19,68	3,93	6,72	16,81	0,58	0	0	1,27
Caenidae	1,22	0	3,04	0,54	0,58	0	0	0
Glossosomatidae	0	0	0,32	0	0	0	0	0
Gripopterygidae	12,93	0	0,96	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	2,81	7,97	0,80	3,91	0	0	0	22,15
Hydroptilidae	0,37	0,45	0,32	0,23	0	0	0	0
Leptoceridae	0,47	0	3,04	0,46	0	0	0	0
Leptohyphidae	1,22	2,47	2,08	1,00	1,16	0	0	0
Leptophlebiidae	1,03	2,02	0,32	2,00	0	0	0	0
Perlidae	0	1,23	0	1,38	0	0	0	3,59
Philopotamidae	0	2,13	0,48	0,38	0	0	0	0
índice EPT	39,74	20,20	18,08	26,71	2,32	0	0	27,00
SEPT- nº táxons	8	7	10	9	3	0	0	3

Tabela 92 - Índice qualidade EPT – Campanha de inverno 2024.

Inverno 2024	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Baetidae	18,12	2,98	37,12	7,69	1,28	0	1,17	8,31
Caenidae	0,21	0,12	2,90	0	0	0	0,70	0
Gripopterygidae	9,28	0	12,18	0,49	0	0	0	0
Hydropsychidae	0,21	0	1,99	0,81	0	0	0	12,95
Hydroptilidae	0	0,31	0	0,64	0	0	0	0
Leptoceridae	0	0	0	0,21	0	0	0,93	0
Leptohyphidae	0,32	0,43	0,41	1,06	0	0	0,47	0
Leptophlebiidae	1,07	1,36	0	0,56	0	0	0	0
Perlidae	0	0,68	0	0	0	0	0	0
Philopotamidae	0	0,50	0	0	0	0	0	0
índice EPT	29,21	6,39	54,60	11,47	1,28	0	3,27	21,26
SEPT- nº táxons	6	7	5	7	1	0	4	2

No outono (Tabela 91) as estações PM1, com oito táxons e 39,74% de abundância relativa, PM4 com nove táxons e 26, 71% foram consideradas como de qualidade regular. A estação PM8, com menor diversidade de táxons, com apenas 3 táxons EPT, mas com maior abundância, também se enquadrou na mesma categoria.

No inverno (Tabela 92) a única estação classificada como de boa qualidade foi a PM3, com Batidae (37,12%), Gripopterygidae (12,18%) e Hydropsichidae (1,99%), totalizando 54,60% da fauna total encontrada.

Quadro 36 - Qualidade a partir do índice EPT (Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera).

EPT	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Primavera	Ruim	Ruim	Regular	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim
Verão	Ruim	Boa	Regular	Regular	Ruim	Ruim	Ruim	Boa
Outono	Regular	Ruim	Ruim	Regular	Ruim	Ruim	Ruim	Regular
Inverno	Regular	Ruim	Boa	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim

Razão Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera/Chironomidae (EPT/Chi): (PLAFKIN et al., 1989): O índice EPT/Chi é calculado pela razão entre número total de indivíduos classificados como Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, mais sensíveis, e pelo número total de indivíduos classificados como Chironomidae, mais tolerantes. Nas Tabela 93 a

Tabela 96, que seguem, constam os valores calculados para o índice EPT/Chi.

Em relação à tolerância frente às perturbações ambientais classificam-se os macroinvertebrados bentônicos basicamente em três grupos principais: organismos sensíveis

ou intolerantes, organismos tolerantes e organismos resistentes. Salienta-se que existem exceções dentro de cada grupo. Na família Chironomidae os seus táxons apresentam na grande maioria espécies tolerantes e pouco sensíveis as variações ambientes, porém existem exceções.

Na primavera de 2023 (Tabela 93) praticamente todos os resultados deste índice foram baixos, a exceção da PM3, com um valor calculado de 0,67%. Na estação PM6 não houve a ocorrência de táxons das ordens EPT.

Tabela 93 - Valores de Chironmidae, EPT Primavera 2023

	Chironomidae	EPT	∑	%
PM1pri23	171	102	273	0,37
PM2pri23	21	8	29	0,28
PM3pri23	231	462	693	0,67
PM4pri23	235	124	359	0,35
PM5pri23	120	11	131	0,08
PM6pri23	233	0	233	0
PM7pri23	139	58	197	0,29
PM8pri23	190	3	193	0,02

No verão (Tabela 94) houve uma recuperação destes valores demonstrando um crescimento dos táxons EPT, na estação PM2 com um alto valor de 0,81% e da PM4 0,62%. Na estação PM6 novamente não houve a ocorrência de táxons das ordens EPT.

Tabela 94 - EPT/Chiro verão 2024.

	Chironomidae	EPT	∑	%
PM1ver24	814	478	1292	0,37
PM2ver24	660	2860	3520	0,81
PM3ver24	2949	2907	5856	0,50
PM4ver24	1192	1945	3137	0,62
PM5ver24	394	25	419	0,06
PM6ver24	164	0	164	0
PM7ver24	337	34	371	0,09
PM8ver24	2478	3412	5890	0,58

No outono (Tabela 95) e no inverno (

Tabela 96) os valores se alternaram, mas os valores mais altos sempre foram nas estações PM1, PM2, PM3 e PM4. Na estação PM6 novamente não houve a ocorrência de táxons das ordens EPT. Na estação PM6 novamente não houve a ocorrência de táxons das ordens EPT.

Tabela 95 - EPT/Chiro outono 2024.

	Chironomidae	EPT	∑	%
PM1out24	218	424	642	0,66
PM2out24	57	180	237	0,76
PM3out24	161	113	274	0,41
PM4out24	137	348	485	0,72
PM5out24	144	8	152	0,05
PM6out24	30	0	30	0
PM7out24	128	0	128	0
PM8out24	156	128	284	0,45

Tabela 96 - EPT/Chiro inverno 2024.

	Chironomidae	EPT	∑	%
PM1inv24	119	274	393	0,70
PM2inv24	150	103	253	0,41
PM3inv24	146	659	805	0,82
PM4inv24	302	325	627	0,52
PM5inv24	263	5	268	0,02
PM6inv24	60	0	60	0
PM7inv24	186	14	200	0,07
PM8inv24	664	284	948	0,30

Riqueza de taxa sensíveis (Ssens) além dos táxons EPT's, Subfamílias de Chironomidae.

Muitas espécies de Chironomidae habitam os ambientes lóticos, desde os ambientes mais pristinos até os extremamente impactados, demonstrando diferentes graus de tolerância e sensibilidade dentro da família. Reconhecidos como táxons tolerantes, exceção dos gêneros dos Stempellina, Stempellinela e Constempellina de Chironominae -Tanytarsini. Riqueza de táxons sensíveis (Ssens), em que são considerados sensíveis as famílias de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e o gênero Stempellina de Chironomidae-Tanytarsini em rios (KUHLMANN et al 2012); a seguir, nas Tabela 97 a Tabela 100, constam os valores percentuais das subfamílias de Chironomidae. A subfamília Chironominae é representada pelas tribos Chironomini, Pseudochironomini e Tanytarsini. Classificados de acordo a abundância relativa em dominantes, abundantes e comuns.

Tabela 97 - Abundância total e relativa das subfamílias de Chironomidae, primavera de 2023

Chironomidae	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Abun. (N)	171	21	231	235	120	233	139	190
Tanypodinae	12,28	0	7,79	25,96	16,67	0,86	27,34	3,68
Chironominae	54,39	90,48	63,20	45,96	72,5	84,98	44,6	84,74
Orthocladiinae	33,33	9,52	29,00	28,09	10,83	14,16	28,06	11,58

Tabela 98 - Abundância total e relativa das subfamílias de Chironomidae, verão de 2023

Chironomidae	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Abun. (N)	814	660	2949	1192	394	164	337	2478
Tanypodinae	8,48	32,12	21,43	19,21	10,66	3,66	17,51	23,37
Chironominae	57,25	53,79	33,16	47,9	60,41	72,56	43,62	44,51
Orthocladiinae	34,28	14,09	45,41	32,89	28,93	23,78	38,87	32,12

Tabela 99 - Abundância total e relativa das subfamílias de Chironomidae, outono 2024

Chironomidae	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Abun, (N)	218	57	161	137	144	30	128	156
Tanypodinae	13,30	38,60	7,45	4,38	21,53	13,33	14,06	8,97
Chironominae	35,78	47,37	82,61	28,47	65,97	73,33	39,84	86,54
Orthocladiinae	50,92	14,04	9,94	67,15	12,50	13,33	46,09	4,49

Tabela 100 - Abundância total e relativa das subfamílias de Chironomidae, inverno 2024

Chironomidae	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Abun. (N)	119	150	146	302	263	60	186	664
Tanypodinae	14,29	8,00	8,22	5,30	14,83	15,00	12,37	28,46
Chironominae	49,58	79,33	47,26	31,13	71,10	80,00	79,57	67,92
Orthocladiinae	36,13	12,67	44,52	63,58	14,07	5,00	8,06	3,61

A subfamília Chironominae foi dominante ou abundante em todas as estações de coletas e nas quatro campanhas amostrais, apesar da presença da subfamília Tanytarsini não houve registro espécimes de Stempellina, Stempellinela e Constempellina.

A subfamília Tanypodinae, preponderantemente de espécies predadoras, podendo inclusive predar outras larvas de Chironomidae. Abundante em um único registro, na estação PM2, no verão. A subfamília Orthocladiinae reconhecida como de ocorrência em locais mais preservados foi táxon dominante nas estações PM1 no outono, na PM4 no outono e inverno.

Biological Monitoring Working Party - Indice BMWP

A aplicação do índice consiste basicamente na identificação das famílias de macroinvertebrados e na aplicação de valores numéricos de acordo com a maior ou menor tolerância à contaminação e a sua maior ou menor dependência da qualidade da água.

Esta metodologia tem permitido o reconhecimento do estado das águas dos rios segundo uma escala de qualidade que oscila entre classes de 1 a 5, incluem as águas boas (não contaminadas ou não alteradas de forma sensível), aceitável (com leves efeitos de contaminação), duvidosa (águas contaminadas), crítica (muito contaminadas) e muito crítica (fortemente contaminadas).

A pontuação final de cada local foi obtida pela soma da pontuação individual de todas as famílias presentes. A pontuação de cada família reflete a sua tolerância à poluição; quanto mais tolerante a família mais baixa é a sua pontuação. Os valores das quatro estações monitoradas, calculados para o IBMW, constam no Quadro 37.

Quadro 37 - Classificação da qualidade hídrica em função das pontuações do Índice de BMWP. Fonte Loyola et al 2000.

Classe	Qualidade	Prim. 2023	Ver. 2024	Out. 2024	Inv. 2024
I	Ótima		PM1, PM2 PM4	PM1 e PM4	
II	Boa	PM1 e PM4	PM3	PM3	PM1, PM2, PM4
III	Aceitável	PM3		PM2	PM3
IV	Duvidosa	PM7	PM5, PM7 e PM8	PM5	PM5, PM7, PM8
V	Poluída	PM2, PM5 PM8		PM8	
VI	Muito poluída	PM6	PM6	PM7	PM6
VII	Fortemente poluída			PM6	

Conclusões

Para os quatro períodos amostrais, primavera (2023), verão, outono e inverno (2024) foi registrada uma abundância total (N) de 45.329 organismos aquáticos e semi-aquáticos distribuídos em 72 táxons, pertencentes aos Filos Arthropoda, Mollusca, Platyhelminthes e Anellida. A classe Insecta representou a maioria dos táxons coletados. A seguir, na Figura 123, imagens de alguns dos vários táxons encontrados nos arroios monitorados.

Figura 123 - Alguns dos táxons encontrados nos arroios monitorados.



A menor abundância de 4.224 ind. na primavera (2023), é baixa, quando comparada a outras campanhas já realizadas nesta estação sazonal. Os valores mais altos foram no verão (2024), 26.868 espécimes. No outono e inverno, a abundância total de invertebrados foi de respectivamente 5.120 e 9.117 ind.

De acordo com o esperado, por se tratar da macrofauna de arroios distintos, nas características físicas e no estado de conservação do seu entorno, houve diferença na composição da fauna de macroinvertebrados bentônicos, tanto em relação à riqueza taxonômica quanto na abundância dos diferentes táxons, entre as estações amostradas e destas em relação as estações sazonais.

A áreas de corredeira, associadas a pedras e folhiços e por entre a vegetação marginal, tem sido local de registro de maior abundância de organismos e riqueza de taxa, principalmente

da classe Insecta, e entre eles aqueles reconhecidos como EPT's. Organismos que tem preferência por esses locais de acordo com os seus requisitos ambientas.

A hidrogeomorfologia que caracteriza o fundo das calhas fluviais, é composta pela alternância entre poço e águas brancas (corredeiras), poço e águas brancas, com exceção da estação PM7, que tem o fundo na forma de lajeado, e a estação PM5 que apresenta o fundo arenoso contínuo. A estratégia amostral utilizada favorece a busca, da possibilidade de existência de organismos bioindicadores, com diferentes requisitos ambientais, distribuídos nos mesohabitats corredeira e remanso.

A estratégia amostral definida para este monitoramento teve o propósito de amostrar estas áreas por entender que favorece o encontro de uma gama maior e mais realista das espécies que compõe as assembleias dos diferentes arroios. Habitats distintos abrigando espécies com adaptações e características fisiológicas específicas, já testado e amplamente reconhecido na literatura. Por esta razão de acordo com as características locais dos distintos arroios diferentes amostradores são utilizados. De forma a não comprometer a aplicação dos descritores das comunidades e os índices de qualidade, de acordo com as condições ambientais existentes.

Após a análise da estrutura da macrofauna encontrada nos arroios, com aplicação de diversos índices envolvendo a composição, riquezas e abundancias, a aplicação do Índice BMWP auxiliou no reconhecimento do estado das águas dos locais monitorados. No Quadro 37, constam as classificações das águas, para cada um dos arroios, nas quatro campanhas sazonais.

Na estação PM2, os valores de abundância e riqueza de taxa foram baixos, a razão entre EPT/Chironomidae foi de apenas 0,29, percentual, índice EPT de apenas 11,11% e apenas 3 táxons do grupo com uma classificação do índice BMWP de "águas poluídas" na primavera, por ter sido um dos arroios mais afetado pelas cheias, e de ótima qualidade no verão.

Durante períodos mais secos, a vazão é reduzida, resultando em uma maior variedade de trechos de retenção e correnteza. As espécies reofílicas (associadas a ambientes de correnteza e bem oxigenados) estão entre as mais importantes para os índices bióticos. Outono e inverno, foram classificadas como de águas aceitável e boa, respectivamente. Prova disso é a recuperação no verão, apresentou os valores máximos de abundância absoluta (4802 ind.), com uma riqueza de 36 táxons, valores para o índice IBMWP mais altos, que a classificou como de águas ótimas.

Observa-se que a variação na vazão interfere na diferenciação entre os ambientes de correnteza e remanso, as chamadas áreas de remoção (fluxo rápido) e deposição (fluxo lento). Os dados de abundância muito baixos, atípicos, tendo-se como base uma série de dados

anteriores, refletem as limitações da amostragem, em razão das condições encontrada, muitas amostras tiveram que ser colhidas às margens. Está estação amostral, apresenta o impacto da atividade da fonte fria da térmica, isto é, quando acontece a abertura da comporta por conta das precipitações anômalas que tem acontecido com relativa frequência, quase transformada em novo normal. Esta estação amostral, de todas, é a primeira a receber e amortecer a elevação das águas acompanhadas de fluxos de tempestade não somente pelas taxas de precipitação, mas também pela cheia da fonte fria (montante do barramento) o que provoca a demanda pela abertura da comporta.

A PM3, apresentou os valores máximos de abundância absoluta (7032 ind.) registrada no verão. As maiores riquezas foram no verão e no outono, com 31 e 32 táxons. Os valores para o índice IBMWP classificou como de água "boa" no verão e no outono, e de "aceitável" na primavera e no inverno.

A PM4, também apresentou os valores máximos de abundância absoluta (4708 ind.) no verão, com uma riqueza de 34 táxons, valores para o índice IBMWP altos no verão e outono, Classe I, águas ótimas e águas boas na primavera e inverno. Com algumas exceções, fica evidente uma tendência na queda dos valores dos índices calculados das estações PM1, PM2, PM3 e PM4 para as demais estações, com uma queda acentuada na PM6.

Nas estações PM5 e PM7, a hidrogeomorfologia desfavorece o estabelecimento de espécies de táxons sensíveis, característicos de trechos de corredeira. Na PM5 a abundância total foi de 2.215ind, o valor máximo mais alto de abundância foi no verão, 1029ind. Presença de poucos EPT' 8,08% para todo o período, a predominância de Baetidae e Caenidae. A maior abundância relativa de dípteros, oligoquetos Naidinae e Enchytraeidae. O BMWP calculado na primavera indicou a Classe V, de águas poluídas, e de Classe VI, águas de qualidade duvidosa nas campanhas que se seguiram.

Na estação PM7 o BMWP, corroborado por outros índices calculados, evidenciou uma qualidade "duvidosa" Classe V, na primavera, no verão e no inverno, e de Classe VI, no outono.

A estação PM8, com características distintas da PM5 e PM7, apresentou uma classificação de Classe IV duvidosa verão e inverno, respectivamente. No verão apresentou uma riqueza de até 20 táxons um pico de abundância de 6.112 ind. Nestas campanhas os valores percentuais de EPT, estiveram mais altos em razão da presença, em altas abundâncias de Hydropsichydae e Polycentropodidae. Na primavera e outono, de Classe V águas poluídas.

A estação PM6, no Arroio Poacá, localizada após a contribuição da Sanga da Carvoeira, apresentou os piores índices nas quatro campanhas amostrais, com ausência total de EPT's, baixa abundância, riqueza e diversidade. É a estação amostral mais impactada considerando

todas as análises, com uma indicação BMWP que variou entre classe VI, muito poluída, na primavera, verão e inverno, e a classe VII, como fortemente poluída, no outono.

A estação PM1, durante as quatro estações sazonais, não esteve entre os locais que apresentaram as maiores abundâncias, representando apenas 10,78% (4.886 ind.) da abundância total para o período, 2023-2024. Porém, com bons valores para a riqueza, de 40 táxons no verão a 29 táxons na primavera. Valores similares aos encontrados aos das estações PM4 e PM3. Com 19 táxons constantes, de baixa, média e alta sensibilidade. No outono apresentou o valor máximo de 39,74% para o índice percentual EPT, com a presença de até 8 táxons. Com uma classificação de Classe II, águas de boa qualidade na primavera e no outono e de Classe I, águas de ótima qualidade.

Espécies ameaçadas e espécies exótica

Em relação às espécies potencialmente ameaçadas de extinção e as já ameaçadas, foram consultadas listas atualizadas (sites do MMA, IBAMA, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul). Registra-se para o período amostral a ocorrência de formas jovens de Hyriidae na estação PM1, com 36 ind., na PM4 com 4 ind.

Registra-se a presença de 26 exemplares do caranguejo do gênero Aegla, nas estações PM1, PM2 e PM3. Este gênero compreende 14 espécies ameaçadas no Rio Grande do Sul, sendo oito consideradas ameaçadas, cinco vulneráveis e uma criticamente ameaçada. Não foram encontradas outras espécies de macroinvertebrados bentônicos ameaçadas ou endêmicas nas amostragens.Ocorrência de *Aegla* sp nas estacoes, na PM1 (19 ind), PM2 (6 ind), PM3 (1ind.).

Em relação à entrada de espécies invasora ou potencialmente invasoras, da fauna de macroinvertebrados tem-se o registro de moluscos asiáticos da família Cyrenidae, *Corbícula flumínea* e *Corbicula* sp. nas estações PM1, com 3 ind.; PM2 com 122ind. PM4 com 15 ind.

A seguir, nas Tabela 101 a Tabela 108, estão as listas de Táxons das estações monitoradas, no período de dezembro de 2023 a agosto de 2024, com a abundância total, relativa e médias,

Tabela 101 - Lista de Táxons da Primavera 2023, PM 1, PM 2, PM 3 e PM 4.

Primavera 2023	PM1	%	µ	PM2	%	µ	PM3	%	µ	PM4	%	µ
Aeglidae	2	0,31	0,33	0	0	0	1	0,09	0,17	0	0	0
Ancylidae	2	0,31	0,33	0	0	0	1	0,09	0,17	0	0	0
Aphididae	0	0	0	2	2,78	0,33	0	0	0	0	0	0
Baetidae	81	12,58	13,50	4	5,56	0,67	381	33,60	63,5	89	13,51	17,80
Belostomatidae	0	0	0	1	1,39	0,17	0	0	0	0	0	0
Bivalvia jovem	3	0,47	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caenidae	3	0,47	0,50	2	2,78	0,33	43	3,79	7,17	4	0,61	0,80
Candonidae	4	0,62	0,67	0	0	0	2	0,18	0,33	0	0	0
Ceratopogonidae	19	2,95	3,17	2	2,78	0,33	0	0	0	8	1,21	1,60
Chaoboridae	0	0	0	2	2,78	0,33	4	0,35	0,67	0	0	0
Chironomidae	171	26,55	28,5	21	29,17	3,5	231	20,37	38,50	235	35,66	47,00
Cochliopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	1,82	2,40
Corydalidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,15	0,20
Curculionidae	0	0	0	2	2,78	0,33	1	0,09	0,17	0	0	0
Cyprididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0,76	1,00
Dogielinotidae	0	0	0	0	0	0	3	0,26	0,5	0	0	0
Dolichopodidae	13	2,02	2,17	0	0	0	0	0	0		0	0
Dryopidae	1	0,16	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,61	0,80
Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	1	0,09	0,17	0	0	0
Elmidae	17	2,64	2,83	1	1,39	0,17	8	0,71	1,33	24	3,64	4,80
Empididae	4	0,62	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enchytraeidae	57	8,85	9,50	0	0	0	22	1,94	3,67	59	8,95	11,80
Entomobryomorpha	7	1,09	1,17	0	0	0	2	0,18	0,33	3	0,46	0,60
Gastropoda jovem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0,76	1,00
Glossiphoniidae	4	0,62	0,67	0	0	0	1	0,09	0,17	8	1,21	1,60
Gomphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,30	0,40
Gripopterygidae	1	0,16	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarinae	10	1,55	1,67	0	0	0	11	0,97	1,83	8	1,21	1,60
Hydrobiosidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,15	0,20
Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	2,73	3,60
Hydropsychidae	6	0,93	1,00	0	0	0	0	0	0	9	1,37	1,80
Hydroptilidae	1	0,16	0,17	0	0	0	0	0	0	6	0,91	1,20
Leptoceridae	0	0	0	0	0	0	6	0,53	1	5	0,76	1,00
Leptohyphidae	4	0,62	0,67	0	0	0	24	2,12	4	7	1,06	1,40
Leptophlebiidae	6	0,93	1	0	0	0	8	0,71	1,33	3	0,46	0,60
Libellulidae	1	0,16	0,17	0	0	0	1	0,09	0,17	0	0	0
Megadrili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,30	0,40
Mesovellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,46	0,60
Muscidae	0	0	0	0	0	0	1	0,09	0,17	0	0	0
Naididae	105	16,30	17,50	0	0	0	188	16,58	31,33	77	11,68	15,40
Naucoridae	1	0,16	0,17	0	0	0	1	0,09	0,17	0	0	0
Nematoda	21	3,26	3,5	0	0	0	22	1,94	3,67	9	1,37	1,80
Notonectidae	0	0	0	22	30,56	3,67	0	0	0	0	0	0
Oribatida	0	0	0	7	9,72	1,17	0	0	0	0	0	0
Perlidae	0	0	0	2	2,78	0,33	0	0	0	0	0	0

Primavera 2023	PM1	%	µ	PM2	%	µ	PM3	%	µ	PM4	%	µ
Planorbidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psephenidae	3	0,47	0,5	0	0	0	0	0	0	1	0,15	0,20
Pyralidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,46	0,60
Simuliidae	91	14,13	15,17	0	0	0	170	14,99	28,33	46	6,98	9,20
Sphaeriidae	3	0,47	0,5	0	0	0	0	0	0		0	0
Staphylinidae	0	0	0	4	5,56	0,67	0	0	0	0	0	0
Tabanidae	3	0,47	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	0	0	0	0	0	0	1	0,09	0,17		0	0
Total	**644**	**100**	**107,33**	**72**	**100**	**12,00**	**1134**	**100**	**189,00**	**659**	**100**	**131,80**

Tabela 102 - Lista de Táxons da Primavera 2023, PM 5, PM 6, PM 7 e PM 8.

Primavera 2023	PM5	%	µ	PM6	%	µ	PM7	%	µ	PM8	%	µ
Aeglidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ancylidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aphididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baetidae	9	2,00	1,80	0	0	0	18	3,48	3,60	0	0	0
Belostomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalvia jovem	**7**	1,56	1,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caenidae	0	0	0	0	0	0	20	3,87	4,00	0	0	0
Candonidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	0	0	0	12	3,12	4,00	11	2,13	2,20	0	0	0
Chaoboridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	120	26,73	24,00	233	60,52	77,67	139	26,89	27,80	190	52,20	31,67
Cochliopidae	3	0,67	0,60	0	0	0	17	3,29	3,40	0	0	0
Corydalidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Curculionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyprididae	5	1,11	1,00	0	0	0	11	2,13	2,20	5	1,37	0,83
Dogielinotidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,55	0,33
Dryopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesiidae	6	1,34	1,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elmidae	0	0	0	8	2,08	2,67	8	1,55	1,60	17	4,67	2,83
Empididae	6	1,34	1,20	5	1,30	1,67	0	0	0	4	1,10	0,67
Enchytraeidae	76	16,93	15,20	32	8,31	10,67	110	21,28	22,00	0	0	0
Entomobryomorpha	16	3,56	3,20	4	1,04	1,33	0	0	0	0	0	0
Gastropoda jovem	8	1,78	1,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glossiphoniidae	11	2,45	2,20	7	1,82	2,33	4	0,77	0,80	5	1,37	0,83
Gomphidae	2	0,45	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gripopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarinae	17	3,79	3,40	9	2,34	3,00	4	0,77	0,80	8	2,20	1,33
Hydrobiosidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	10	1,93	2,00	0	0	0
Hydroptilidae	2	0,45	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae	0	0	0	0	0	0	5	0,97	1,00	0	0	0

Primavera 2023	PM5	%	µ	PM6	%	µ	PM7	%	µ	PM8	%	µ
Leptohyphidae	0	0	0	0	0	0	5	0,97	1,00	3	0,82	0,50
Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Libellulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,27	0,17
Megadrili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	5,77	3,50
Mesovellidae	0	0	0	0	0	0	1	0,19	0,20	0	0	0
Muscidae	4	0,89	0,80	0	0	0	3	0,58	0,60	0	0	0
Naididae	126	28,06	25,20	52	13,51	17,33	119	23,02	23,80	98	26,92	16,33
Naucoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	21	4,68	4,20	16	4,16	5,33	15	2,90	3,00	10	2,75	1,67
Notonectidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oribatida		0	0	0	0	0	4	0,77	0,80	0	0	0
Perlidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planorbidae	6	1,34	1,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psephenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyralidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simuliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaeriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Staphylinidae	4	0,89	0,80	0	0	0	3	0,58	0,60	0	0	0
Tabanidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	0	0	0	7	1,82	2,33	4	0,77	0,80	0	0	0
Total	**449**	**100**	**89,80**	**385**	**100**	**128,33**	**517**	**100**	**103,40**	**364**	**100**	**60,67**

Tabela 103 - Lista de Táxons da Verão 2024, PM 1, PM 2, PM 3 e PM 4.

Verão 2024	PM 1	%	µ	PM 2	%	µ	PM 3	%	µ	PM 4	%	µ
Aeglidae	1	0,04	0,17	0	0	0	3	0,04	0,50	0	0	0
Ampullaridae	0	0	0	5	0,10	1,00	0	0	0	0	0	0
Ashenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baetidae	54	2,42	9,00	389	8,10	77,80	459	6,49	76,50	230	4,89	46,00
Bivalvia jovem	49	2,20	8,17	0	0	0	0	0	0	132	2,80	26,40
Caenidae	8	0,36	1,33	0	0	0	5	0,07	0,83	0	0	0
Calopterygidae	7	0,31	1,17	0	0	0	0	0	0	9	0,19	1,80
Candonidae	25	1,12	4,17	3	0,06	0,60	2	0,03	0,33	0	0	0
Ceratopogonidae	22	0,99	3,67	9	0,19	1,80	4	0,06	0,67	10	0,21	2,00
Chironomidae	814	36,47	135,67	660	13,74	132,00	2949	41,69	491,50	1192	25,32	238,40
Cochliopidae	255	11,42	42,50	132	2,75	26,40	7	0,10	1,17	44	0,93	8,80
Coenagrionidae	5	0,22	0,83	0	0	0	2	0,03	0,33	3	0,06	0,60
Corixidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corydalidae	0	0	0	6	0,12	1,20	11	0,16	1,83	6	0,13	1,20
Curculionidae	1	0,04	0,17	2	0,04	0	0	0	0	0	0	0
Cyprididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyrenidae	0	0	0	26	0,54	5,20	0	0	0	7	0,15	1,40
Darwinulidae	10	0,45	1,67	7	0,15	1,40	0	0	0	12	0,25	2,40
Dolichopodidae	4	0,18	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dryopidae	1	0,04	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesiidae	0	0	0	52	1,08	10,40	3	0,04	0,50	4	0,08	0,80
Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0,15	1,40
Elmidae	75	3,36	12,50	207	4,31	41,40	633	9,09	105,50	505	10,73	101,00
Empididae	7	0,31	1,17	7	0,15	1,40	0	0	0	12	0,25	2,40
Enchytraeidae	52	2,33	8,67	2	0,04	0	3	0,04	0,50	61	1,30	12,20
Entomobryomorpha	4	0,18	0,67	10	0,21	2,00	4	0,06	0,67	3	0,06	0,60
Gerridae	1	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glossiphoniidae	34	1,52	5,67	3	0,06	0,60	3	0,04	0,50	0	0	0
Glossosomatidae	0	0	0	0	0	0	11	0,16	1,83	0	0	0
Gripopterygidae	1	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarinae	79	3,54	13,17	11	0,23	2,20	151	2,13	25,17	33	0,70	6,60
Hydrobiosidae	0	0	0	12	0,25	2,40	0	0	0	11	0,23	2,20
Hydrophilidae	7	0,31	1,17	6	0,12	1,20	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	362	16,22	60,33	918	19,12	183,60	1848	26,42	308,00	908	19,29	181,60
Hydroptilidae	6	0,27	1,00	86	1,79	17,20	16	0,23	2,67	74	1,57	14,80
Hyriidae	32	1,43	5,33	0	0	0	0	0	0	1	0,02	0,20
Leptoceridae	20	0,90	3,33	0	0	0	19	0,27	3,17	12	0,25	2,40
Leptohyphidae	9	0,40	1,50	29	0,60	5,80	40	0,57	6,67	24	0,51	4,80
Leptophlebiidae	15	0,67	2,50	18	0,37	3,60	36	0,51	6,00	7	0,15	1,40
Libellulidae	6	0,27	1,00	5	0,10	1,00	0	0	0	5	0,11	1,00
Lymnaeidae	0	0	0	2	0,04	0	0	0	0	0	0	0
Megadrili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mesovellidae	0	0	0	5	0,10	1,00	0	0	0	0	0	0

Verão 2024	PM 1	%	µ	PM 2	%	µ	PM 3	%	µ	PM 4	%	µ
Naididae	188	8,42	31,33	96	2,00	19,20	51	0,72	8,50	113	2,40	22,60
Naucoridae	9	0,40	1,50	0	0	0	5	0,07	0,83	0	0	0
Nematoda	11	0,49	1,83	7	0,15	1,40	5	0,07	0,83	10	0,21	2,00
Notonectidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oribatida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perlidae	3	0,13	0,50	13	0,27	2,60	16	0,23	2,67	0	0	0
Philopotamidae	0	0	0	1395	29,05	279,00	457	6,60	76,17	679	14,42	135,80
Planorbidae	0	0	0	2	0,04	0	0	0	0	0	0	0
Polycentropodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psephenidae	0	0	0	6	0,12	1,20	0	0	0	13	0,28	2,60
Psychodidae	3	0,13	0,50	0	0	0	0	0	0	4	0,08	0,80
Pyralidae	0	0	0	6	0,12	1,20	44	0,62	7,33	48	1,02	9,60
Simuliidae	5	0,22	0,83	621	12,93	124,20	229	3,24	38,17	415	8,81	83,00
Sphaeriidae	6	0,27	1,00	12	0,25	2,40	1	0,01	0,17	106	2,25	21,2
Staphylinidae	10	0,45	1,67	33	0,69	6,60	0	0	0	0	0	0
Tabanidae	7	0,31	1,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temnocephalida	0	0	0	0	0	0	9	0,13	1,50	0	0	0
Tipulidae	0	0	0	0	0	0	3	0,04	0,50	0	0	0
Veliidae	24	1,08	4,00	0	0	0	0	0	0	8	0,17	1,60
Abundâcia total	**2232**	**100,00**	**372**	**4802**	**100**	**960**	**7029**	**100**	**1171,50**	**4708**	**100**	**941,6**

Tabela 104 - Lista de Táxons da Verão 2024, PM 5, PM 6, PM 7 e PM 8.

Verão 2024	PM 5	%	µ	PM6	%	µ	PM7	%	µ	PM8	%	µ
Aeglidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampullaridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ashenidae	0	0	0	0	0	0	1	0,15	0,20	0	0	0
Baetidae	3	0,29	0,60	0	0	0	0	0	0	13	0,21	2,17
Bivalvia jovem	109	10,58	21,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caenidae	18	1,75	3,60	0	0	0	11	1,62	2,20	0	0	0
Calopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Candonidae	10	0,97	2,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	12	1,17	2,40	10	3,68	1,67	4	0,59	0,80	8	0,13	1,33
Chironomidae	394	38,25	78,80	164	60,29	27,33	337	49,49	67,40	2478	40,54	413
Cochliopidae	7	0,68	1,40	0	0	0	9	1,322	1,80	6	0,10	1
Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corixidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,03	0,33
Corydalidae	0	0	0	1	0,37	0,17	0	0	0	75	1,23	12,50
Curculionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cypridídae	0	0	0	0	0	0	3	0,44	0,60	0	0	0
Cyrenidae	21	2,04	4,20	0	0	0	13	1,91	2,60	0	0	0
Darwinulidae	8	0,78	1,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0,52	5,33

Verão 2024	PM 5	%	µ	PM6	%	µ	PM7	%	µ	PM8	%	µ
Dryopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesiidae	4	0,39	0,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elmidae	24	2,33	4,80	3	1,10	0,50	0	0	0	20	0,33	3,33
Empididae	3	0,29	0,60	5	1,84	0,83	0	0	0	0	0	0
Enchytraeidae	7	0,68	1,40	24	8,82	4,00	16	2,35	3,20	26	0,43	4,33
Entomobryomorpha	12	1,17	2,40	0	0	0	0	0	0	4	0,07	0,67
Gerridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glossiphoniidae	26	2,52	5,20	3	1,10	0,50	23	3,38	4,60	0	0	0
Glossosomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gripopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarinae	13	1,26	2,60	2	0,74	0,33	0	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1767	28,91	294,50
Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	5	0,73	1,00	0	0	0
Hyriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptohyphidae	4	0,39	0,80	0	0	0	11	1,62	2,20	0	0	0
Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Libellulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lymnaeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Megadrili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,03	0,33
Mesovellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naididae	317	30,78	63,40	45	16,54	7,50	216	31,72	43,20	6	0,10	34,33
Naucoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	20	1,94	4,00	11	4,04	1,83	6	0,88	1,20	10	0,16	1,67
Notonectidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0,08	0,83
Oribatida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perlidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Philopotamidae	0	0	0	0	0	0	7	1,03	1,40	0	0	0
Planorbidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,03	0,33
Polycentropodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1632	26,70	272
Psephenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,03	0,33
Psychodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyralidae	0	0	0	0	0	0	13	1,91	2,60	0	0	0
Simuliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0,25	2,5
Sphaeriidae	3	0,29	0,60	0	0	0	1	0,15	0,20	4	0,07	0,67
Staphylinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tabanidae	14	1,36	2,80	4	1,47	0,67	4	0,59	0,80	0	0	0
Temnocephalida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,05	0,50
Veliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abundâcia total	**1030**	**100**	**206,00**	**272**	**100**	**45,33**	**680**	**100**	**136,00**	**6112**	**100**	**1052,00**

Tabela 105 - Lista de Táxons da Outono 2024, PM 1, PM 2, PM 3 e PM 4.

Outono 2024	PM 1	%	µ	PM2	%	µ	PM3	%	µ	PM4	%	µ
Aeglidae	11	1,03	1,83	1	0,11	0,2	2	0,32	0,33	0	0	0
Ampullaridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,15	0,33
Ancylidae	3	0,28	0,50	3	0,34	0,6	5	0,80	0,83	2	0,15	0,33
Aphididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baetidae	210	19,68	35,00	35	3,93	7	42	6,72	7,00	219	16,81	36,50
Bivalvia jovem	4	0,37	0,67	0	0	0	0	0	0	6	0,46	1,00
Caenidae	13	1,22	2,17	0	0	0	19	3,04	3,17	7	0,54	1,17
Candonidae	0	0	0	0	0	0	4	0,64	0,67	4	0,31	0,67
Ceratopogonidae	20	1,87	3,33	1	0,11	0,2	6	0,96	1,00	0	0	0
Chaoboridae	0	0	0	3	0,34	0,6	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	218	20,43	36,33	57	6,40	11,4	161	25,76	26,83	137	10,51	22,83
Cochliopidae	70	6,56	11,67	494	55,44	98,8	6	0,96	1,00	104	7,98	17,33
Coenagrionidae	2	0,19	0,33	0	0	0	0	0	0	3	0,23	0,50
Corydalidae	2	0,19	0,33	1	0,11	0,2	0	0	0	2	0,15	0,33
Curculionidae	0	0	0	2	0,22	0,4	0	0	0	1	0,08	0,17
Cyprididae	2	0,19	0,33	0	0	0	3	0,48	0,50	0	0	0
Cyrenidae	3	0,28	0,50	16	1,80	3,2	0	0	0	8	0,61	1,33
Darwinulidae	1	0,09	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dogielinotidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesiidae	0	0	0	0	0	0	6	0,96	1,00	0	0	0
Elmidae	44	4,12	7,33	66	7,41	13,2	211	33,76	35,17	226	17,34	37,67
Enchytraeidae	33	3,09	5,50	0	0	0	1	0,16	0,17	7	0,54	1,17
Entomobryomorpha	3	0,28	0,50	0	0	0	0	0	0	7	0,54	1,17
Glossiphoniidae	3	0,28	0,50	1	0,11	0,2	3	0,48	0,50	5	0,38	0,83
Glossosomatidae	0	0	0	0	0	0	2	0,32	0,33	0	0	0
Gomphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,15	0,33
Gripopterygidae	138	12,93	23,00	0	0	0	6	0,96	1,00	0	0	0
Hydracarinae	12	1,12	2,00	4	0,45	0,8	36	5,76	6,00	16	1,23	2,67
Hydrophilidae	4	0,37	0,67	20	2,24	4	15	2,40	2,50	3	0,23	0,50
Hydropsychidae	30	2,81	5,00	71	7,97	14,2	5	0,80	0,83	51	3,91	8,50
Hydroptilidae	4	0,37	0,67	4	0,45	0,8	2	0,32	0,33	3	0,23	0,50
Hyriidae	2	0,19	0,33	0	0	0	0	0	0	2	0,15	0,33
Leptoceridae	5	0,47	0,83	0	0	0	19	3,04	3,17	6	0,46	1,00
Leptohyphidae	13	1,22	2,17	22	2,47	4,4	13	2,08	2,17	13	1,00	2,17
Leptophlebiidae	11	1,03	1,83	18	2,02	3,6	2	0,32	0,33	26	2,00	4,33
Libellulidae	3	0,28	0,50	0	0	0	0	0	0	17	1,30	2,83
Lymnaeidae	1	0,09	0,17	2	0,22	0,4	0	0	0	0	0	0
Megadrili	0	0	0	1	0,11	0,2	0	0	0	0	0	0
Naididae	48	4,50	8,00	5	0,56	1	3	0,48	0,50	79	6,06	13,17
Naucoridae	2	0,19	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemathomorpha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	10	0,94	1,67	3	0,34	0,6	19	3,04	3,17	14	1,07	2,33
Nepidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,15	0,33

Outono 2024	PM 1	%	µ	PM2	%	µ	PM3	%	µ	PM4	%	µ
Oribatida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,15	0,33
Perlidae	0	0	0	11	1,23	2,2	0	0	0	18	1,38	3,00
Philopotamidae	0	0	0	19	2,13	3,8	3	0,48	0,50	5	0,38	0,83
Pleidae	2	0,19	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planorbidae	0	0	0	1	0,11	0,2	0	0	0	0	0	0
Psephenidae	0	0	0	0	0	0	6	0,96	1,00	4	0,31	0,67
Pyralidae	0	0	0	0	0	0	1	0,16	0,17	47	3,61	7,83
Simuliidae	121	11,34	20,17	30	3,37	6	17	2,72	2,83	242	18,57	40,33
Sphaeriidae	10	0,94	1,67	0	0	0	0	0	0	11	0,84	1,83
Staphylinidae	0	0	0	0	0	0	2	0,32	0,33	0	0	0
Tabanidae	2	0,19	0,33	0	0	0	1	0,16	0,17	0	0	0
Temnocephalida	0	0	0	0	0	0	1	0,16	0,17	0	0	0
Tipulidae	0	0	0	0	0	0	3	0,48	0,50	0	0	0
Total	**1067**	**100**	**177,83**	**891**	**100**	**178,20**	**625**	**100**	**104,17**	**1303**	**100**	**217,17**

Tabela 106 - Lista de Táxons da Outono 2024, PM 5, PM 6, PM 7 e PM 8.

Outono 2024	PM5	%	µ	PM6	%	µ	PM7	%	µ	PM8	%	µ
Aeglidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampullaridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ancylidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aphididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,21	0,17
Baetidae	2	0,58	0,40	0	0	0	0	0	0	6	1,27	1,00
Bivalvia jovem	2	0,58	0,40	0	0	0	3	1,13	0,60	0	0	0
Caenidae	2	0,58	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Candonidae	3	0,87	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	1	0,29	0,20	5	3,33	0,83	0	0	0	2	0,42	0,33
Chaoboridae	0	0	0	0	0	0	2	0,75	0,40	0	0	0
Chironomidae	144	41,74	28,80	30	20,00	5,00	128	48,30	25,60	156	32,91	26,00
Cochliopidae	2	0,58	0,40	0	0	0	6	2,26	1,20	0	0	0
Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corydalidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1,27	1,00
Curculionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyprididae	1	0,29	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyrenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Darwinulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dogielinotidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,84	0,67
Dugesiidae	3	0,87	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elmidae	2	0,58	0,40	0	0	0	0	0	0	16	3,38	2,67
Enchytraeidae	2	0,58	0,40	7	4,67	1,17	2	0,75	0,40	8	1,69	1,33
Entomobryomorpha	3	0,87	0,60	2	1,33	0,33	3	1,13	0,60	0	0	0
Glossiphoniidae	0	0	0	0	0	0	5	1,89	1,00	0	0	0
Glossosomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gomphidae	0	0	0	0	0	0	1	0,38	0,20	0	0	0
Gripopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarinae	3	0,87	0,60	0	0	0	2	0,75	0,40	0	0	0

Outono 2024	PM5	%	µ	PM6	%	µ	PM7	%	µ	PM8	%	µ
Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105	22,15	17,50
Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptohyphidae	4	1,16	0,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Libellulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lymnaeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Megadrili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,21	0,17
Naididae	137	39,71	27,40	104	69,33	17,33	83	31,32	16,60	141	29,75	23,50
Naucoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemathomorpha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	17	4,93	3,40	0	0	0	27	10,19	5,40	5	1,05	0,83
Nepidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oribatida	3	0,87	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perlidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	3,59	2,83
Philopotamidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planorbidae	2	0,58	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psephenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,42	0,33
Pyralidae	6	1,74	1,20	0	0	0	3	1,13	0,60	0	0	0
Simuliidae	2	0,58	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaeriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,21	0,17
Staphylinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tabanidae	3	0,87	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temnocephalida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	1	0,29	0,20	0	0	0	0	0	0	3	0,63	0,50
Total	**345**	**100**	**69,00**	**150**	**100**	**25**	**265**	**100**	**53,00**	**474**	**100**	**79,00**

Tabela 107 - Lista de Táxons da Inverno 2024, PM 1, PM 2, PM 3 e PM 4.

Inverno 2024	PM 1	%	µ	PM 2	%	µ	PM 3	%	µ	PM 4	%	µ
Aeglidae	5	0,53	0,83	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ancylidae	2	0,21	0,33	6	0,37	1,20	3	0,25	0,50	5	0,18	1
Aphididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Athericidae	0	0	0	0	0	0	5	0,41	0,83	0	0	0
Baetidae	170	18,12	28,33	48	2,98	9,60	448	37,12	74,67	218	7,69	43,60
Bivalvia jovem	4	0,43	0,67	14	0,87	2,80	0	0	0	0	0	0
Caenidae	2	0,21	0,33	2	0,12	0,40	35	2,90	5,83	0	0	0
Calopterigydae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,04	0,20
Candonidae	3	0,32	0,50	0	0	0	1	0,08	0,17	2	0,07	0,40
Ceratopogonidae	40	4,26	6,67	2	0,12	0,40	15	1,24	2,50	3	0,11	0,60
Chironomidae	119	12,69	19,83	150	9,30	30,00	146	12,10	24,33	302	10,66	60,40
Cochliopidae	8	0,85	1,33	309	19,16	61,80	0	0	0	5	0,18	1,00
Coenagrionidae	0	0	0	2	0,12	0,40	0	0	0	0	0	0
Corydalidae	0	0	0	2	0,12	0,40	0	0	0	4	0,14	0,80
Curculionidae	0	0	0	2	0,12	0,40	2	0,17	0,33	0	0	0
Cyprididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,11	0,60
Cyrenidae	0	0	0	80	4,96	16,00	0	0	0	0	0	0
Dogielinotidae	0	0	0	0	0	0	6	0,50	1,00	0	0	0
Dryopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,07	0,40
Elmidae	9	0,96	1,50	156	9,67	31,20	19	1,57	3,17	114	4,02	22,80
Empididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enchytraeidae	13	1,39	2,17	125	7,75	25,00	134	11,10	22,33	2	0,07	0,40
Entomobryomorpha	4	0,43	0,67	4,00	0,25	0,80	9	0,75	1,50	3	0,11	0,60
Glossiphoniidae	2	0,21	0,33	3	0,19	0,60	0	0	0	0	0	0
Gomphidae	1	0,11	0,17	0	0	0	1	0,08	0,17	0	0	0
Gripopterygidae	87	9,28	14,50	0	0	0	147	12,1789	24,50	14	0,49	2,80
Hydracarinae	4	0,43	0,67	7	0,43	1,40	7	0,58	1,17	6	0,21	1,20
Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	4	0,33	0,67	0	0	0
Hydropsychidae	2	0,21	0,33	0	0	0	24	1,99	4	23	0,81	4,60
Hydroptilidae	0	0	0	5	0,31	1,00	0	0	0	18	0,64	3,60
Hyriidae	2	0,21	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0,21	1,20
Leptohyphidae	3	0,32	0,50	7	0,43	1,40	5	0,41	0,83	30	1,06	6,00
Leptophlebiidae	10	1,07	1,67	22	1,36	4,40	0	0	0	16	0,56	3,20
Libellulidae	1	0,11	0,17	2	0,12	0,40	0	0	0	11	0,39	2,20
Lymnaeidae	1	0,11	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Megadrili	2	0,21	0,33	4	0,25	0,80	0	0	0	0	0	0
Naididae	251	26,76	41,83	27	1,67	5,40	20	1,66	3,33	18	0,64	3,60
Nematoda	37	3,94	6,17	5	0,31	1,00	26	2,15	4,33	7	0,25	1,40
Oribatida	5	0,53	0,83	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Inverno 2024	PM 1	%	µ	PM 2	%	µ	PM 3	%	µ	PM 4	%	µ
Perlidae	0	0	0	11	0,68	2,20	0	0	0	0	0	0
Philopotamidae	0	0	0	8	0,50	1,60	0	0	0	0	0	0
Planorbidae	5	0,53	0,83	17	1,05	3,40	0	0	0	1	0,04	0,20
Poduromorpha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psephenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psychodidae	0	0	0	7	0,43	1,40	0	0	0	0	0	0
Pyralidae	0	0	0	0	0	0	2	0,17	0,33	46	1,62	9,20
Simuliidae	135	14,39	22,50	582	36,08	116,40	145	12,01	24,17	197	69,51	394,00
Sphaeriidae	9	0,96	1,50	2,00	0,12	0,4	0	0	0	4	0,14	0,80
Tabanidae	2	0,21	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	0	0	0	0	0	0	3	0,25	0,50	0	0	0
Tricladida	0	0	0	2	0,12	0,40	0	0	0	0	0	0
Total	**938**	**100,00**	**156,33**	**1613**	**100**	**322,6**	**1207**	**100**	**201,17**	**2834**	**100**	**566,80**

Tabela 108 - Lista de Táxons da Primavera 2023, PM 5, PM 6, PM 7 e PM 8.

Inverno 2024	PM5	%	µ	PM6	%	µ	PM7	%	µ	PM8	%	µ
Aeglidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ancylidae	3	0,77	0,60	0	0	0	4	0,93	0,80	0	0	0
Aphididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,30	0,67
Athericidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,07	0,17
Baetidae	5	1,28	1,00	0	0	0	5	1,17	1,00	111	8,31	18,50
Bivalvia jovem	6	1,53	1,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caenidae	0	0	0	0	0	0	3	0,70	0,60	0	0	0
Calopterigydae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Candonidae	4	1,02	0,80	0	0	0	2	0,47	0,40	13	0,97	2,17
Ceratopogonidae	3	0,77	0,60	35	9,49	5,83	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	263	67,09	52,60	60	16,26	10,00	186	43,46	37,20	664	49,70	110,67
Cochliopidae	7	1,79	1,40	0	0	0	25	5,84	5,00	0	0	0
Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corydalidae	1	0,26	0,20	0	0	0	0	0	0	3	0,22	0,50
Curculionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyprididae	5	1,28	1,00	0	0	0	7	1,64	1,40	2	0,15	0,33
Cyrenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dogielinotidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	1,95	4,33
Dryopidae	1	0,26	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dugesiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elmidae	5	1,28	1,00	3	0,81	0,50	0	0	0	83	6,21	13,83
Empididae	4	1,02	0,80	0	0	0	3	0,70	0,60	0	0	0
Enchytraeidae	5	1,28	1,00	4	1,08	0,67	7	1,64	1,40	58	4,34	9,67
Entomobryomorpha	3	0,77	0,60	1	0,27	0,17	6	1,40	1,20	0	0	0
Glossiphoniidae	5	1,28	1,00	2	0,54	0,33	8	1,87	1,60	0	0	0
Gomphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gripopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarinae	2	0,51	0,40	3	0,81	0,50	9	2,10	1,80	2	0,15	0,33
Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Inverno 2024	PM5	%	µ	PM6	%	µ	PM7	%	µ	PM8	%	µ
Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	173	12,95	28,83
Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae	0	0	0	0	0	0	4	0,93	0,80	0	0	0
Leptohyphidae	0	0	0	0	0	0	2	0,47	0,40	0	0	0
Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Libellulidae	0	0	0	0	0	0	1	0,23	0,20	0	0	0
Lymnaeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Megadrili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naididae	41	10,46	8,20	250	67,75	41,67	69	16,12	13,80	178	13,32	29,67
Nematoda	10	2,55	2,00	11	2,98	1,83	78	18,22	15,60	4	0,30	0,67
Oribatida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perlidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Philopotamidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planorbidae	3	0,77	0,60	0	0	0	1	0,23	0,20	0	0	0
Poduromorpha	2	0,51	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psephenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,07	0,167
Psychodidae	3	0,77	0,60	0	0	0	0	0	0	9	0,67	1,50
Pyralidae	5	1,28	1,00	0	0	0	5	1,17	1,00	0	0	0
Simuliidae	6	1,53	1,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaeriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,15	0,33
Tabanidae	0	0	0	0	0	0	3	0,70	0,60	2	0,15	0,33
Tipulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricladida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**392**	**100**	**78,40**	**369**	**100**	**61,50**	**428**	**100**	**85,60**	**1336**	**100**	**222,67**

2.7. MONITORAMENTO DE ICTIOFAUNA

Responsabilidade técnica: Biólogo Fábio Silveira Vilella – CRBio 25.827-03

2.7.1. Introdução

Este relatório apresenta a síntese dos resultados obtidos em quatro campanhas sazonais de monitoramento de peixes no arroio Candiota, na área de influência da Usina Termelétrica de Candiota, realizadas entre a primavera de 2023 e o inverno de 2024. Agregados a esses resultados faz-se uma análise do comportamento do Índice de Qualidade (IQ) com o histórico de dados obtidos em 42 campanhas de monitoramento iniciados em abril de 2007. Também é realizada uma análise do histórico de dados de acúmulo de elementos traço e metais pesados em músculo de peixes carnívoros, onívoros e raspadores bentônicos a partir de resultados obtidos nas campanhas de monitoramento iniciadas no inverno de 2004.

2.7.2. Métodos

Pontos de Amostragem

Ponto 1 (coordenadas UTM 22J 6518528 / 243952): está situado no arroio Candiota entre a ponte férrea e a ponte da BR 293. Caracteriza-se como o ponto mais a montante da rede de amostragem, localizado à montante da Usina Termelétrica de Candiota. Essa região está situada à montante da barragem que abastece a UTE de Candiota e, considerando que não existe nenhum mecanismo de passagem de peixes instalado na barragem, a ictiofauna desse local encontra-se, isolada do restante da Bacia. (Figura 124).

Figura 124 - Imagem do Ponto 1 da rede de monitoramento próximo à ponte férrea e a BR 392, localizado à montante da barragem da Usina Termelétrica De Candiota no arroio Candiota.



Ponto 2 (coordenadas UTM 22J 6506688 / 246690): está situado no arroio Candiota a jusante da barragem que abastece a Usina Termelétrica de Candiota e a jusante da barragem que abastecia a antiga Termelétrica e atualmente serve para a captação e abastecimento de água para a Vila. O ponto ainda está a jusante da um wetland que recebe os dejetos da Vila para tratamento antes de desaguar no arroio Candiota (Figura 125).

Figura 125 - Imagem do Ponto 2 da rede de monitoramento, a jusante da barragem da Usina Termelétrica de Candiota, no arroio Candiota, em Candiota, RS.



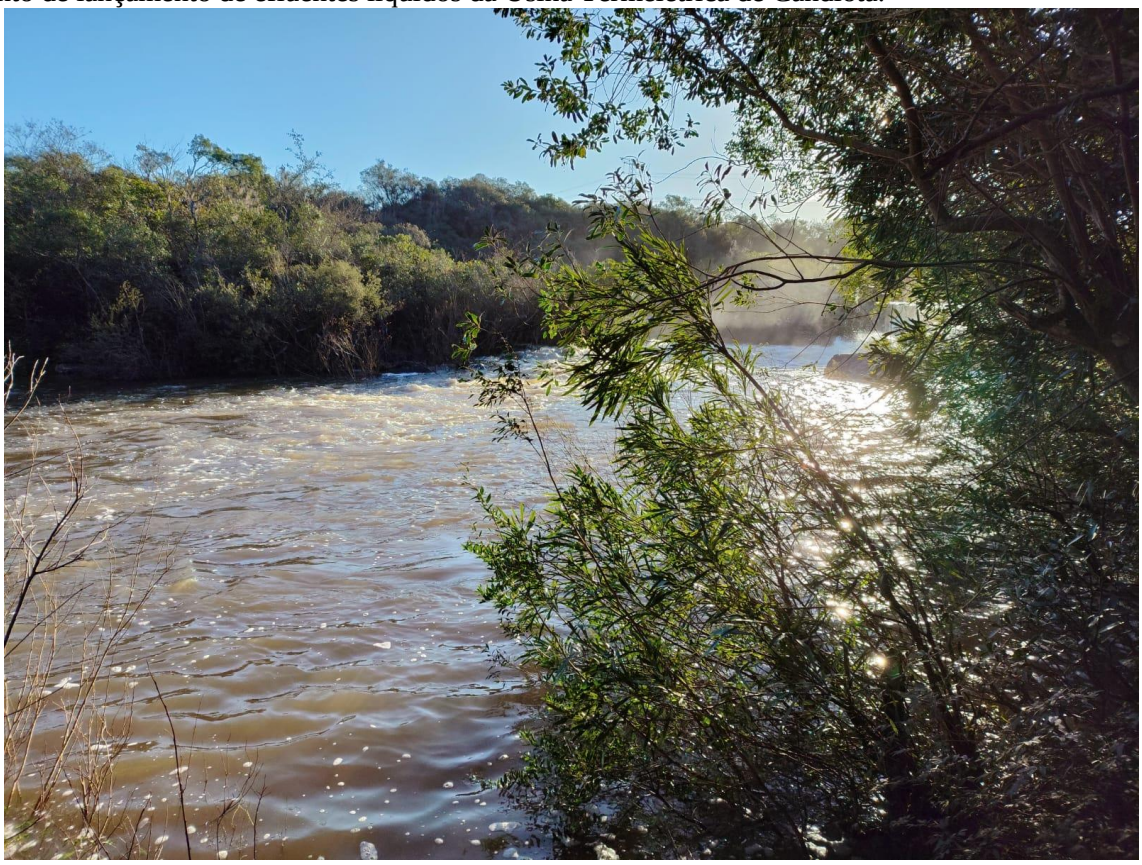
Ponto 3 (coordenadas UTM 22J 6500592 / 250676): está localizado no arroio Candiotinha e à montante da ponte de ligação entre Candiota e Pedras Altas (Figura 126).

Figura 126 - Imagem do Ponto 3 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiotinha próximo a ponte de ligação entre Candiota e Pedras Altas.



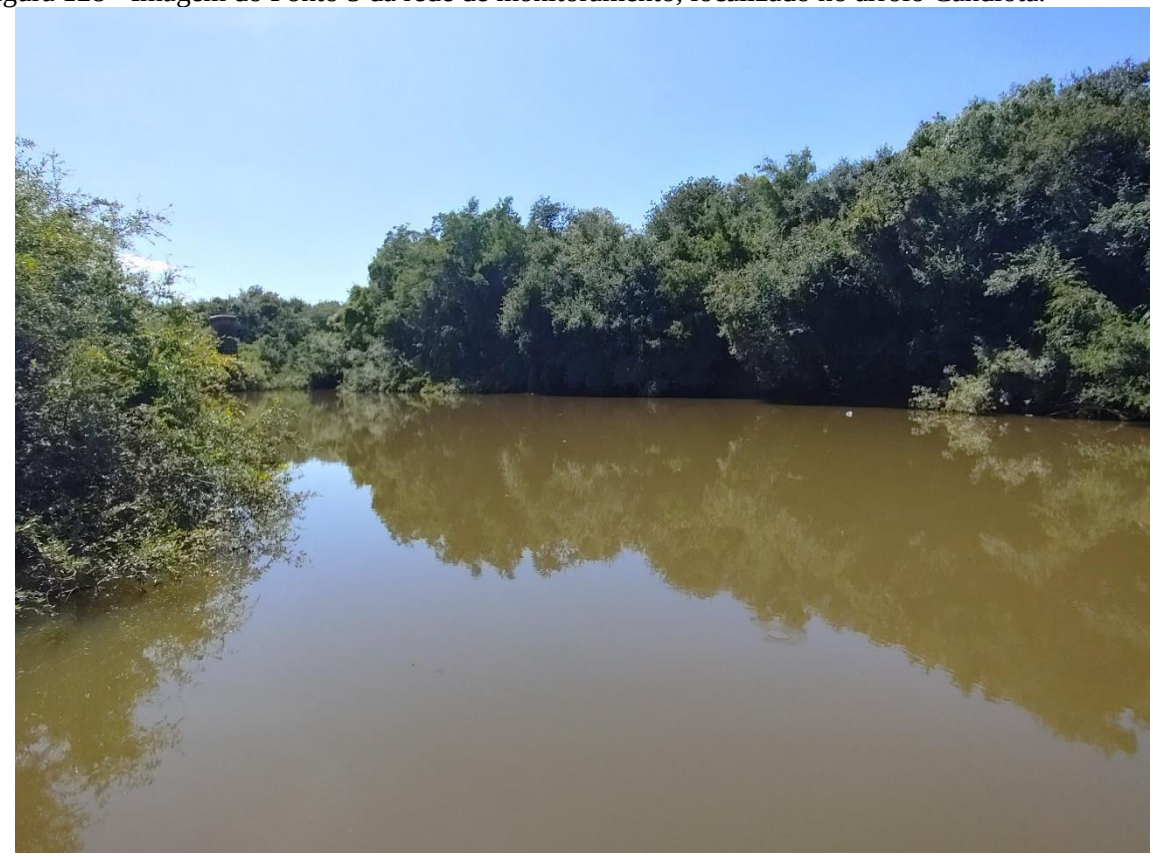
Ponto 4 (coordenadas UTM 22J 6503415 / 246365): localiza-se no arroio Candiota a montante da confluência com o arroio Candiotinha e próximo do ponto de lançamento do efluente líquido da Usina Termelétrica De Candiota (Figura 127).

Figura 127 - Imagem do Ponto 3 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiota, próximo do ponto de lançamento de efluentes líquidos da Usina Termelétrica de Candiota.



Ponto 5 (coordenadas UTM 22J 6495108 / 240637): está localizado no arroio Candiota em área acessada pelo interior da fazenda Três Lagoas, próximo à antiga estrutura da ponte férrea (Figura 128).

Figura 128 - Imagem do Ponto 5 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiota.



Ponto 6 (coordenadas UTM 22J 6501568 / 239615): está localizado no arroio Poacá a jusante e próximo da foz da Sanga da Carvoeira sendo acessado pela ponte localmente identificada como Passo do Tigre. Esse tributário recebe forte influência da área de mineração de carvão da CRM, pois a sanga da Carvoeira nasce no interior da área de extração mineral (Figura 129).

Figura 129 - Imagem do Ponto 6 da rede de monitoramento, localizado no arroio Poacá onde se nota a foz da Sanga da Carvoeira na margem esquerda (á direita da imagem) e a cunha de sedimentos carreada pela Sanga.



O ponto 7 (coordenadas UTM 22J 6474399 / 229614): está localizado no arroio Candiota e é o ponto mais à jusante da área de drenagem. Fica localizado à jusante da ponte conhecida localmente como Passo dos Carros, junto a Reserva Biológica Biopampa criada pela Lei Municipal n° 1476/2013, município de Candiota, RS (Figura 130).

Figura 130 - Imagem do Ponto 7 da rede de monitoramento, localizado no arroio Candiota.



O ponto 8 (coordenadas UTM 22J 6505819 / 244644): está localizado no arroio onde é lançado o efluente da UTE de Candiota (Figura 131 e Figura 132). Esse ponto passou a ser adotado na campanha de outono (abril/2017) e suas características físicas não permitem o emprego de uma bateria de redes de espera assim como aquela empregada no restante da rede de amostragem. Sendo assim, os resultados obtidos nesse ambiente não são comparáveis aos demais locais de amostragem quando ao IQ. Os animais capturados nesse ambiente foram analisados quanto a contaminação por metais. Devido ao desabamento de parte de estrutura de acesso ao ponto na primavera de 2023, o que incorre em risco ao acesso da equipe, as amostragens de peixes foram deslocadas para um local de acesso fácil situado a aproximadamente 1.500m a jusante (coordenadas UTM 22J 6504238 / 245311).

Figura 131 - Imagem do desabamento da estrutura de acesso ao ponto 8 na campanha de primavera de 2023, logo abaixo, na Figura 132, do lançamento do efluente da UTE de Candiota.



Figura 132 - Ponto 8, imagem do local alternativo ao ponto de acesso original adotado para a captura de peixes. Local situado a aproximadamente 1.500m a jusante do lançamento do efluente da UTE de Candiota (coordenadas UTM 22J 6504238 / 245311).



Coleta, Preservação e Manuseio das Amostras

A captura dos peixes foi realizada com baterias de rede de espera com malhas 1,5 - 2,5 e 3,5 mm entre nós. Cada rede possuía dez metros de comprimento sendo elas emendadas, formando uma bateria com 30 metros de comprimento.

As redes permaneceram estendidas na água no período mínimo que compreende o entardecer do primeiro dia e o alvorecer do dia seguinte, totalizando 12 a 18 horas de esforço.

Em função das características físicas existentes no ponto 8 de amostragem, a captura de peixes só foi realizada com uma rede de malha 1,5mm entre nós. O material foi estendido e à medida que os peixes foram capturados foi feita a despesca. Assim que o número adequado de animais foi capturado para a análise dos tecidos, a rede foi removida.

Os animais capturados com vida e de fácil identificação foram contados e liberados. Aqueles animais que demandavam maior análise para sua identificação em laboratório foram coletados e fixados em solução de formalina 10%.

Os peixes destinados a análise de metais foram preservados em caixa térmica e gelo até que fossem conduzidos ao laboratório para dissecação e preparação dos tecidos para envio ao laboratório de análises.

Índice de Qualidade (IQ)

As amostragens de peixes resultaram em conjuntos de dados de composição e abundância de espécies em cada local/período de coleta. Extraiu-se dos dados os valores da riqueza, abundância e foi calculado o Índice de Diversidade Shannon-Wienner. Esses parâmetros integram a equação proposta por BRUSCHI *et al.* (2000)[4] para o cálculo do índice de Qualidade (IQ). Este índice é composto pelo resultado do somatório de três parâmetros da comunidade de peixes analisada: abundância relativa, riqueza de espécies relativa e diversidade de Shannon-Winner relativa.

Para o IQ é utilizado o agrupamento do tipo somatório em que o valor resultante deve ser interpretado frente aos valores de referência para as classes de qualidade do IQ estabelecidos por BRUSCHI *et al.* (2000), Tabela 109.

Tabela 109 - Intervalos do Índice de Qualidade (IQ).

Intervalo de classe	Qualidade
<1,198	Muito baixa
1,198-1,653	Baixa
1,654-2,109	Média
>2,110	Alta

Os resultados de IQ obtidos no atual período de monitoramento foram comparados a série histórica de dados de monitoramento, iniciado no inverno de 2007.

Para analisar a evolução do IQ ao longo da série histórica de amostragem foi calculada a média harmônica do conjunto de dados em cada ponto de amostragem. Em função de lacunas temporais entre algumas amostragens a média harmônica foi calculada de forma progressiva para conjuntos de 4 amostras sazonais.

A matriz de resultados de IQ foi transformada em uma matriz de dados qualitativos conforme o enquadramento da categoria de IQ.

[4] BRUSCHI JUNIOR, W.; MALABARBA, L. R.; SILVA, J. F. P. da. Avaliação da qualidade ambiental dos riachos através das taxocenoses de peixes. [*s. l.*], 2000. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/199121. Acesso em: 19 jan. 2025.

Para analisar a dinâmica do IQ ao longo da série histórica a classe de IQ encontrada na primeira amostragem foi classificada como estado original.

Toda a série histórica possível, incluindo as lacunas existentes foi ajustada para que o cálculo da média harmônica fosse possível de ser realizado com no máximo quatro observações consecutivas (quatro estações sazonais). As alterações de melhora de categoria foram assinaladas por valores positivos e as pioras de qualidade indicadas por valores negativos. Mudanças de categoria entre uma categoria e outra adjacente foram indicadas pelo valor numérico 1. Quando houve salto entre uma categoria e outra não adjacente, essas foram indicadas numericamente pela distância entre elas.

Elementos Contaminantes

Para a análise da presença e concentração de elementos-traço em tecidos corporais dos peixes foram estabelecidos os papéis tróficos das espécies da região de estudo. Dessa forma foram analisados peixes de três níveis tróficos distintos, carnívoros, onívoros e raspadores bentônicos.

Foi priorizada a captura de espécies-alvo de cada grupo trófico para obtenção de músculo e análise da presença e concentração de elementos-traço. Entre os carnívoros foram selecionadas como espécies-alvo a traíra (*Hoplias malabaricus*) o peixe-cachorro (*Oligosarcus robustus* ou *O. jenynsii*), o jundiá (*Rhamdia quelen*) e a joana (*Chrenicichla punctata*), entre os onívoros foram selecionados os lambaris (*Astyanax* sp., *Psalidodon* sp., *Hyphessobrycon luetkenii*) e representando o grupo de peixes raspadores bentônicos os cascudos (*Loricariichthys anus*, *Hypostomus spiniger*, *Hemiancistrus punctulatus* ou *Rineloricaria cadae*).

O primeiro nível trófico é o de peixes raspadores bentônicos, os cascudos, que se alimentam junto ao substrato, consumindo os organismos associados ao fundo e o próprio sedimento. O segundo nível é o de organismos onívoros, os lambaris, que consomem tanto itens animais quanto vegetais. Esses peixes também utilizam em sua dieta tanto itens disponíveis em toda a coluna da água quanto àqueles carregados pelo vento, chuva ou lançados pela vegetação dentro do arroio como insetos, frutos e folhas. Por fim, o terceiro nível trófico inclui os carnívoros, as traíras e brancas, que consomem principalmente outros peixes em sua dieta.

Após a captura os peixes foram acondicionados em sacos plásticos etiquetados conforme o local e a data de sua captura. O material foi preservado em refrigeração no campo e em freezer no laboratório. No laboratório os animais foram dissecados para extração do

músculo. O material foi acondicionado em sacos plásticos tipo ziplock, etiquetados e conduzido ao laboratório CEIMIC para a análise das concentrações dos metais e elementos traço.

Para a análise do Arsênio (Ar), Cádmio (Ca), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Zinco (Zn) e do Mercúrio (Hg) foi empregado o método de Preparo: EPA 3050B/1996 e de Determinação: EPA 200.7/2001. Enquanto os resultados de concentrações do Arsênio (Ar), Cádmio (Ca), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganês (Mn), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) podem ser obtidos de uma mesma amostra, o processo de análise do Mercúrio (Hg) requer um processo analítico distinto necessitando de uma quantidade própria de tecido. Essa necessidade resultou em situações que a massa de músculo disponível não foi suficiente para as duas preparações. Nos casos em que essa situação ocorreu, optou-se pela preparação que permite a análise do maior espectro de elementos contaminantes.

A definição dos Limites Máximos Tolerados (LMT) para a concentração de contaminantes como o Arsênio (Ar), o Cádmio (Cd), o Chumbo (Pb) e Mercúrio (Hg) na carne de peixes para o consumo humano baseiam-se na Resolução ANVISA RDC 722/2022 (Tabela 110).

Os limites aceitáveis de concentração de Cobre (Cu), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) basearam-se no Decreto Federal 55.871/1965 (Tabela 110).

Por ausência de legislação nacional definindo limites aceitáveis de concentração para o Manganês (Mn) adotou-se o limite sugerido por BOWEN (1979) (Tabela 110).

Tabela 110 - Valores de referência (mg/Kg) para a concentração máxima admitida de metais e elementos-traço presentes nas espécies de peixes analisadas na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

Elemento	RDC ANVISA 722/2022	DECRETO 55.871/1965	Bowen, 1979
Arsênio (As)	**1,0**	1,0	0,2 – 10
Cadmio (Cd)	**0,05**	1,0	0,1 – 3
Chumbo (Pb)	**0,3**	2,0	0,001 - 15
Cobre (Cu)		**30,0**	0,7 – 15
Cromo (Cr)		**0,1**	0,03 – 2
Manganês (Mn)			**4,6**
Mercúrio (Hg)	**0,5**	0,5	0,4
Níquel (Ni)		**5,0**	0,1 – 4
Zinco (Zn)		**50,0**	9 - 80

Os resultados foram comparados ao histórico de dados de monitoramento de elementos-traço e metais em músculo de peixes do arroio Candiota que teve início no inverno de 2004. Entre 2004 e 2007 seis dos nove elementos atualmente monitorados faziam parte do escopo do

monitoramento. Nesse período não estavam incluídas análises da presença de Arsênio (As), Manganês (Mn) e Mercúrio (Hg). Além disso, a rede de pontos de amostragem era composta por apenas cinco pontos que não incluíam os pontos 2 e 5, acrescentados a partir do inverno de 2007. Dessa forma as análises de Arsênio (As), Manganês (Mn) e Mercúrio (Hg) passaram a ser realizadas na rede de monitoramento a partir do inverno de 2007 e dados para os pontos 2 e 5 também só passam a estar disponíveis a partir dessa campanha. Ainda, a partir do ciclo de monitoramento 2011/2012 as análises de metais em tecido muscular de peixes passaram a ser realizada sazonalmente quando anteriormente era realizada semestralmente.

2.7.3. Resultados e Discussão

Índice de Qualidade (IQ)

O último ciclo de monitoramento foi marcado pela transição do período de estiagem que assolou o estado do RS pelos últimos três anos para uma condição de El Niño iniciada na primavera de 2023 que resultou na impossibilidade de obtenção de amostras no ponto PT5 nesta campanha. As condições extremadas de clima, com chuvas torrenciais que causaram grande impacto em todo o território do Rio Grande do Sul a partir de maio e permaneceram com severidade até meados de julho interferiram fortemente na campanha de outono, demandando que a campanha fosse interrompida quando encontrava-se parcialmente realizada e fosse realizada uma segunda excursão para sua conclusão.

Os resultados do Índice de Qualidade no período de monitoramento 2023/2024 mostra uma condição de IQ Alto no ponto PT5 em três amostras obtidas nesse ciclo enquanto o ponto PT6 apresentou, como historicamente tem sido, um IQ Muito Baixo. (Tabela 111; Figura 133).

Tabela 111 - Apresentação dos valores de IQ da ictiofauna (BRUSCHI et al. 2000) no período 2023/2024 e cálculo de sua média harmônica para a classificação nos padrões de IQ.

Ponto	1	2	3	4	5	6	7
Primavera/2023	1,26	1,68	0,12	2,81	2,07	0,12	2,30
Verão/2024	1,69	1,44	1,37	0,90	3,00	0,08	2,21
Outono/2024	3,00	1,99	0,69	0,22	1,79	0,00	1,37
Inverno/2024	0,93	1,89	0,38	0,56	3,00	0,00	1,22
Média Harmônica	**1,43**	**1,72**	**0,30**	**0,51**	**2,34**	**0,00**	**1,64**
IQ	**Baixa**	**Média**	**Muito Baixa**	**Muito Baixa**	**Alta**	**Muito baixa**	**Baixa**

A Média Harmônica do IQ para a rede de monitoramento no período demonstra que três dos sete pontos de monitoramento desse indicador apresentaram IQ Muito Baixo (PT3, PT4 e PT6) enquanto apenas o ponto PT5 apresentou IQ Alto. (Tabela 111; Figura 134).

Figura 133 - Apresentação dos valores obtidos de condições de qualidade no período 2023/2024, indicadas pelo IQ aplicado para o resultado da amostragem de peixes, no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

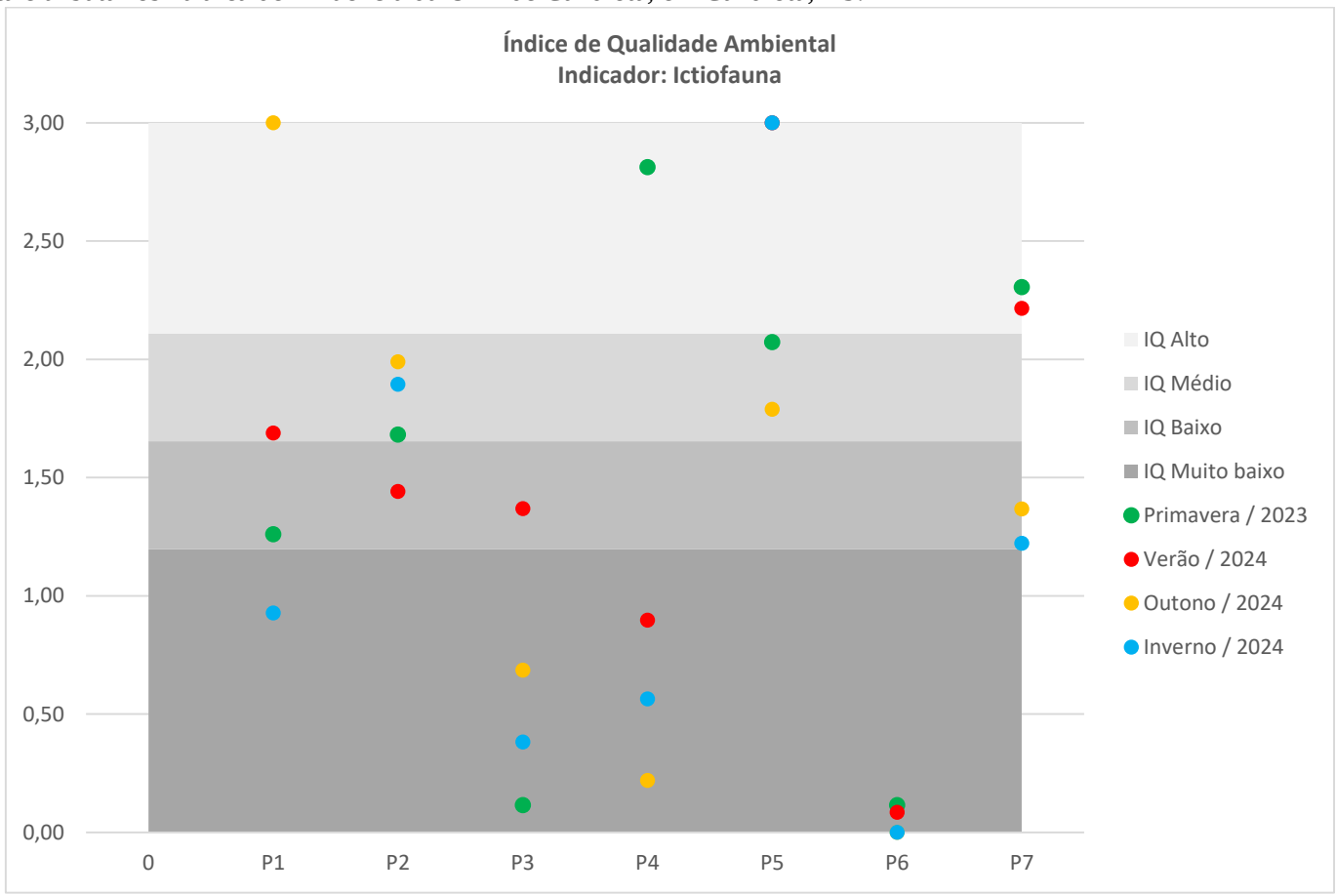
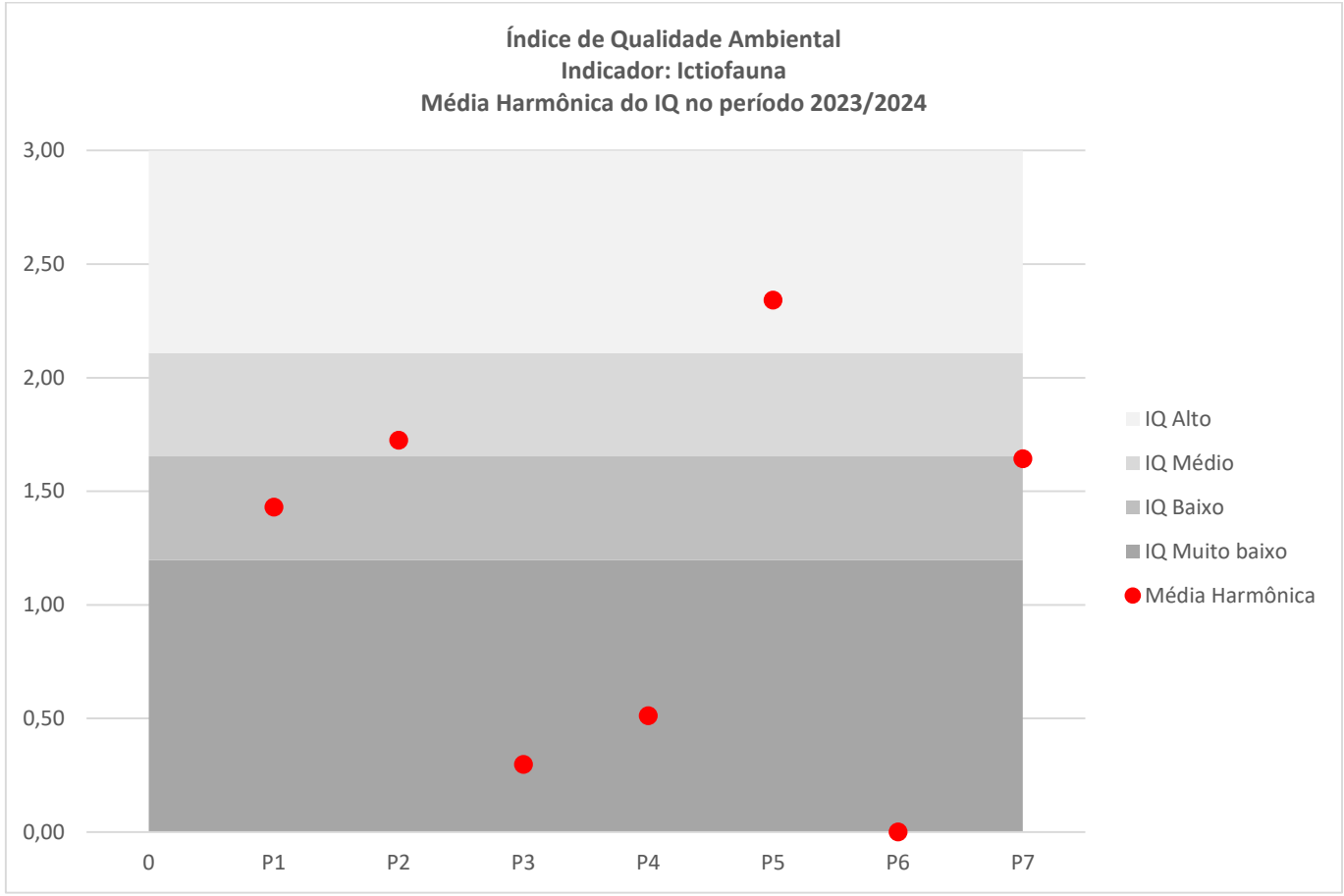


Figura 134 - Apresentação dos valores de média harmônica obtidos no período 2023/2024, indicadas pelo IQ aplicado para o resultado da amostragem de peixes, no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS.



A série histórica dos dados de IQ é apresentada na Tabela 112.

Na Figura 134 a Figura 140, apresentam os gráficos de dispersão dos resultados de IQ em cada ponto da rede de amostragem.

Tabela 112 - Valores de IQ da ictiofauna (BRUSCHI et al. 2000) da série histórica de monitoramento da área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

Estação Sazonal	Ano	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
OUTONO	**2007**	2,92	0,90		2,25	2,75	0,00	1,07
INVERNO	**2007**		2,86			2,81	0,00	
PRIMAVERA	**2007**	2,21	1,94		3,00	2,71	0,00	1,63
VERÃO	**2008**		3,00	1,15		2,63	0,00	1,10
OUTONO	**2008**							
INVERNO	**2008**	2,83	2,26			3,00	0,00	
PRIMAVERA	**2008**	2,62		1,29		2,23	0,00	2,43
VERÃO	**2009**	2,95	1,83		2,83	1,89	0,00	1,46
OUTONO	**2009**							
INVERNO	**2009**							
PRIMAVERA	**2009**	1,63	2,60	1,87	1,46	2,35	0,00	2,21
VERÃO	**2010**	2,63	1,94	2,93	1,67	2,25	0,19	1,38
OUTONO	**2010**		1,21	2,50	2,71		0,00	1,58
INVERNO	**2010**							
PRIMAVERA	**2010**							
VERÃO	**2011**							
OUTONO	**2011**							
INVERNO	**2011**	2,40	2,59	0,90	1,83	2,95	0,00	2,44
PRIMAVERA	**2011**	2,30	2,34	0,09	1,65	2,08	0,00	2,04
VERÃO	**2012**	1,83		1,72		2,73	0,00	2,83
OUTONO	**2012**	2,49			1,98	2,39	0,00	2,97
INVERNO	**2012**	2,55	0,80	0,80	0,36	2,98	0,00	1,66
PRIMAVERA	**2012**	3,00	2,00	1,09	1,49	2,42	0,00	1,99
VERÃO	**2013**	2,62	1,35	2,59	1,74	2,69	0,12	2,11
OUTONO	**2013**	2,91		1,75	0,80	2,29	0,10	2,16
INVERNO	**2013**	0,70	2,03	0,18	0,68	2,97	0,00	0,70
PRIMAVERA	**2013**	2,23	1,49	1,86	2,03	2,50	0,00	1,58
VERÃO	**2014**	2,15	2,44	1,11	0,82	2,86	0,00	
OUTONO	**2014**	1,75	2,54	1,75	1,12		0,00	2,01
INVERNO	**2014**	1,83	2,03		2,03		0,00	3,00
PRIMAVERA	**2014**	0,64	2,67	2,28	1,17		1,11	
VERÃO	**2015**	2,55		1,57	1,61	2,82	0,00	2,40
OUTONO	**2015**	2,12	2,84	2,61	2,15	2,93	0,00	2,94
INVERNO	**2015**							
PRIMAVERA	**2015**							
VERÃO	**2016**							
OUTONO	**2016**							
INVERNO	**2016**							

Estação Sazonal	Ano	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
PRIMAVERA	**2016**	1,32	2,67	0,91	2,90	1,71	0,11	1,83
VERÃO	**2017**	2,62	1,20		1,53	2,91	0,10	
OUTONO	**2017**	1,45	2,09		1,88	2,94	0,48	1,38
INVERNO	**2017**	2,31	2,56	0,19	2,02	2,61	0,81	1,24
PRIMAVERA	**2017**	2,51	1,30	1,91	2,10	2,99	0,00	2,15
VERÃO	**2018**	1,60	1,36	0,84	1,12	1,90	0,00	1,89
OUTONO	**2018**	2,71	1,44	1,49	1,98	2,34	0,00	1,30
INVERNO	**2018**	1,94	3,00	0,00	1,55	0,00	0,00	0,00
PRIMAVERA	**2018**	1,78	1,71	2,09	1,38	2,71	0,54	2,15
VERÃO	**2019**	1,64	2,62	2,48	2,66	2,54	0,91	0,59
OUTONO	**2019**	1,37	1,69	0,15	2,98	2,87		0,66
INVERNO	**2019**	0,84	1,95	0,72	1,57	2,69		1,99
PRIMAVERA	**2019**	1,73	1,35	1,69	1,83	2,91	0,00	2,09
VERÃO	**2020**	2,20	1,55	2,38	0,90	2,71	0,00	2,68
OUTONO	**2020**	1,71	1,68	1,51	2,20	3,00	0,12	1,56
INVERNO	**2020**	0,52	1,09	1,11	0,81	3,00	0,00	0,75
PRIMAVERA	**2020**	1,80	1,92	1,22	2,18	3,00	0,00	1,18
VERÃO	**2021**	0,88	1,68	0,12	0,55	2,55	0,00	2,49
OUTONO	**2021**	1,46	1,27	0,13	1,76	2,90	0,00	1,17
INVERNO	**2021**	1,11	1,67	0,15		1,51	0,00	3,00
PRIMAVERA	**2021**	2,41	2,33	1,49	2,65	3,00	0,81	2,24
VERÃO	**2022**	2,00	1,30	2,00	1,12	2,66	0,10	2,95
OUTONO	**2022**	2,84	2,29	0,85	2,07	1,35	0,22	2,38
INVERNO	**2022**	3,00		1,64		1,72		
PRIMAVERA	**2022**	2,44	1,05	0,50	1,59	2,54	0,11	1,23
VERÃO	**2023**	2,38	2,11	1,54	2,30	2,88	0,13	0,54
OUTONO	**2023**	1,10	0,55	1,87	2,66	2,58	0,00	1,57
INVERNO	**2023**	1,41	0,23	0,48	1,83	-	0,00	3,00
PRIMAVERA	**2023**	1,26	1,68	0,12	2,81	2,07	0,12	2,30
VERÃO	**2024**	1,69	1,44	1,37	0,90	3,00	0,08	2,21
OUTONO	**2024**	3,00	1,99	0,69	0,22	1,79	0,00	1,37
INVERNO	**2024**	0,93	1,89	0,38	0,56	3,00	0,00	1,22

Figura 135 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT1 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

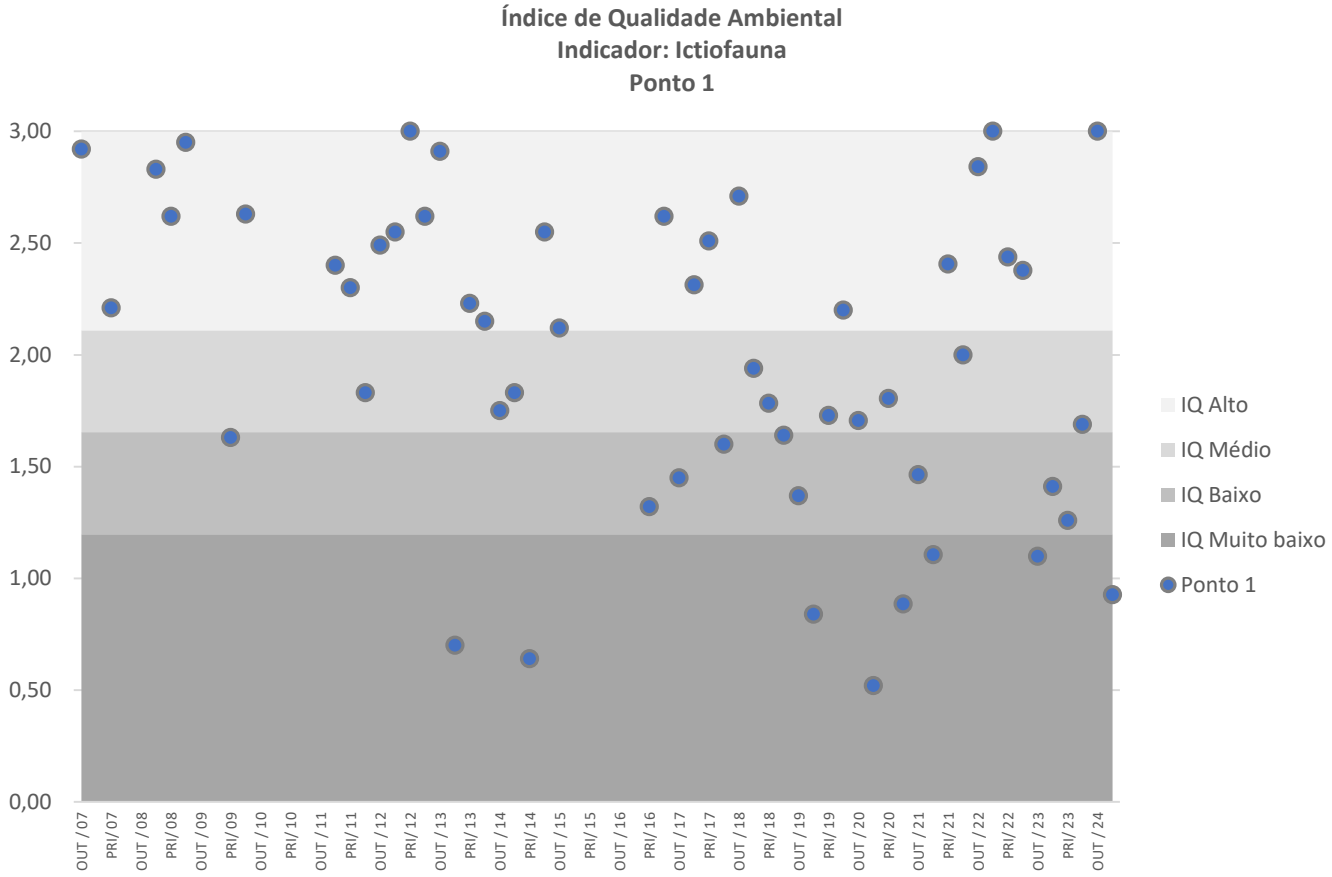


Figura 136 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT2 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

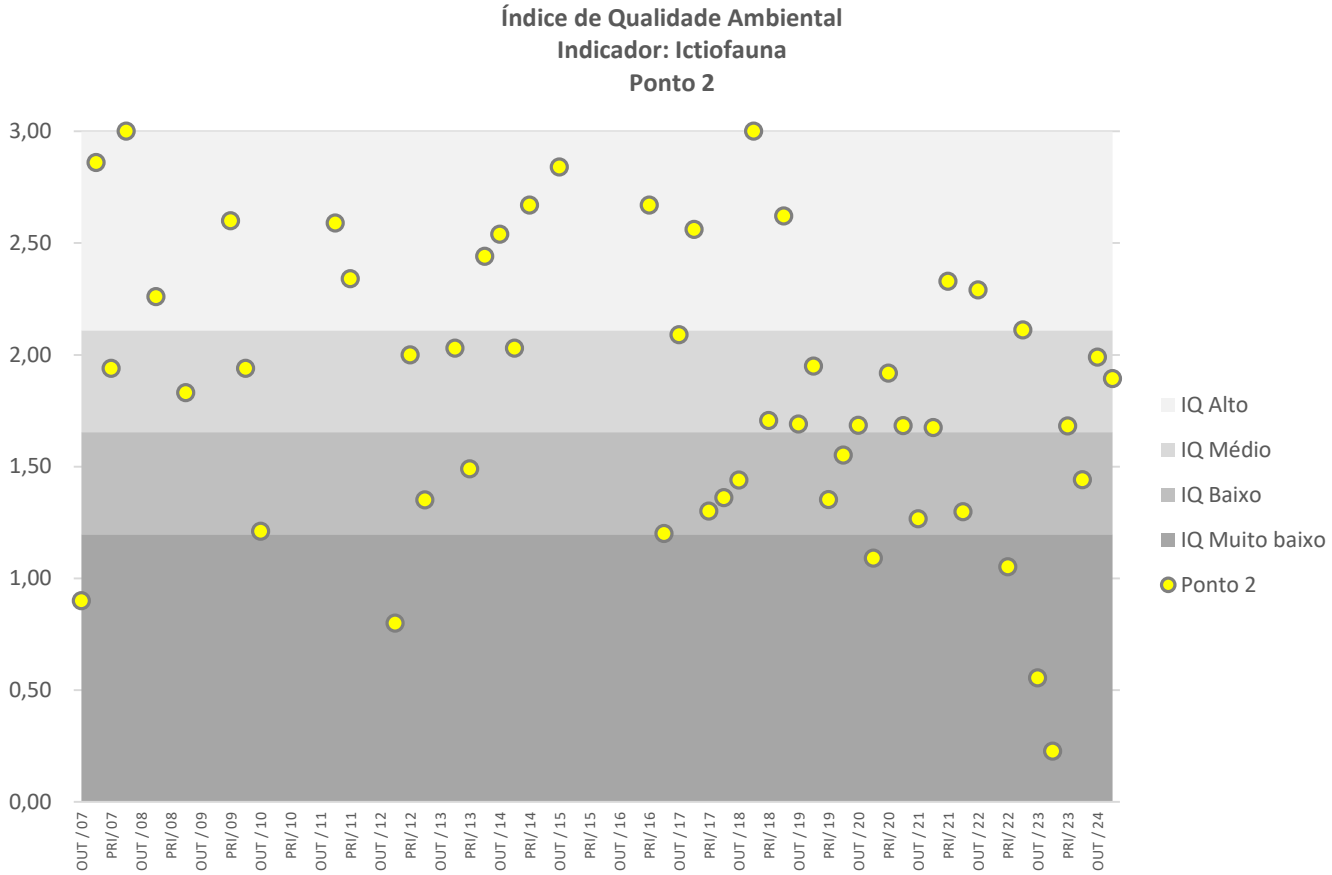


Figura 137 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT3 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

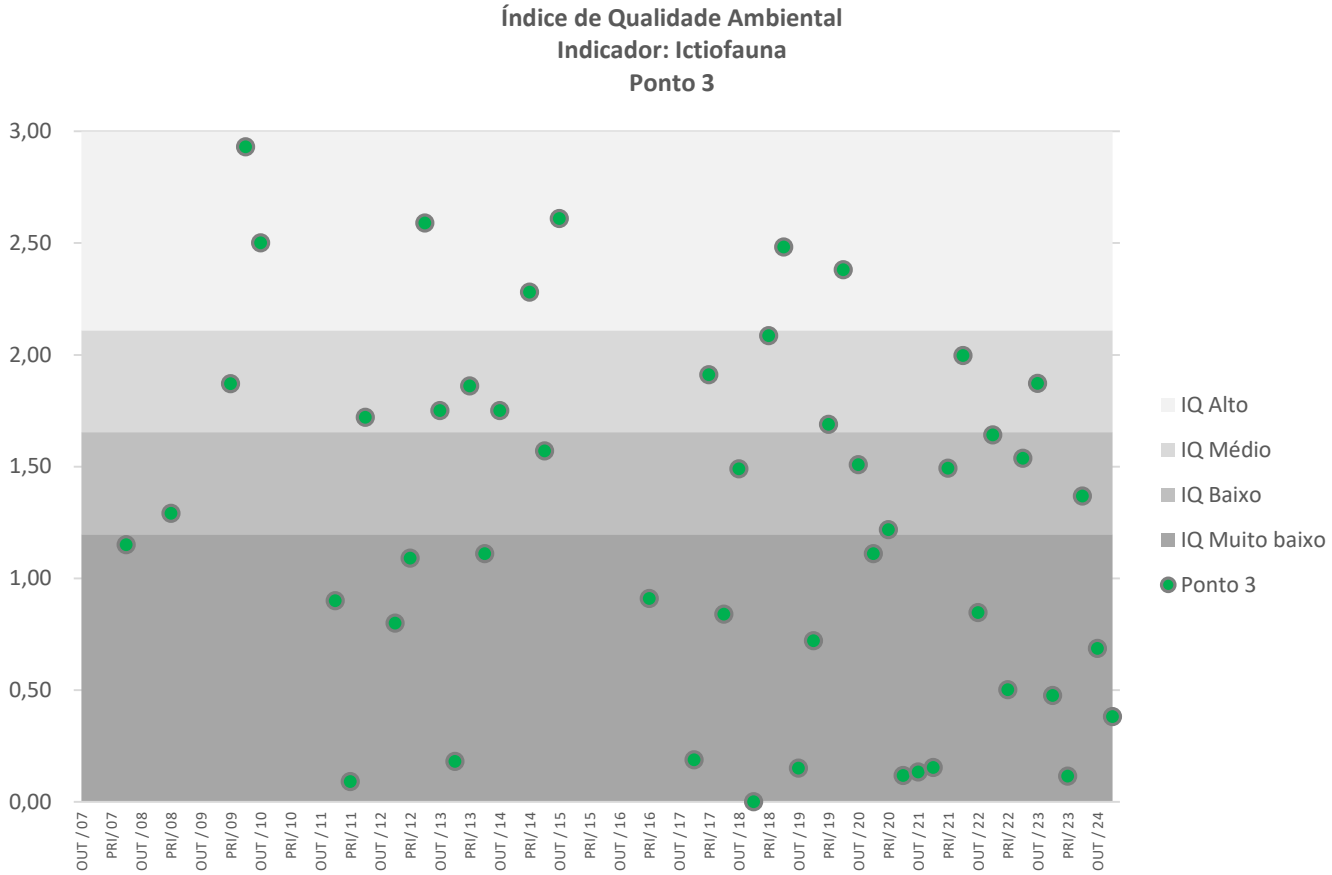


Figura 138 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT4 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

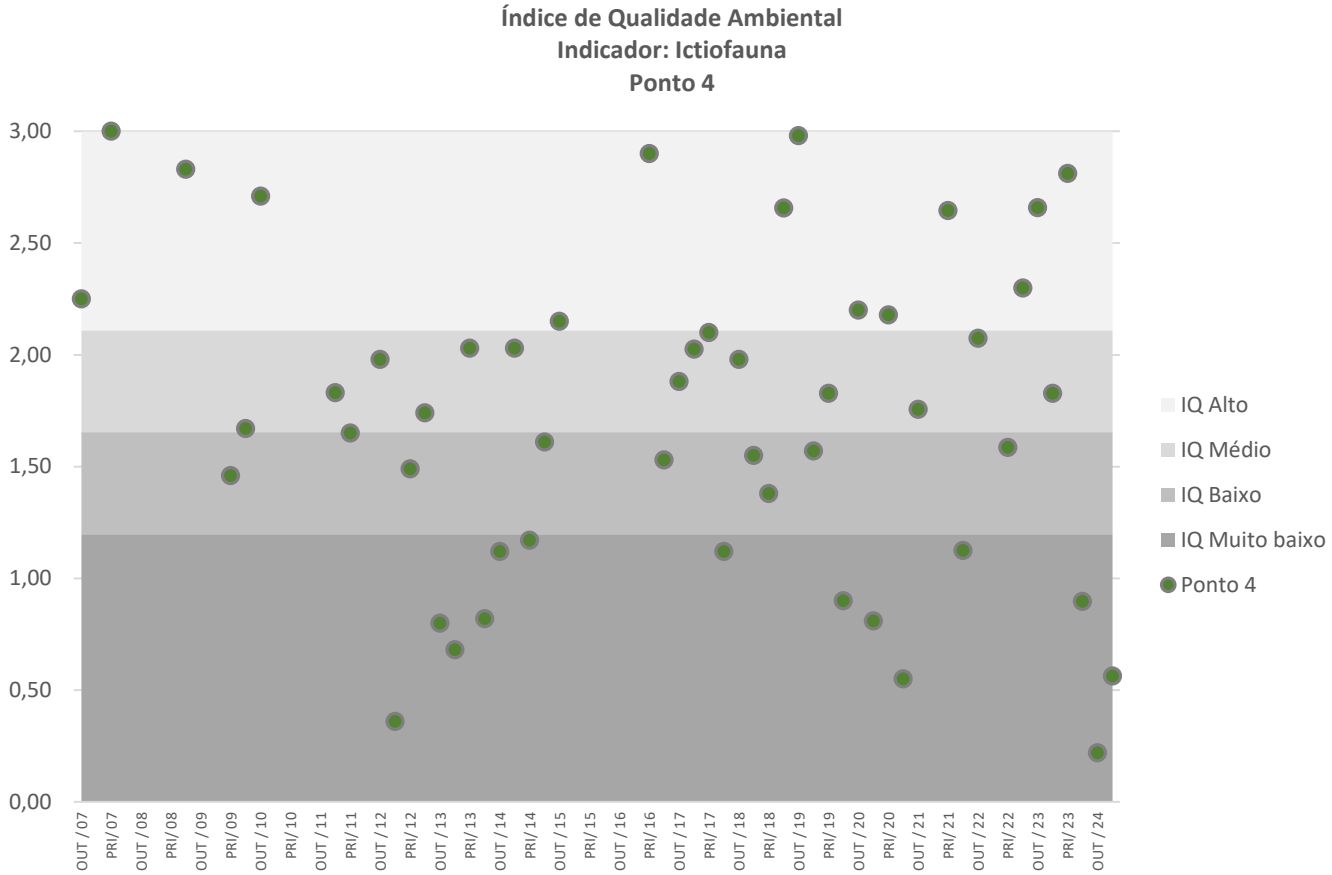


Figura 139 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT5 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

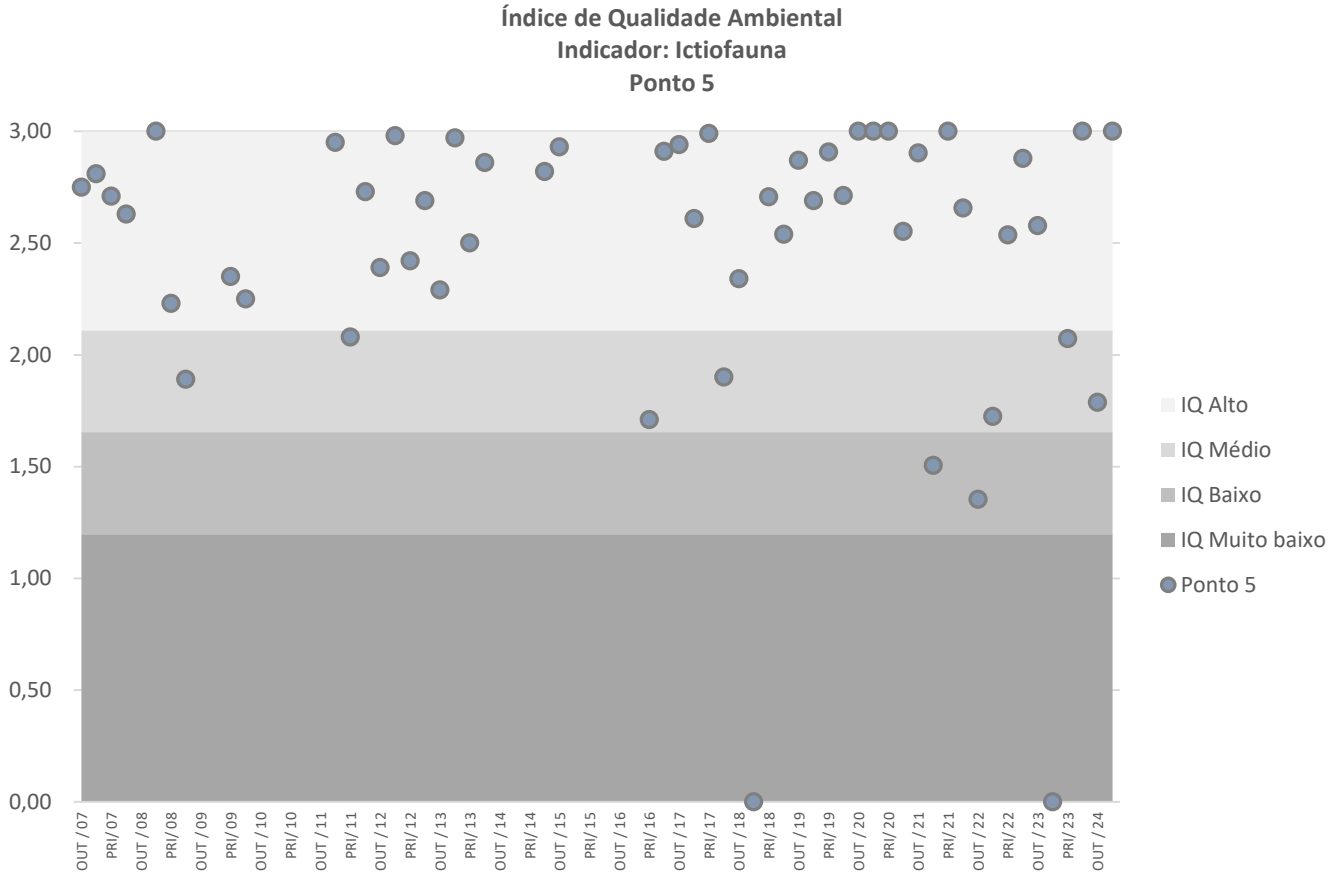


Figura 140 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT6 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

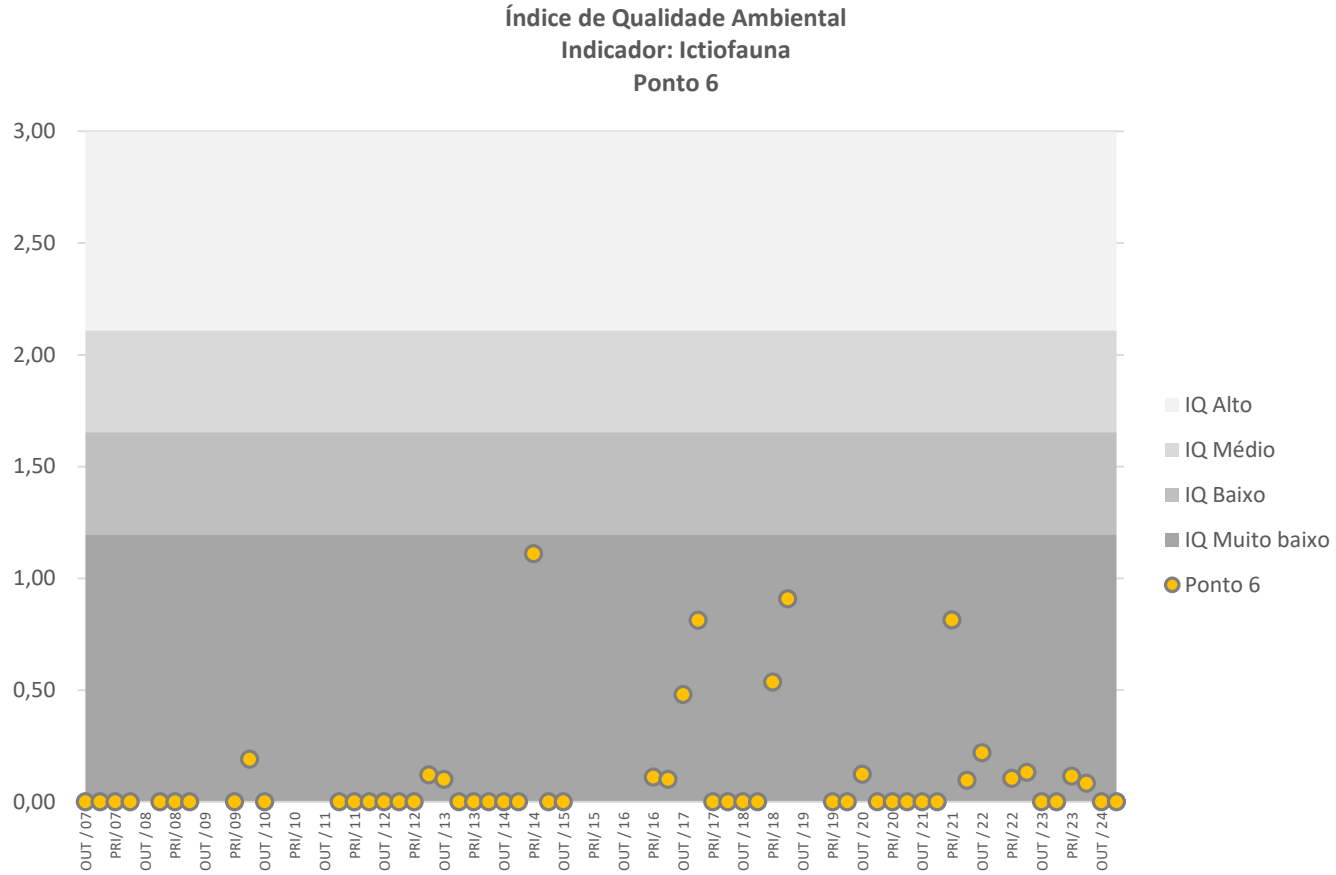
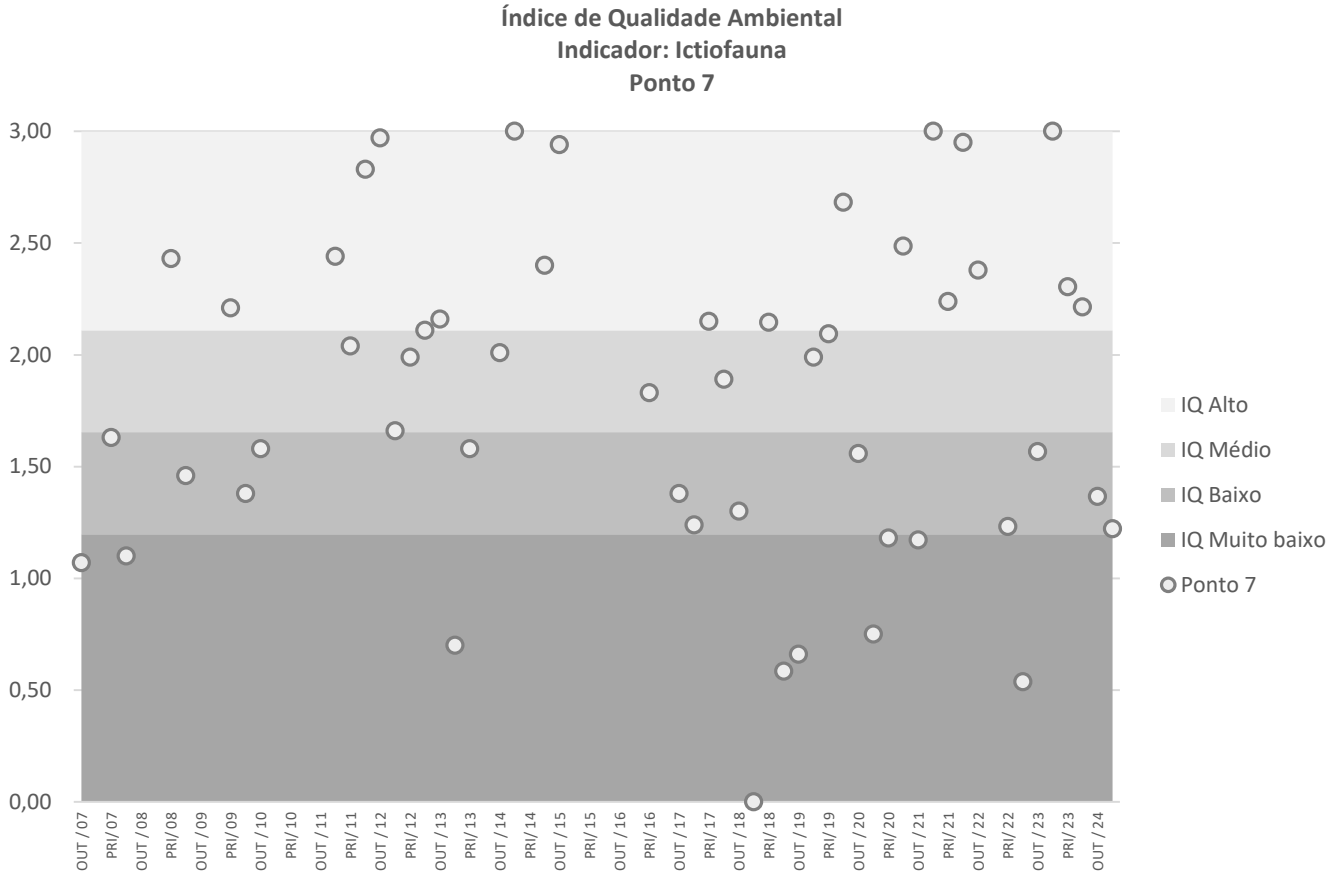


Figura 141 - Resultados da série histórica de dados do ponto PT7 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS.



Os resultados do Índice de Qualidade Ambiental (IQ) baseados na ictiofauna demonstram que o Ponto 6 é o ambiente mais estável da rede de amostragem já que não houve variações no seu enquadramento desde o início do monitoramento, em 2007. No entanto, esse é o local de pior Qualidade Ambiental da rede de monitoramento (Tabela 113; Figura 140). Até o ano de 2015 não havia capturas de peixes nesse local que é influenciado diretamente pela mineração do carvão.

O Ponto 5 é o ambiente de melhor qualidade ambiental da rede de amostragem. Foram feitos 53 registros de IQ na série histórica sendo 81,13% com IQ Alto (Tabela 113;Figura 139).

Para o Ponto 1 foram feitos 55 registros de IQ (Tabela 113; Figura 135). O enquadramento da categoria de qualidade desse local foi de IQ Alto em 50,91% dos registros (Tabela 113). Em 10 registros (18,18%) foi enquadrado como IQ Médio; em 9 registros (16,36%) foi enquadrado como IQ Baixo e em 8 registros (14,55%) o enquadramento foi de IQ Muito Baixo (Tabela 113). Os dados evidenciam um período inicial do monitoramento onde a qualidade local foi mais elevada (outo/2007 – outono/2013) e uma alteração desse padrão a partir do inverno/2013 até o outono/2017. A partir do inverno/2019 o local passa a apresentar valores de IQ Muito Baixa (Tabela 113; Figura 135).

O ponto 2 apresentava-se bastante variável desde o início do monitoramento. Foram realizados 52 registros dos quais 17 foram enquadrados como IQ Alto (32,69%) e 17 enquadramentos como IQ Médio (32,69%). No último ciclo de monitoramento três dos quatro registros foram enquadrados como IQ Médio, representando uma melhora em relação ao ciclo anterior de monitoramento onde prevaleceu o IQ Muito Baixo neste ponto (Tabela 113; Figura 136).

No ponto 3, localizado no arroio Candiotinha, foram feitos 50 registros de IQ dos quais 24 (48,00%) enquadraram o local como IQ Muito Baixo. Apenas em sete ocasiões o local foi enquadrado como IQ Alto (14,00%) (Tabela 113; Figura 137).

O ponto 4 apresenta a maior alternância de enquadramentos da série temporal de monitoramento na rede de amostragem. Foram feitos 51 registros sendo que, no último ciclo de monitoramento, em três ocasiões (verão, outono e inverno de 2024) o Ponto 4 foi enquadrado com IQ Muito Baixo, representando uma piora em relação ao ciclo anterior de monitoramento onde prevaleceu o IQ Alto (Tabela 113; Figura 138).

O Ponto 7 apresenta flutuações no enquadramento do IQ assim como se observa nos pontos PT1, PT2, PT3 e PT4. No último ciclo de monitoramento as duas primeiras campanhas indicavam um IQ Alto, mas nas últimas duas campanhas o IQ passou para Muito Baixo (Tabela 113; Figura 141).

Tabela 113 - Enquadramento do IQ da ictiofauna (BRUSCHI et al. 2000) da série histórica de monitoramento e os valores absolutos e relativos (%) observados para das classes de IQ da área de influência da UTE de Candiota, Candiota, RS.

Estação Sazonal	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
OUT / 07	ALTO	MUITO BAIXA		ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
INV / 07		ALTO			ALTO	MUITO BAIXA	
PRI / 07	ALTO	MÉDIA		ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
VER / 08		ALTO	MUITO BAIXA		ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
OUT / 08							
INV / 08	ALTO	ALTO			ALTO	MUITO BAIXA	
PRI / 08	ALTO		BAIXA		ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
VER / 09	ALTO	MÉDIA		ALTO	MÉDIA	MUITO BAIXA	BAIXA
OUT / 09							
INV / 09							
PRI / 09	BAIXA	ALTO	MÉDIA	BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
VER / 10	ALTO	MÉDIA	ALTO	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
OUT / 10		BAIXA	ALTO	ALTO		MUITO BAIXA	BAIXA
INV / 10							
PRI / 10							
VER / 11							
OUT / 11							
INV / 11	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
PRI / 11	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA
VER / 12	MÉDIA		MÉDIA		ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
OUT / 12	ALTO			MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
INV / 12	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	MÉDIA
PRI / 12	ALTO	MÉDIA	MUITO BAIXA	BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	MÉDIA
VER / 13	ALTO	BAIXA	ALTO	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	MÉDIA
OUT / 13	ALTO		MÉDIA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
INV / 13	MUITO BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
PRI / 13	ALTO	BAIXA	MÉDIA	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
VER / 14	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	

Estação Sazonal	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
OUT / 14	MÉDIA	ALTO	MÉDIA	MUITO BAIXA		MUITO BAIXA	MÉDIA
INV / 14	MÉDIA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA		MUITO BAIXA	ALTO
PRI / 14	MUITO BAIXA	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA		MUITO BAIXA	
VER / 15	ALTO		BAIXA	BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
OUT / 15	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
INV / 15							
PRI / 15							
VER / 16							
OUT / 16							
INV / 16							
PRI / 16	BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA
VER / 17	ALTO	BAIXA		BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	
OUT / 17	BAIXA	MÉDIA		MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
INV / 17	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
PRI / 17	ALTO	BAIXA	MÉDIA	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
VER / 18	BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA
OUT / 18	ALTO	BAIXA	BAIXA	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
INV / 18	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
PRI / 18	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
VER / 19	BAIXA	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
OUT / 19	BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	ALTO	ALTO		MUITO BAIXA
INV / 19	MUITO BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	BAIXA	ALTO		MÉDIA
PRI / 19	MÉDIA	BAIXA	MÉDIA	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	MÉDIA
VER / 20	ALTO	BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
OUT / 20	MÉDIA	MÉDIA	BAIXA	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
INV / 20	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
PRI / 20	MÉDIA	MÉDIA	BAIXA	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
VER / 21	MUITO BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
OUT / 21	BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
INV / 21	MUITO BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA		BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO

Estação Sazonal	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
PRI / 21	ALTO	ALTO	BAIXA	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
VER / 22	MÉDIA	BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
OUT / 22	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MÉDIA	BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO
INV / 22	ALTO		BAIXA		MÉDIA		
PRI / 22	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
VER / 23	ALTO	ALTO	BAIXA	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
OUT / 23	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTO	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
INV / 23	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MÉDIA		MUITO BAIXA	ALTO
PRI / 23	BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	ALTO	MÉDIA	MUITO BAIXA	ALTO
VER / 24	MÉDIA	BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	ALTO
OUT / 24	ALTO	MÉDIA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	BAIXA
INV / 24	MUITO BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTO	MUITO BAIXA	BAIXA
N registros	**55**	**52**	**50**	**51**	**53**	**55**	**52**
IQ Alto	**28**	**17**	**7**	**14**	**43**	**0**	**20**
IQ Médio	**10**	**17**	**10**	**14**	**7**	**0**	**9**
IQ Baixo	**9**	**12**	**9**	**9**	**2**	**0**	**13**
IQ Muito Baixo	**8**	**6**	**24**	**14**	**1**	**55**	**10**
IQ Alto	**50,91%**	**32,69%**	**14,00%**	**27,45%**	**81,13%**	**0,00%**	**38,46%**
IQ Médio	**18,18%**	**32,69%**	**20,00%**	**27,45%**	**13,21%**	**0,00%**	**17,31%**
IQ Baixo	**16,36%**	**23,08%**	**18,00%**	**17,65%**	**3,77%**	**0,00%**	**25,00%**
IQ Muito Baixo	**14,55%**	**11,54%**	**48,00%**	**27,45%**	**1,89%**	**100,00%**	**19,23%**

Elementos Contaminantes

No período 2023-2024 foram obtidas 53 amostras de tecido muscular de peixes das quais 17 amostras de peixes carnívoros (32%), 23 amostras de peixes onívoros (43%) e 13 amostras de peixes raspadores bentônicos (25%). O maior número de amostras foi obtido nos Ponto PT5 (11 amostras) (

Tabela 114).

Tabela 114 - Número amostras de músculo de peixes obtidas no período de amostragem de novembro/2023 a setembro/2024, de acordo com o local de captura e o nível trófico das espécies doadoras para a análise de concentração de metais e elementos traço na área de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

Ponto de amostragem	Nível trófico	N amostras	% amostras	Total ponto	% ponto
P1	carnívoro	4	7,55%	9	16,98%
	onívoro	3	5,66%		
	raspador bentônico	2	3,77%		
P2	carnívoro	3	5,66%	9	16,98%
	onívoro	3	5,66%		
	raspador bentônico	3	5,66%		
P3	carnívoro	1	1,89%	5	9,43%
	onívoro	3	5,66%		
	raspador bentônico	1	1,89%		
P4	carnívoro	2	3,77%	6	11,32%
	onívoro	2	3,77%		
	raspador bentônico	2	3,77%		
P5	carnívoro	4	7,55%	11	20,75%
	onívoro	4	7,55%		
	raspador bentônico	3	5,66%		
P6	carnívoro	0	0,00%	2	3,77%
	onívoro	1	1,89%		
	raspador bentônico	1	1,89%		
P7	carnívoro	3	5,66%	9	16,98%
	onívoro	5	9,43%		
	raspador bentônico	1	1,89%		
P8	carnívoro	0	0,00%	2	3,77%
	onívoro	2	3,77%		
	raspador bentônico	0	0,00%		
Total de amostras		**53**	**100,00%**	**53**	**100,00%**

Até o momento foram obtidas amostras de tecidos (músculo) de 764 exemplares de peixes no monitoramento da área de influência da UTE de Candiota. Considerando os nove elementos analisados esse conjunto de amostra possibilitou a realização de 6.876 análises, porém, algumas análises não puderam ser realizadas porque o volume de tecido foi insuficiente (405). Dentre as análises realizadas 2.792 resultaram em concentrações detectáveis dos elementos estudados. Os resultados demonstram que todos os elementos pesquisados já apresentaram níveis detectáveis de sua presença nos peixes (Tabela 115).

Com exceção do Níquel (Ni), todas as outras substâncias apresentaram concentrações acima do Limite Máximo Tolerado (LMT) adotado nesse trabalho em algum momento da série histórica (Tabela 110).

A seguir os resultados são apresentados e discutidos para cada elemento.

Arsênio (As)

O Arsênio passou a ser incluído no rol de elementos analisados no inverno de 2007. Desde então o elemento tem sido detectado em todos os níveis tróficos sendo que as concentrações mais importantes têm sido observadas nos peixes raspadores bentônicos (Figura 142 a Figura 144).

Dentre as amostras analisadas 51 apresentaram concentrações iguais ou acima do que estabelece a RDC ANVISA 722/2022. Os peixes raspadores bentônicos apresentaram a maior incidência de amostras com concentrações acima do limite (41) (Tabela 115). Também nesse grupo trófico foram registradas as maiores concentrações de Arsênio (Figura 143).

Amostras de peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados (Tabela 115 e Figura 142 a Figura 144).

Tabela 115 - Número de amostras de peixes contaminados com Arsênio (As) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

Local monitorado	Carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	0	0	1	**1**
Ponto 2	1	1	6	**8**
Ponto 3	2	0	7	**9**
Ponto 4	1	1	13	**15**
Ponto 5	0	1	2	**3**
Ponto 6	2	0	0	**2**
Ponto 7	0	0	12	**12**
Ponto 8	0	1	0	**1**
Total	**6**	**4**	**41**	**51**

Figura 142 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

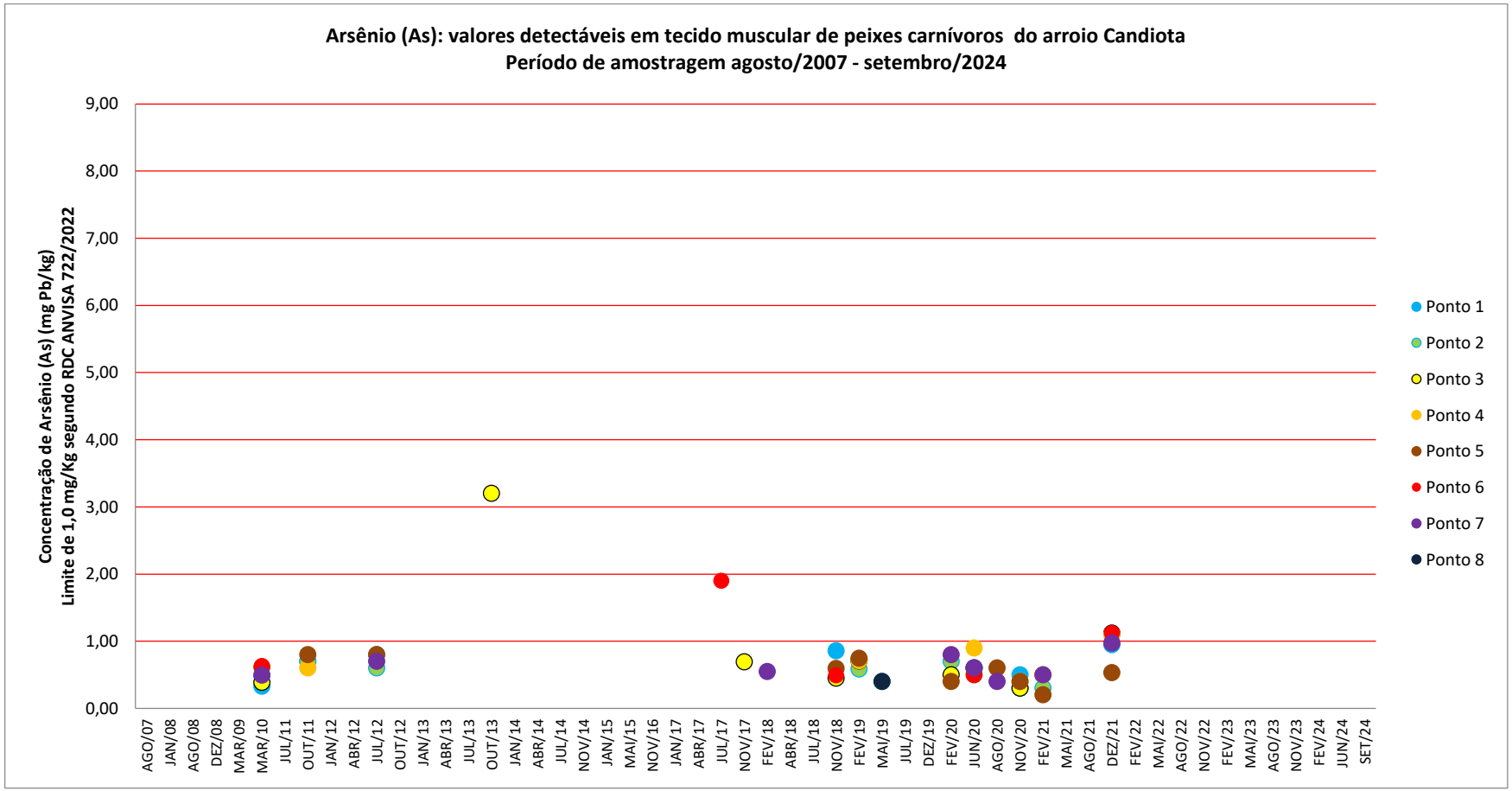


Figura 143 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

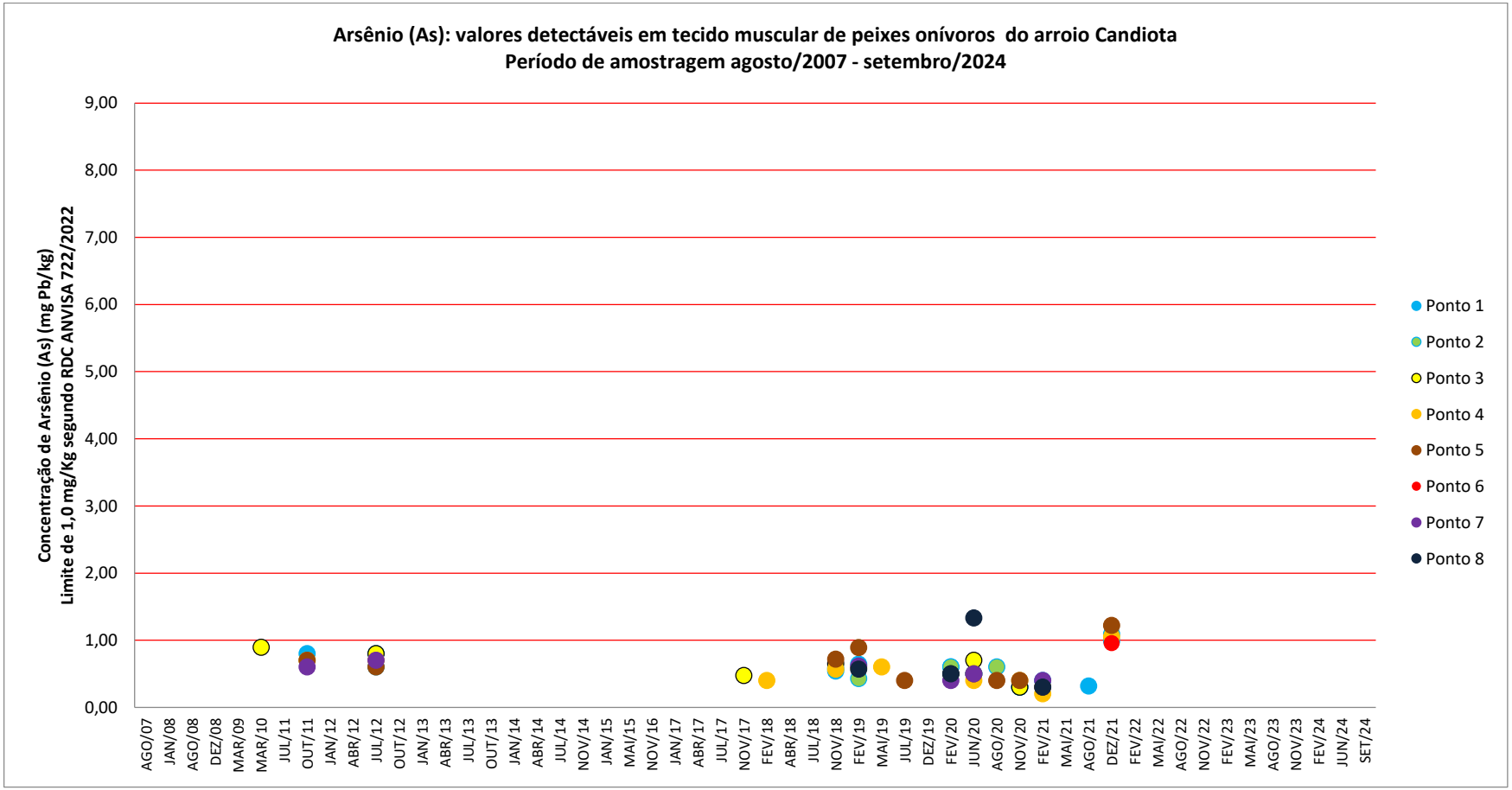
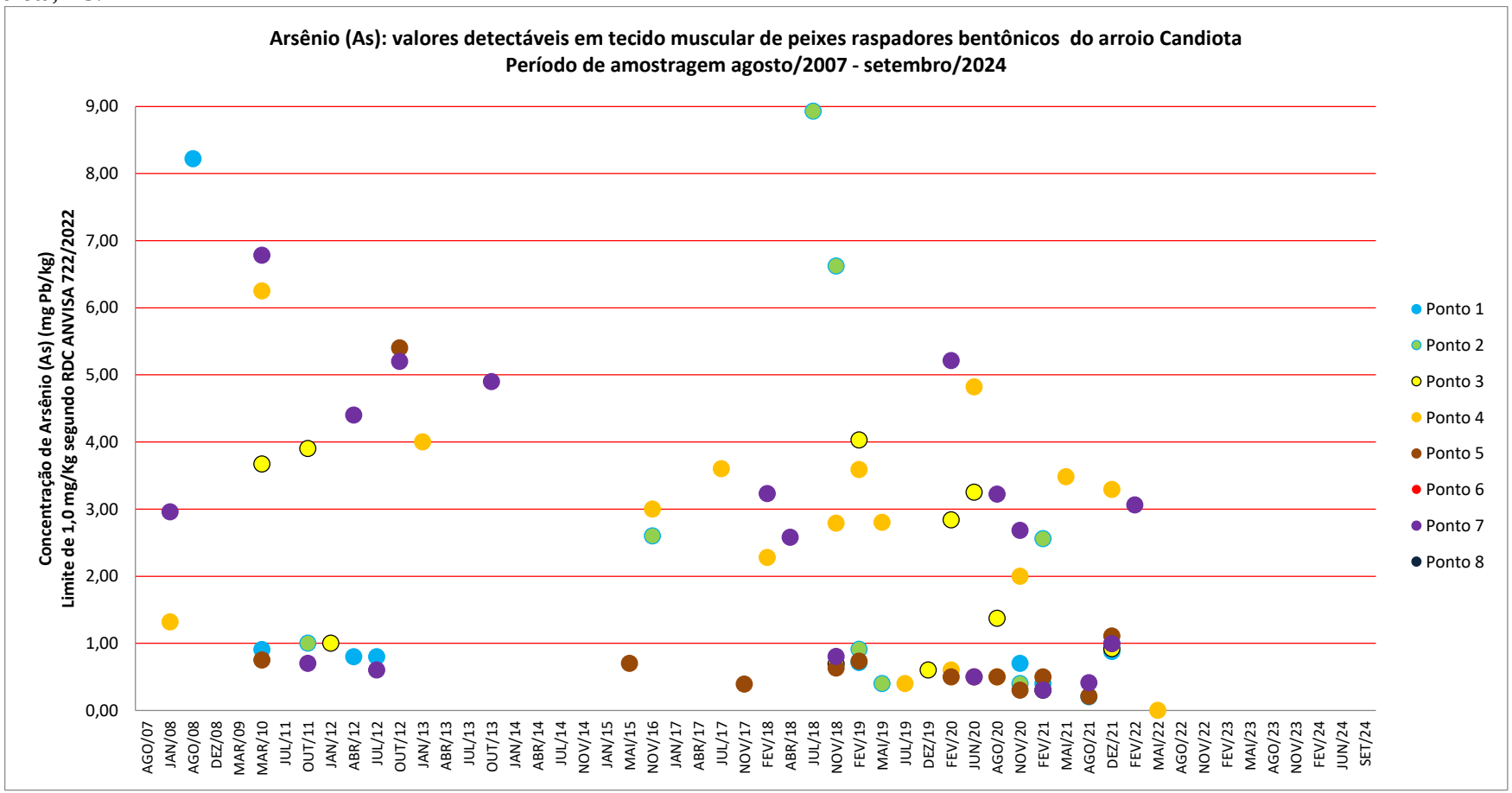


Figura 144 - Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.



Cádmio (Cd)

O Cádmio faz parte do rol elementos analisados desde agosto de 2004. Vinte e uma amostras apresentaram valores detectáveis de Cádmio e apenas sete dessas amostras apresentaram concentrações acima do que estabelece a RDC ANVISA 722/2022. Outro aspecto interessante é que as detecções de Cádmio ocorreram na fase inicial do monitoramento. Os registros mais recentes ocorreram nos pontos PT2 e PT5 na campanha de novembro de 2020. Cinco dos sete registros de concentrações elevadas de Cádmio ocorreram no ponto PT2 (Figura 145 a Figura 147).

A Tabela 116 apresenta a distribuição das amostras contaminadas conforme o grupo trófico e o local monitorado.

Tabela 116 - Número de amostras de peixes contaminados com Cádmio (Cd) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	0	0	0	**0**
Ponto 2	0	3	2	**5**
Ponto 3	0	0	0	**0**
Ponto 4	0	0	0	**0**
Ponto 5	1	0	0	**1**
Ponto 6	0	0	0	**0**
Ponto 7	1	0	0	**1**
Ponto 8	0	0	0	**0**
Total	**2**	**3**	**2**	**7**

Figura 145 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

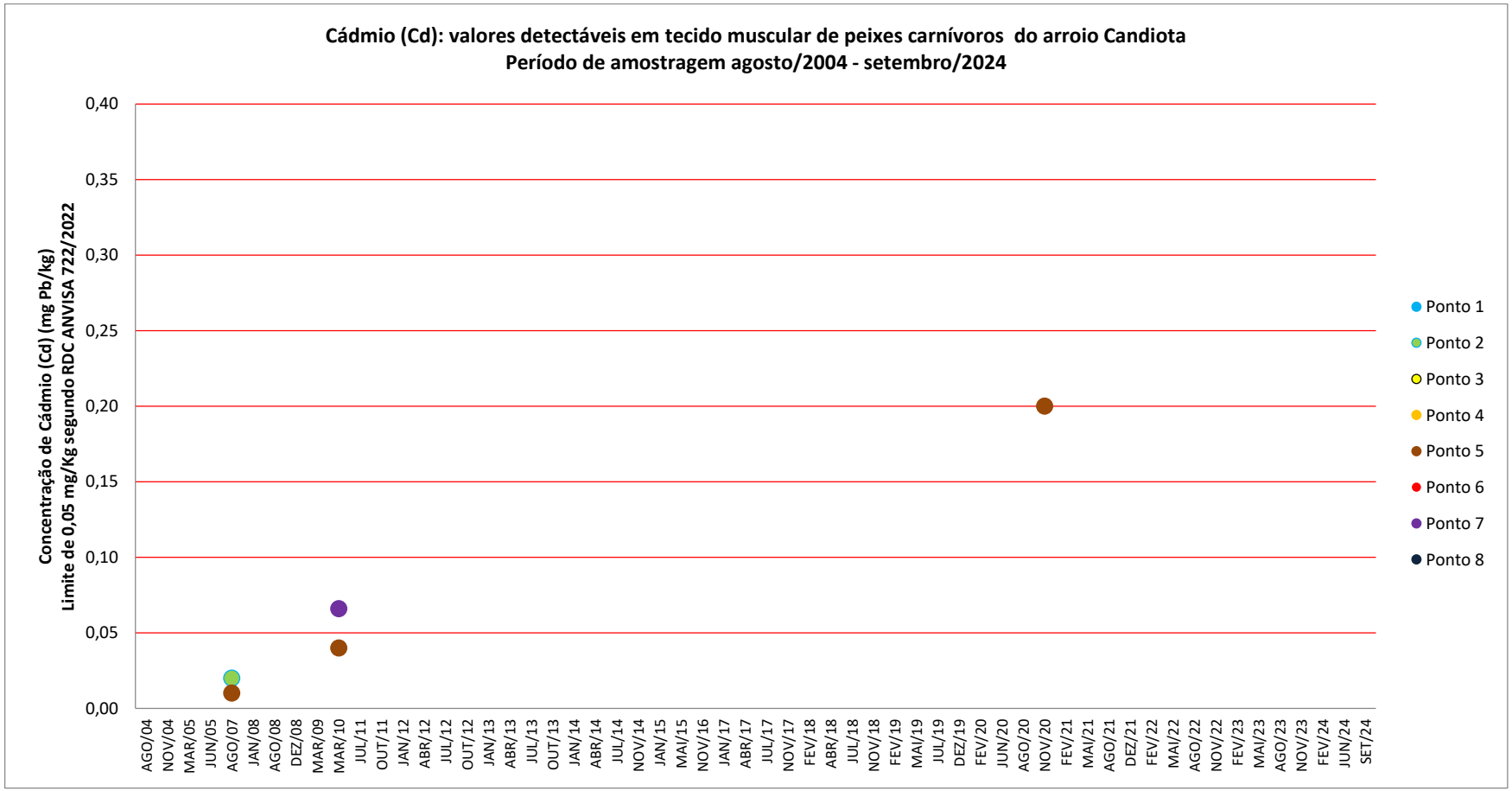


Figura 146 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

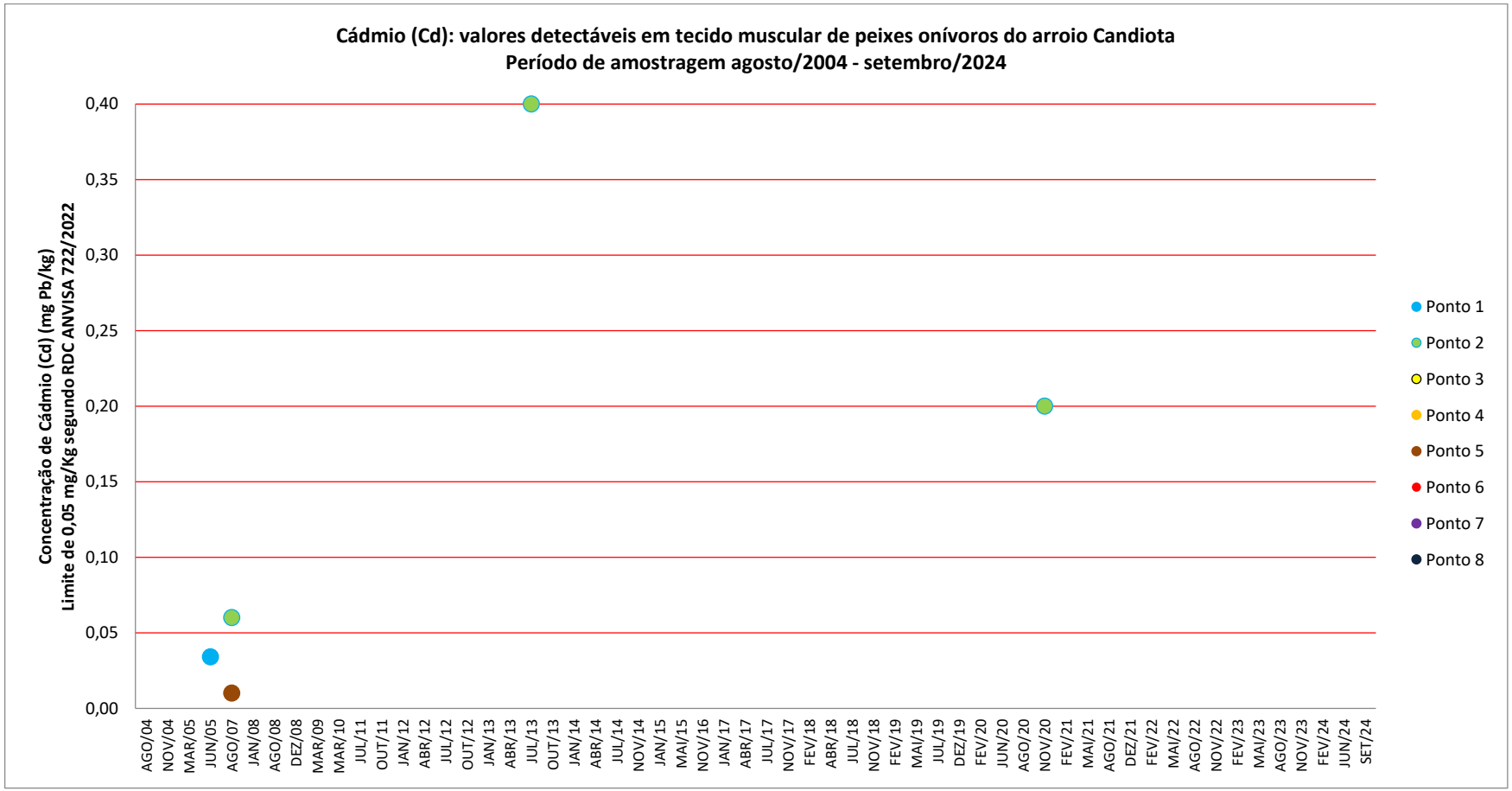
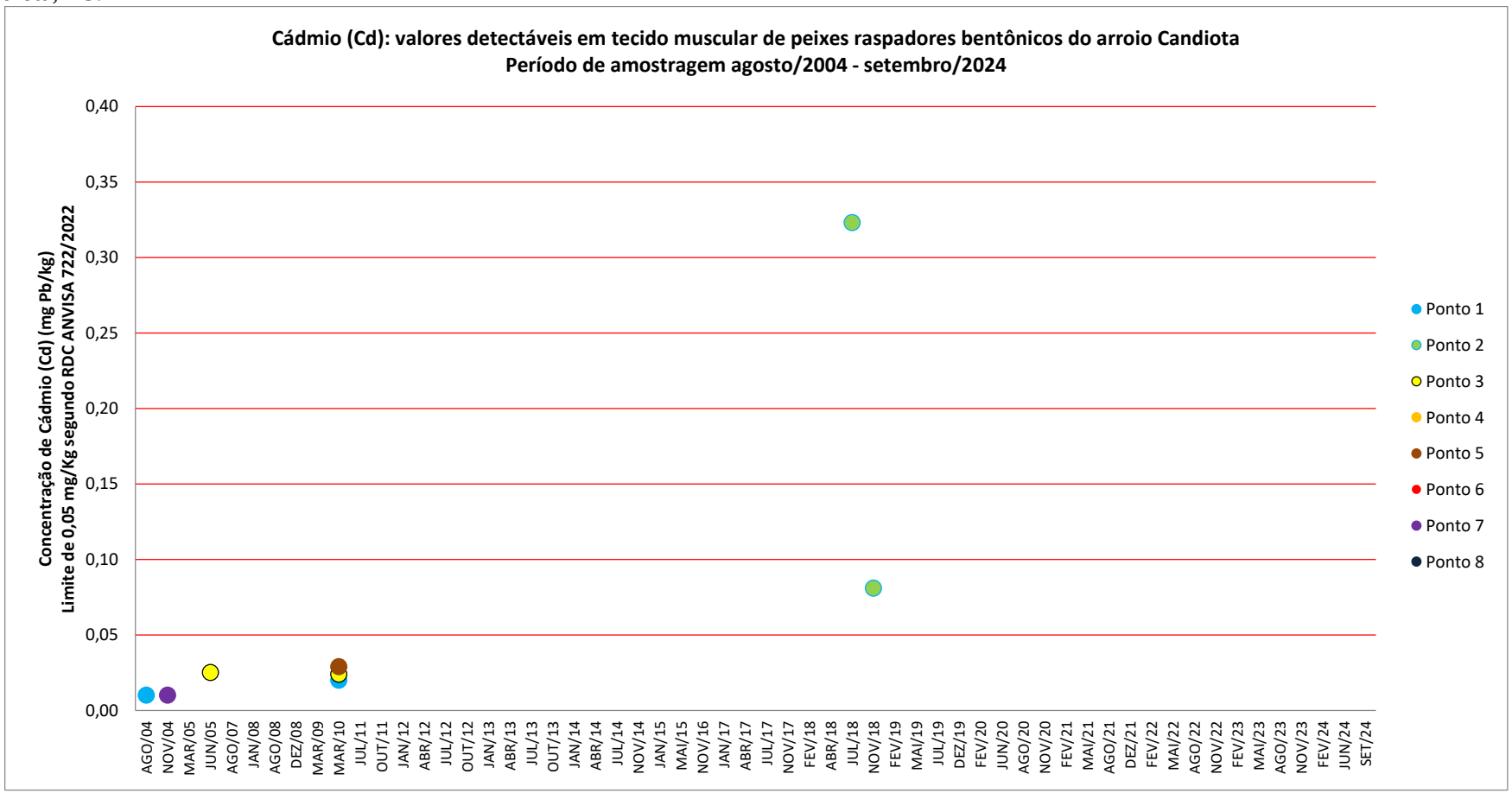


Figura 147 - Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.



Chumbo (Pb)

As concentrações de Chumbo nos peixes vêm sendo monitoradas desde agosto de 2004. Foram identificados 17 amostras em que o LMT foi superado. Ainda que não seja um elemento contaminante frequentemente encontrado nas amostras, aparentemente as maiores concentrações encontram-se nos peixes onívoros (Tabela 117; Figura 148 a Figura 150).

Com exceção do Ponto 6, amostras de peixes contaminados com Chumbo (Pb) foram registradas em todos os locais monitorados (Tabela 117 e Figura 148 a Figura 150).

Tabela 117 - Número de amostras de peixes contaminados com Chumbo (Pb) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	2	2	0	**4**
Ponto 2	2	0	2	**4**
Ponto 3	0	0	1	**1**
Ponto 4	0	1	1	**2**
Ponto 5	2	0	0	**2**
Ponto 6	0	0	0	**0**
Ponto 7	0	2	0	**2**
Ponto 8	0	2	0	**2**
Total	**6**	**7**	**4**	**17**

Figura 148 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

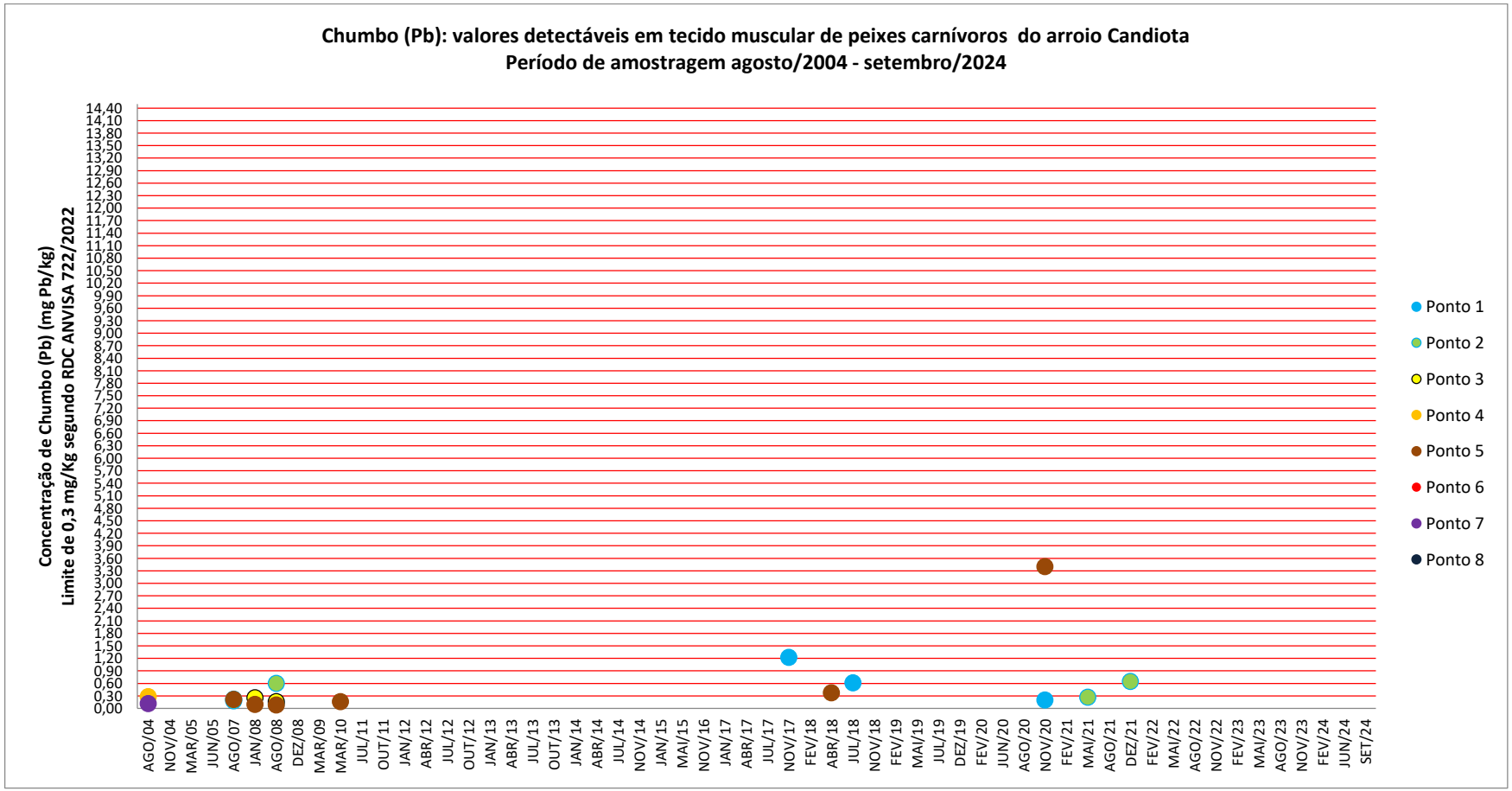


Figura 149 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

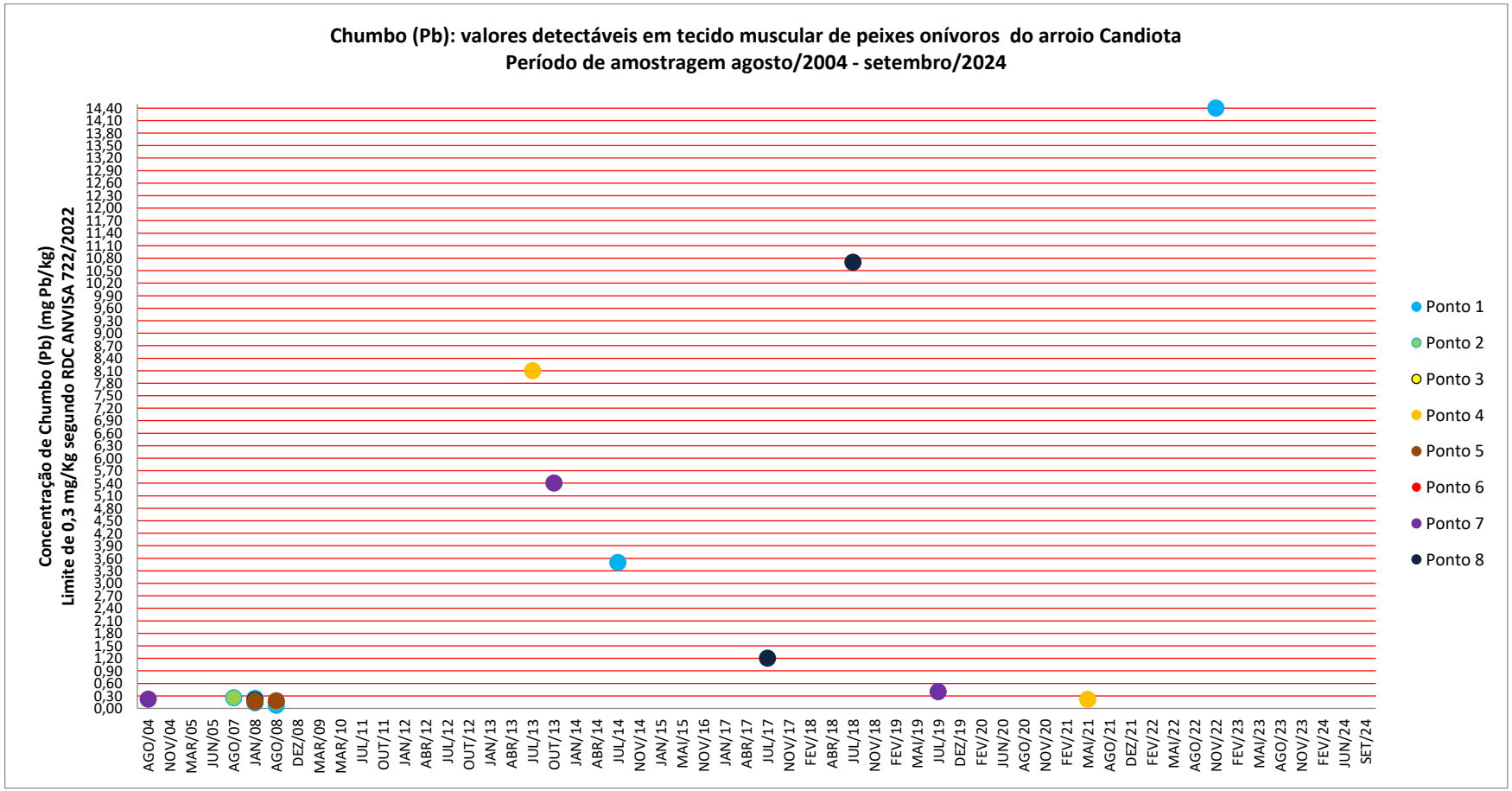
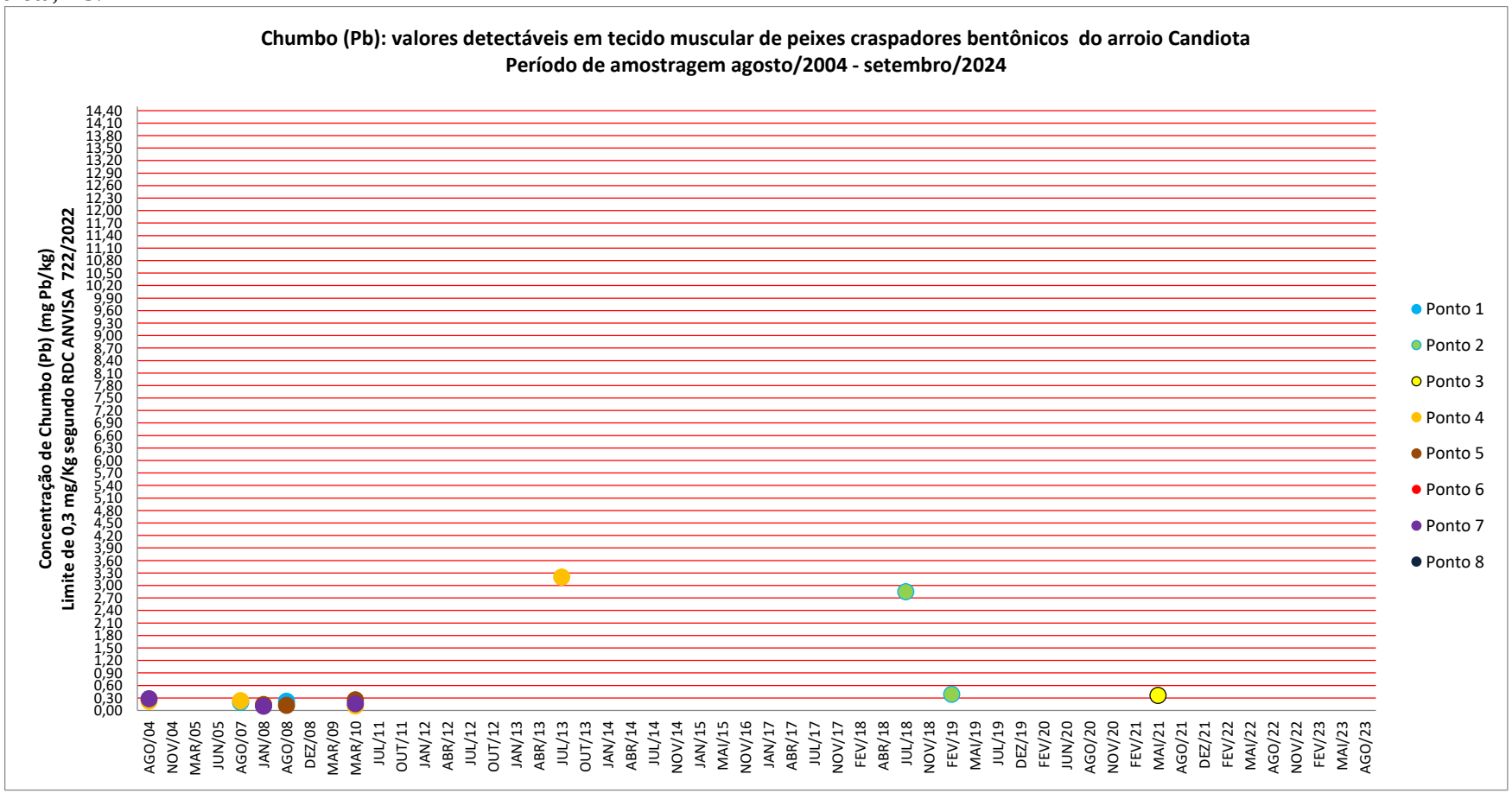


Figura 150 - Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.



Cobre (Cu)

O Cobre tem sido monitorado nos peixes desde agosto de 2004. Amostras detectáveis de cobre foram frequentes em todos os níveis tróficos analisados na fase inicial do projeto entre 2004 e 2012. Após um hiato nas detecções desse elemento ele voltou a ser detectado a partir de 2016, em concentrações maiores que no período anterior, mas ainda dentro dos limites de tolerância. Esses registros de concentrações mais pronunciadas forma um pico no gráfico que se encerra em novembro de 2017, a partir de quando as concentrações voltam a patamares inferiores. Apenas duas amostras superaram o Limite de Máximo de Tolerância, uma amostra de peixe onívoro capturada em janeiro/2017 no Ponto 6 e uma amostra de peixe raspador bentônico, capturado no Ponto 3 em maio/2022 apresentaram concentrações de cobre acima do que estabelece a Dec. 55.871/1965 (Figura 151 a Figura 153).

Figura 151 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

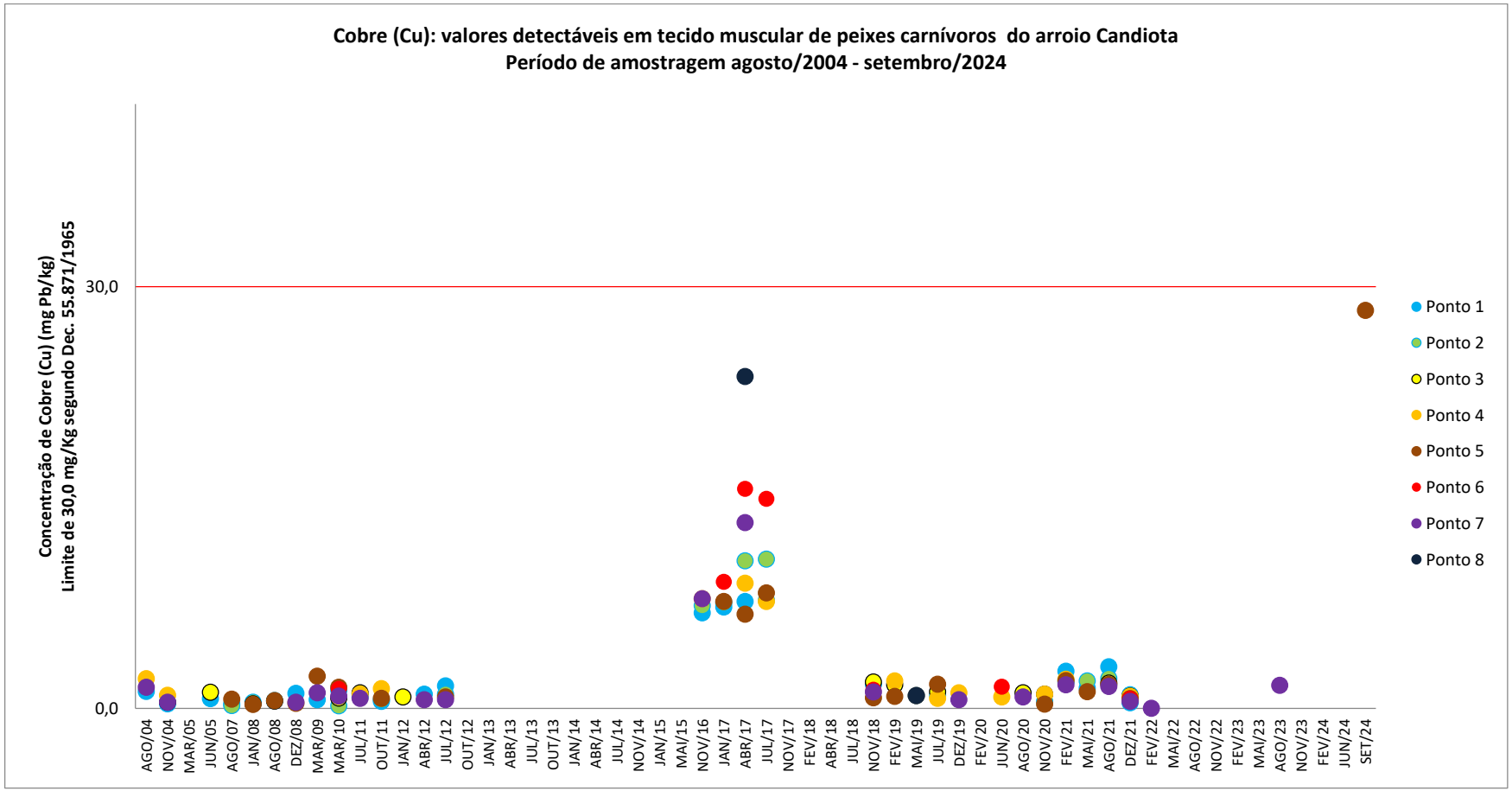


Figura 152 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

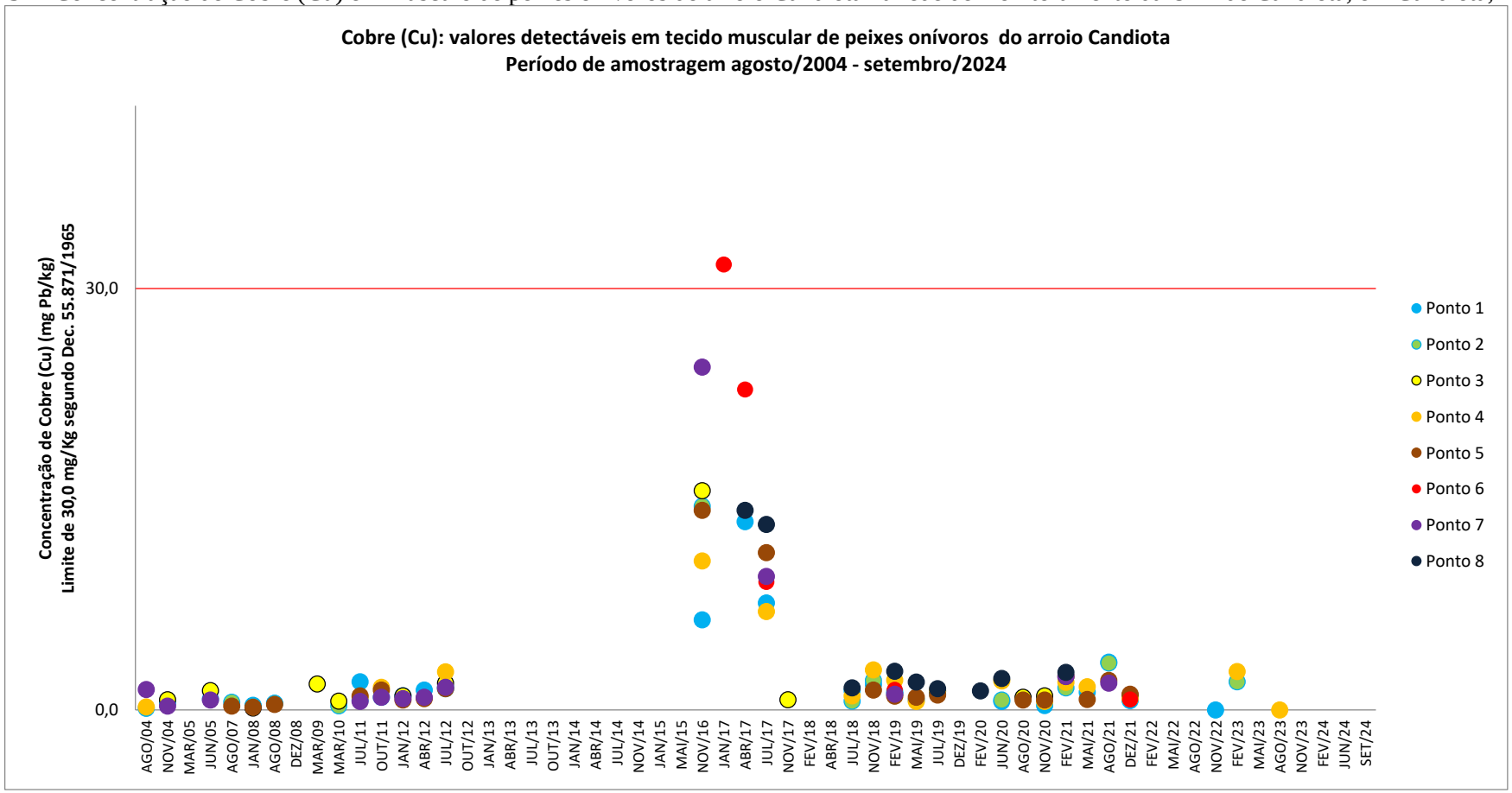
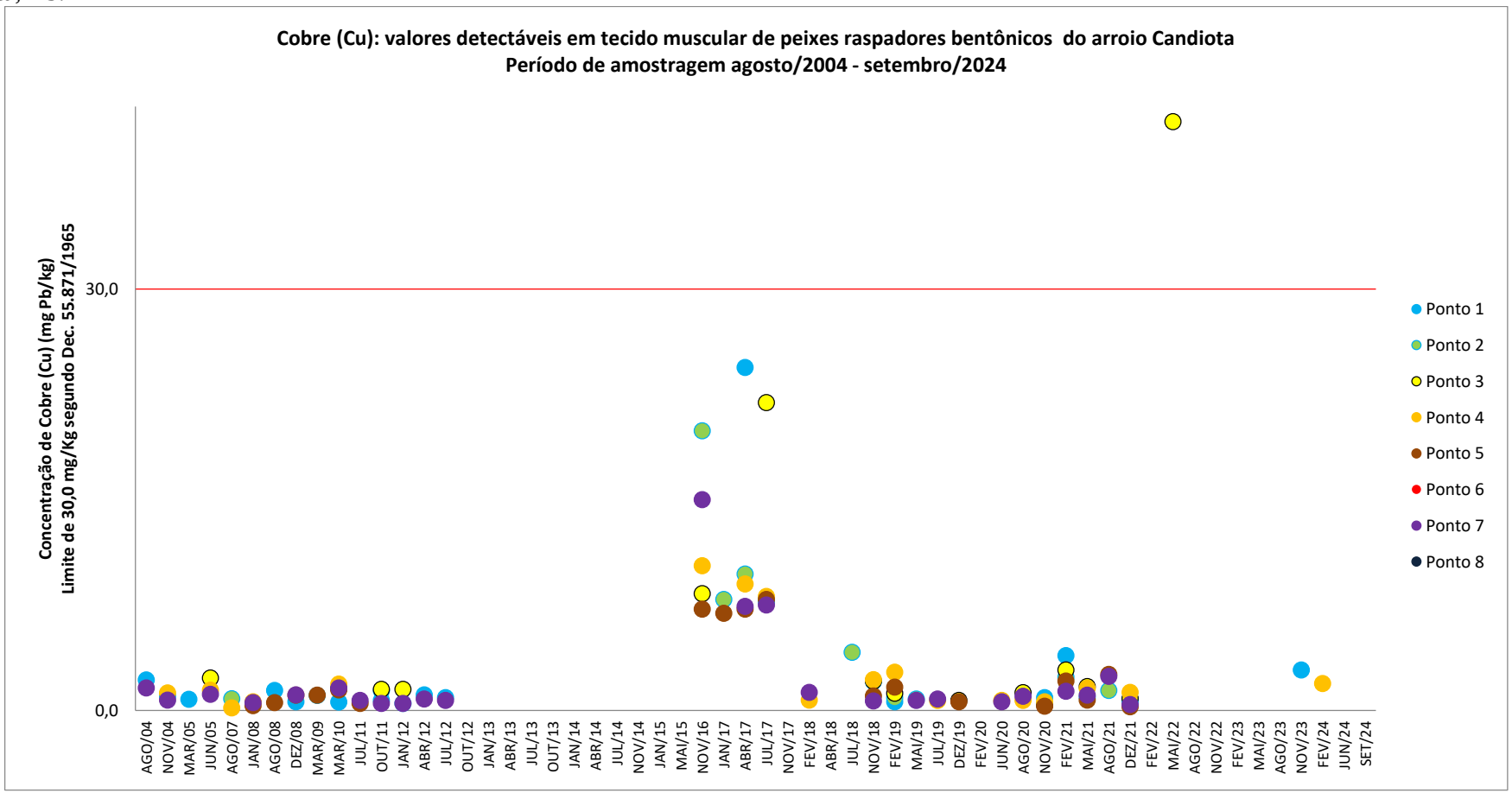


Figura 153 - Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.



Cromo (Cr)

O Cromo tem sido monitorado nos peixes desde agosto de 2004. Na fase inicial do monitoramento o Cromo era detectado em concentrações elevadas em todos os níveis tróficos e esses registros se mantiveram entre agosto/2004 e março/2009. Desde 2009 até julho/2017 houve apenas cinco registros de peixes contaminados sendo quatro onívoros e um raspador bentônico. Três destes registros foram detectados no ponto PT3 e um no ponto PT2. A partir de 2017 o Cromo volta a ser detectado constantemente nos diferentes níveis tróficos em concentrações elevadas, muitas vezes acima do LMT. Amostras de peixes contaminados foram registradas em toda a rede de monitoramento (Figura 154 a Figura 156).

Figura 154 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

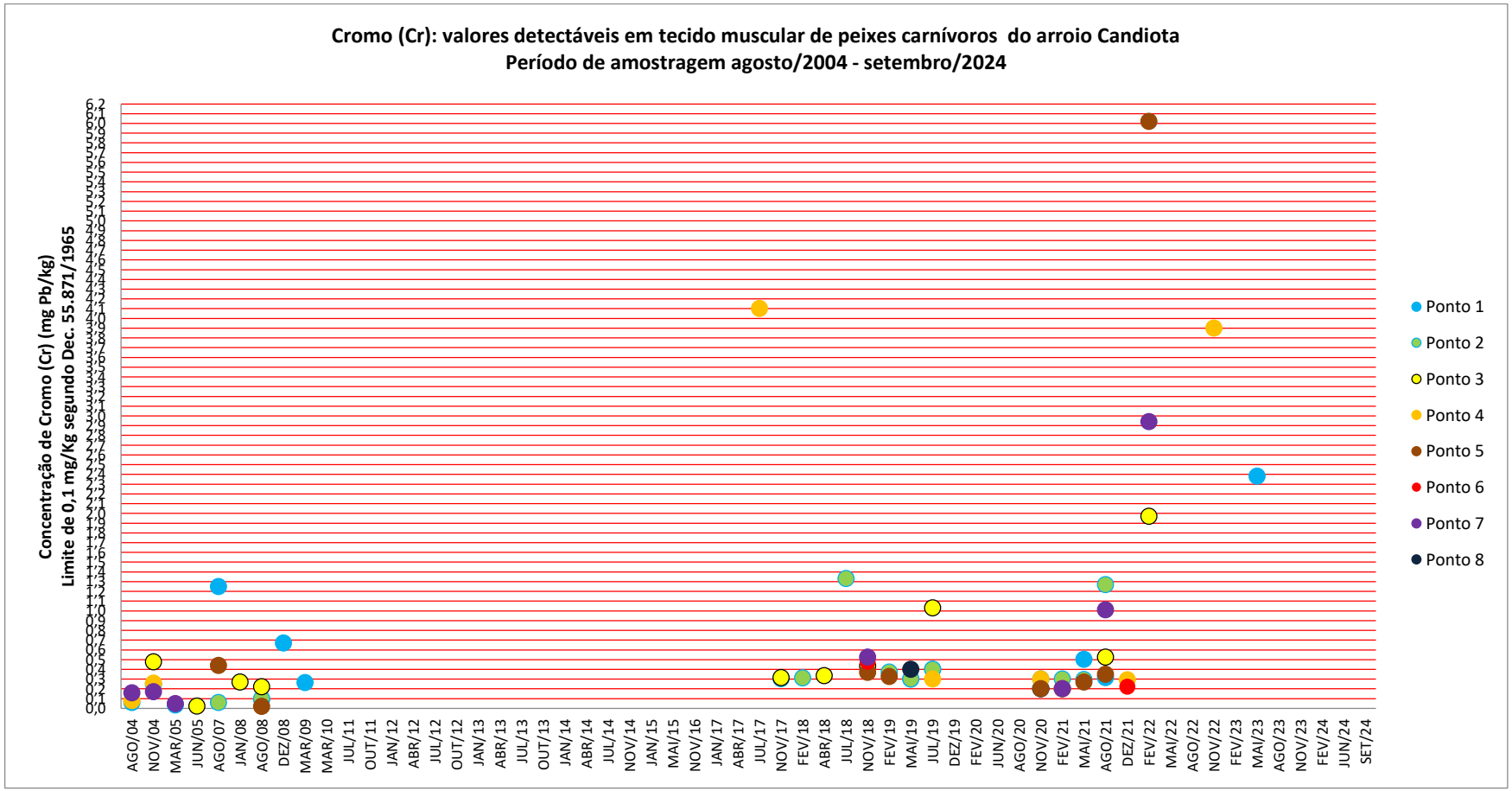


Figura 155 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

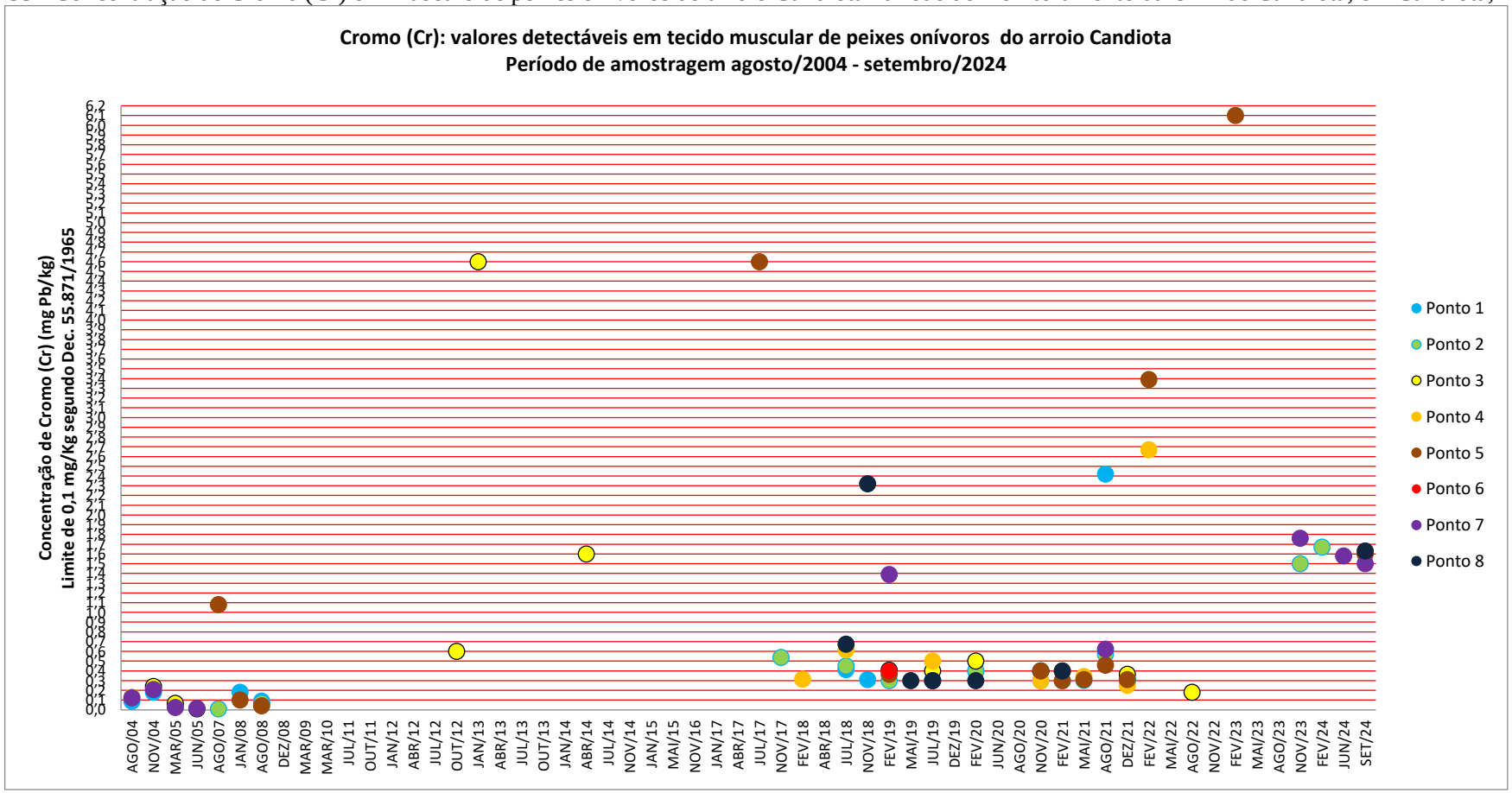
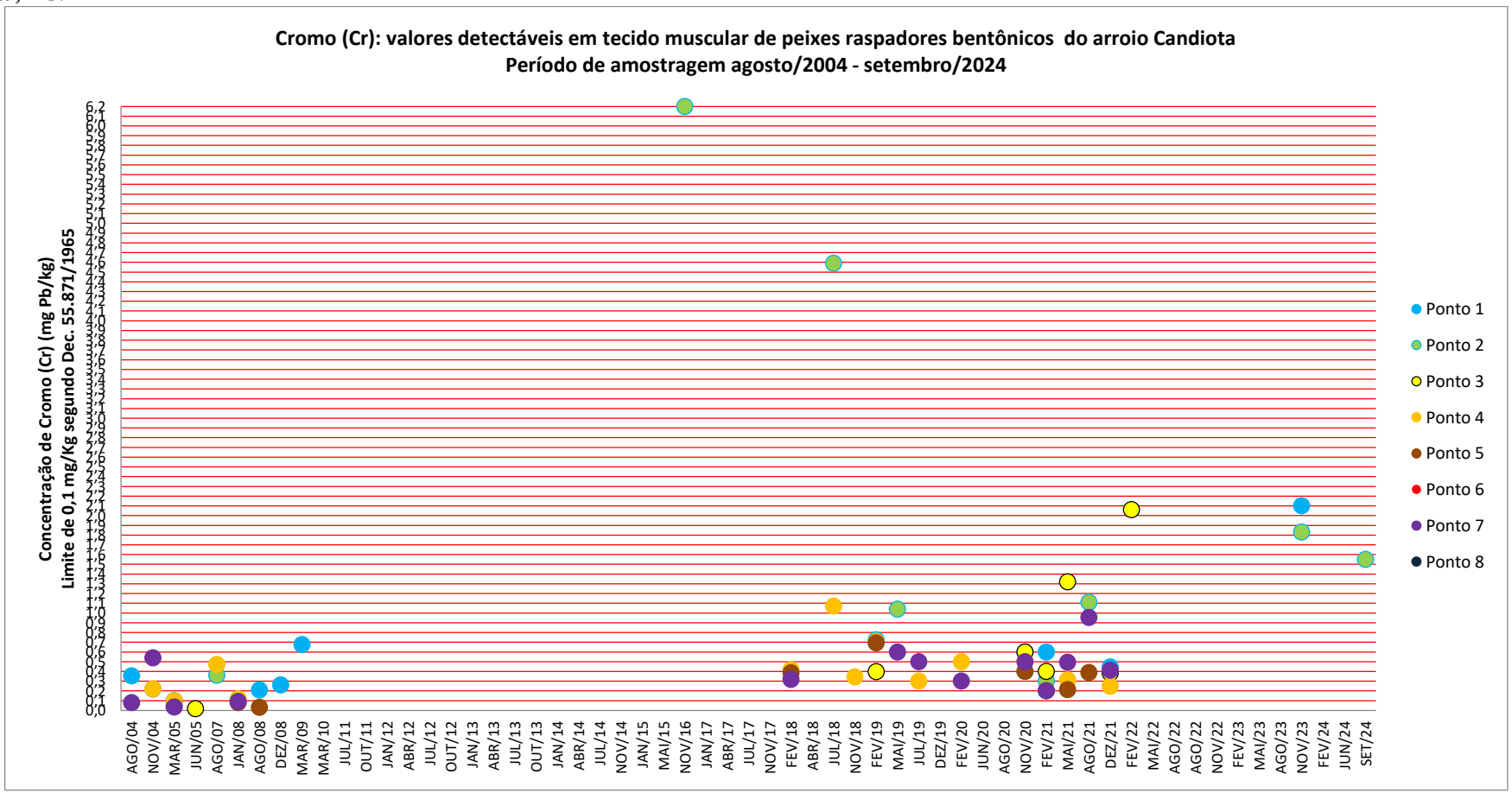


Figura 156 - Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.



Manganês (Mn)

O manganês é o segundo elemento analisado mais comumente encontrado em peixes de todos os níveis tróficos. Há uma tendência de maiores concentrações serem observadas nos peixes onívoros, seguidos pelos peixes raspadores bentônicos e por fim os peixes carnívoros.

Concentrações extremas foram registradas em peixes carnívoros no Ponto 6 nas campanhas de janeiro/2017 (153,0 mg/Kg) e julho/2017 (79,9 mg/Kg). Entre os onívoros concentrações extremas foram registradas no Ponto 2 na campanha de janeiro/2013 (54,1 mg/Kg), no Ponto 6 na campanha de julho/2017 (125,0 mg/Kg) e no Ponto 5 na campanha de fevereiro/2023 (53,09 mg/Kg). Os raspadores bentônicos apresentaram concentrações de manganês extremamente altas no Ponto 7 na campanha de dezembro/2008 (810 mg/kg), Ponto 2 na campanha de julho/2018 (724,0 mg/Kg), Ponto 5 na campanha de maio/2022 (143,0 mg/kg).

Peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados (Figura 157 a Figura 159).

Figura 157 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

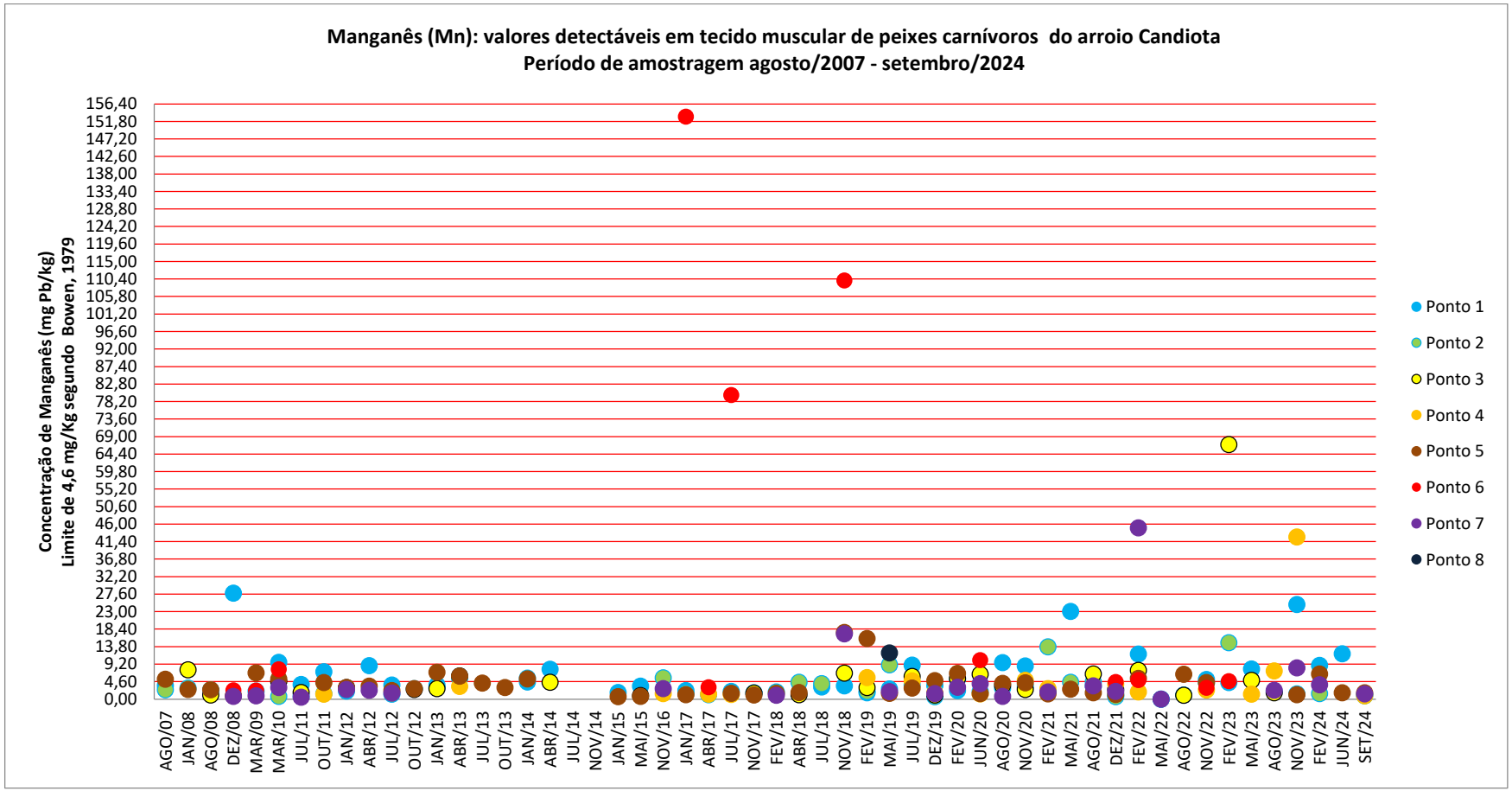


Figura 158 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

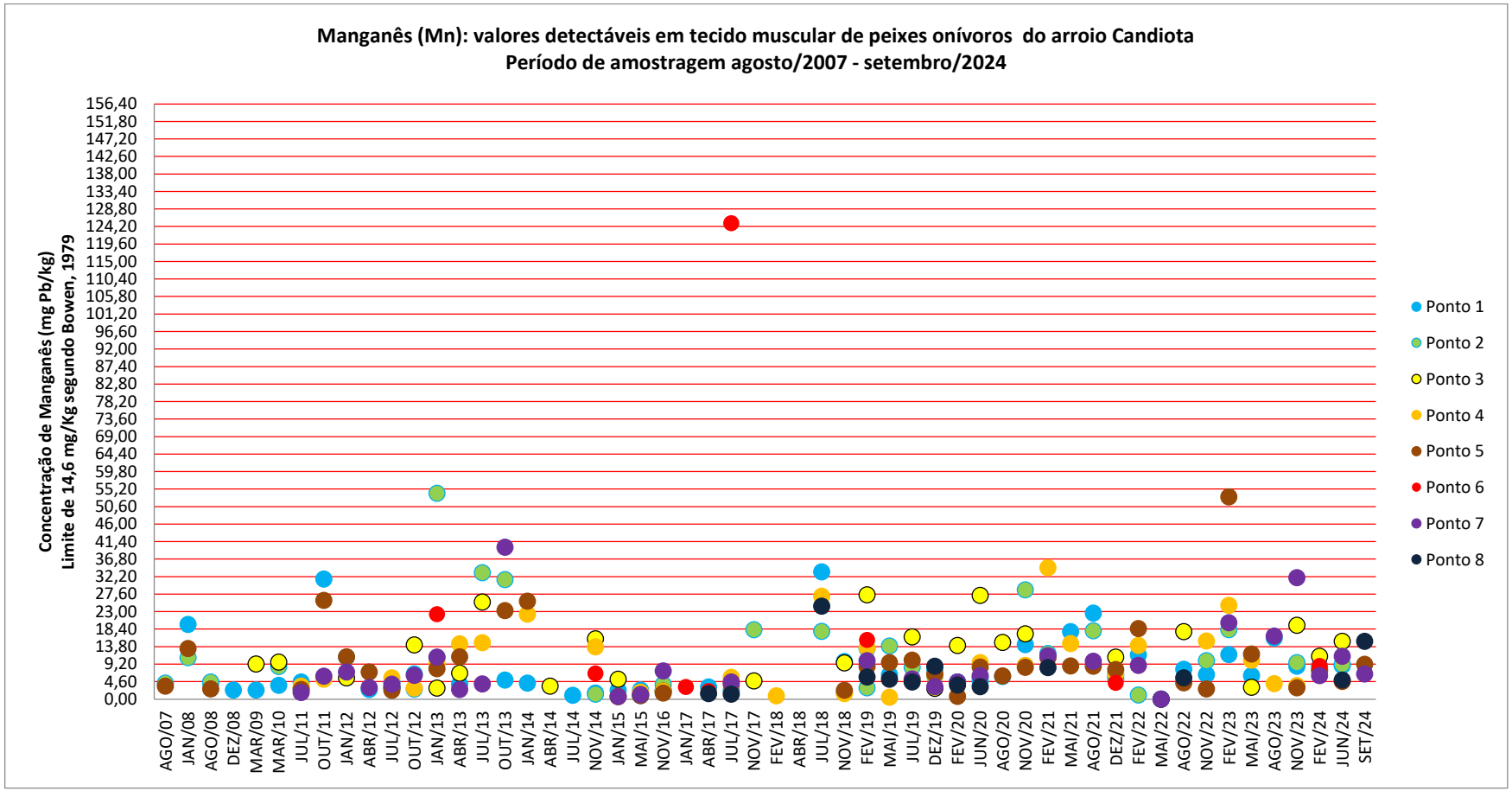
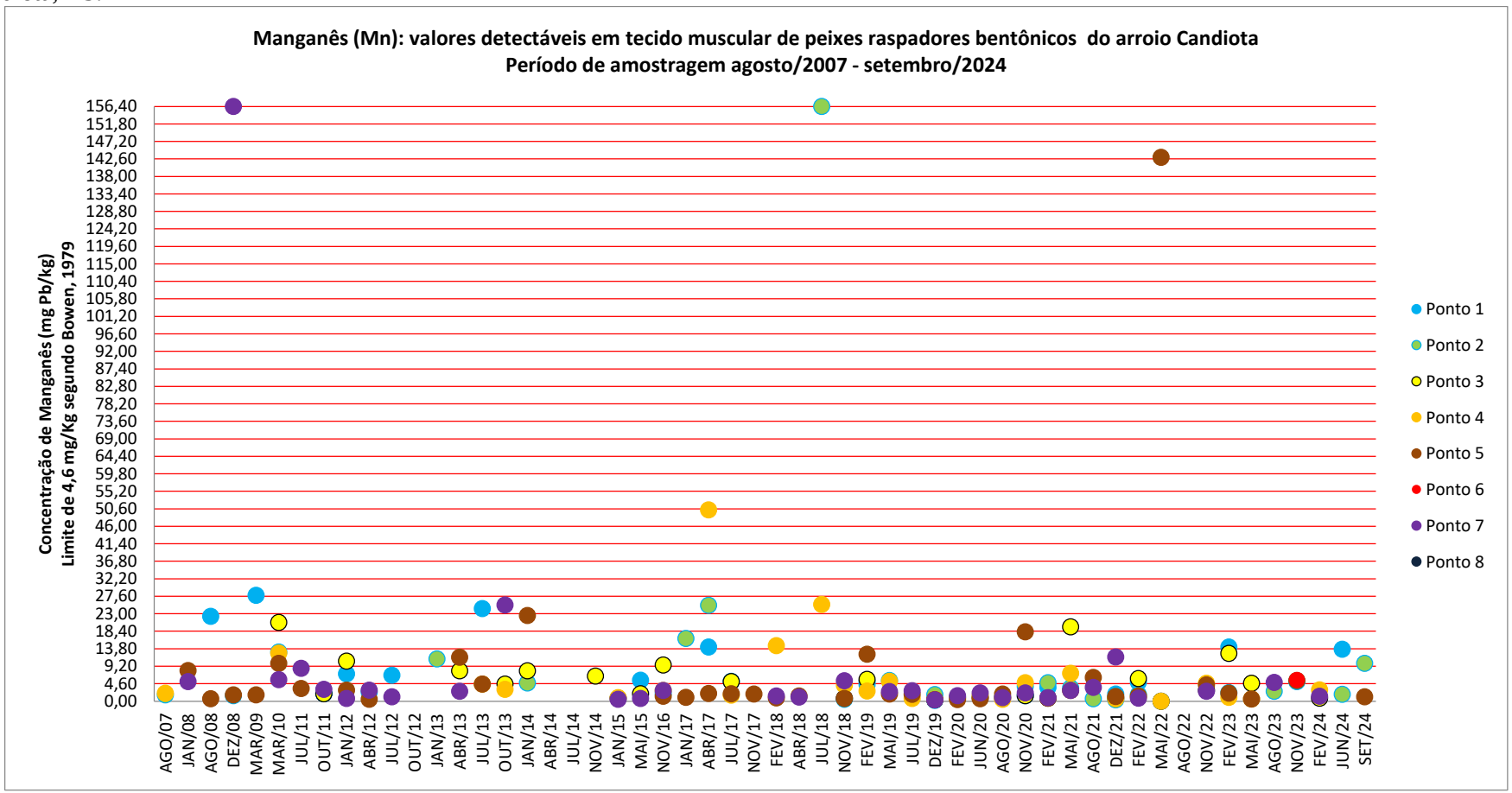


Figura 159 - Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.



Mercúrio (Hg)

O mercúrio é o terceiro elemento analisado mais comumente encontrado em peixes de todos os níveis tróficos. Entre os carnívoros ocorre a maior frequência de registros de peixes com concentrações acima do LMT definido pela RDC ANVISA 722/2022 (Figura 160). Nesse grupo também se observam as maiores concentrações registradas. Amostras de peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados (Figura 160).

Figura 160 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

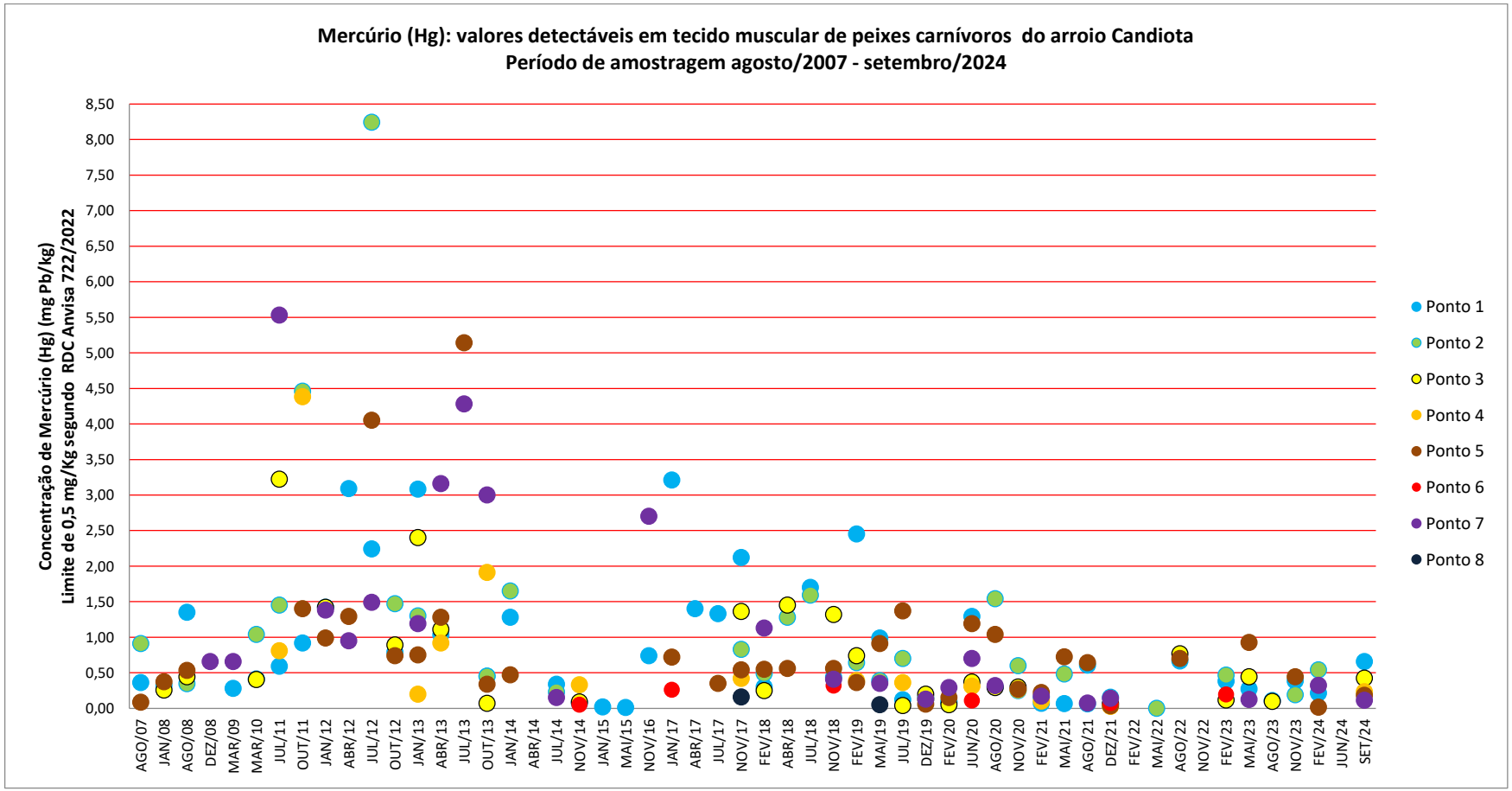


Figura 161 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

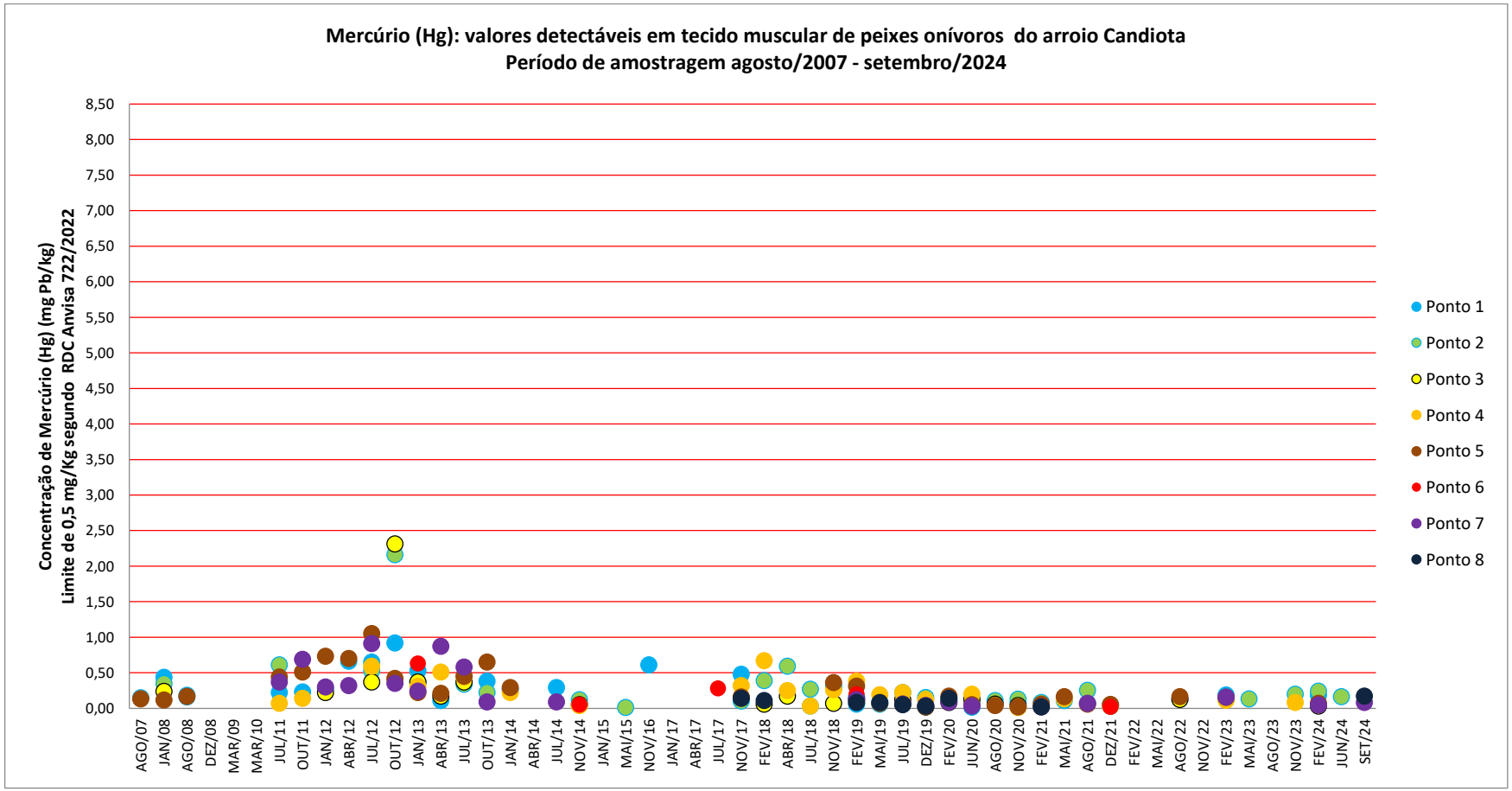
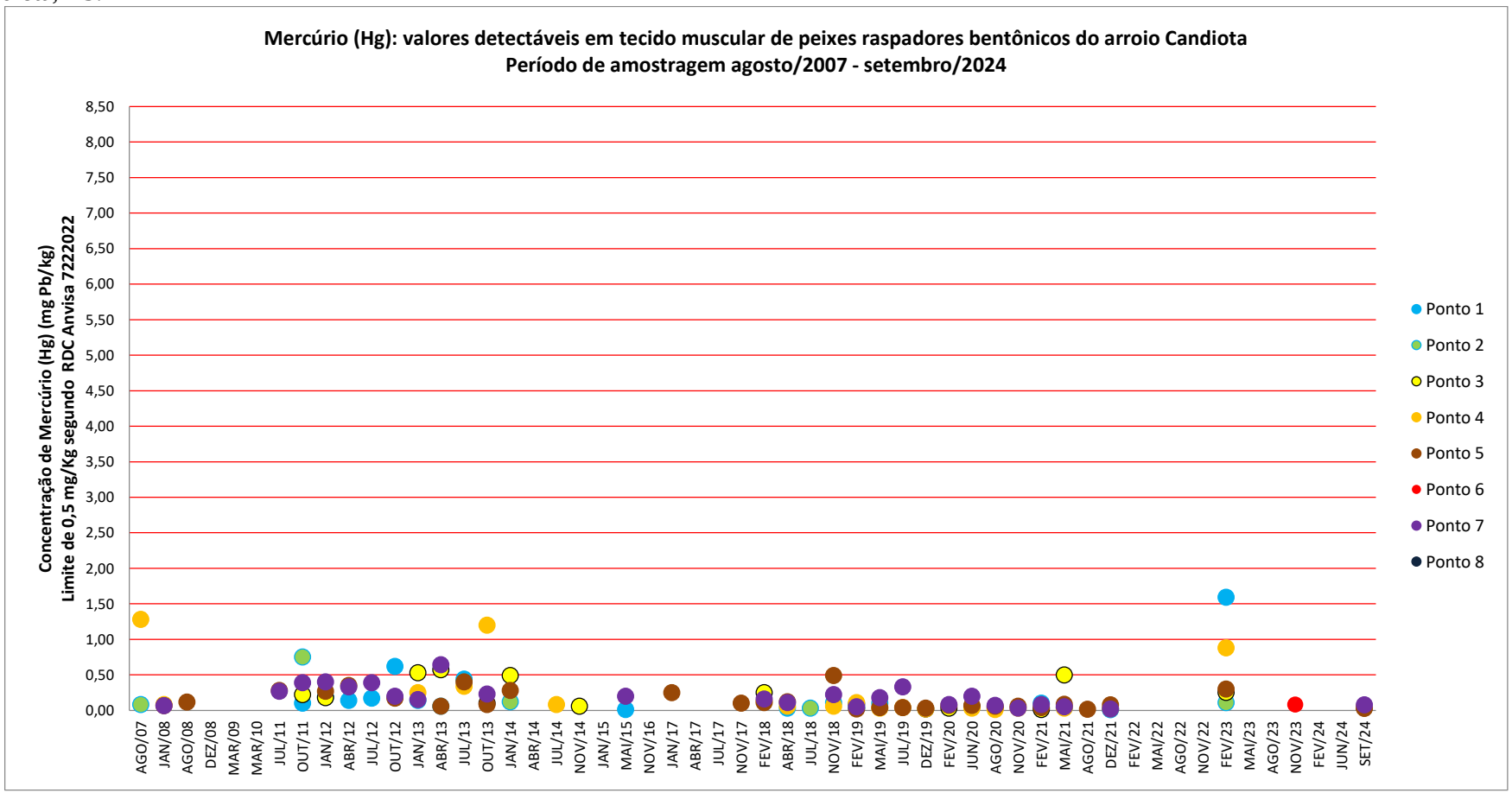


Figura 162 - Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.



Níquel (Ni)

O Níquel tem sido monitorado nos peixes desde agosto de 2004. Até o momento aproximadamente 50 amostras apresentaram valores detectáveis de Níquel sendo que a maioria desses registros é anterior a 2009 e esporadicamente foi detectado nos peixes raspadores bentônicos após isso. As duas últimas campanhas de amostragem, no entanto, detectaram Níquel em todos os grupos tróficos. Nenhuma amostra apresentou concentração acima do limite estabelecido no Dec. 55.871/1965.

Nas Figura 163 a Figura 165 apresentam os gráficos de concentração de Níquel para cada grupo trófico.

Figura 163 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

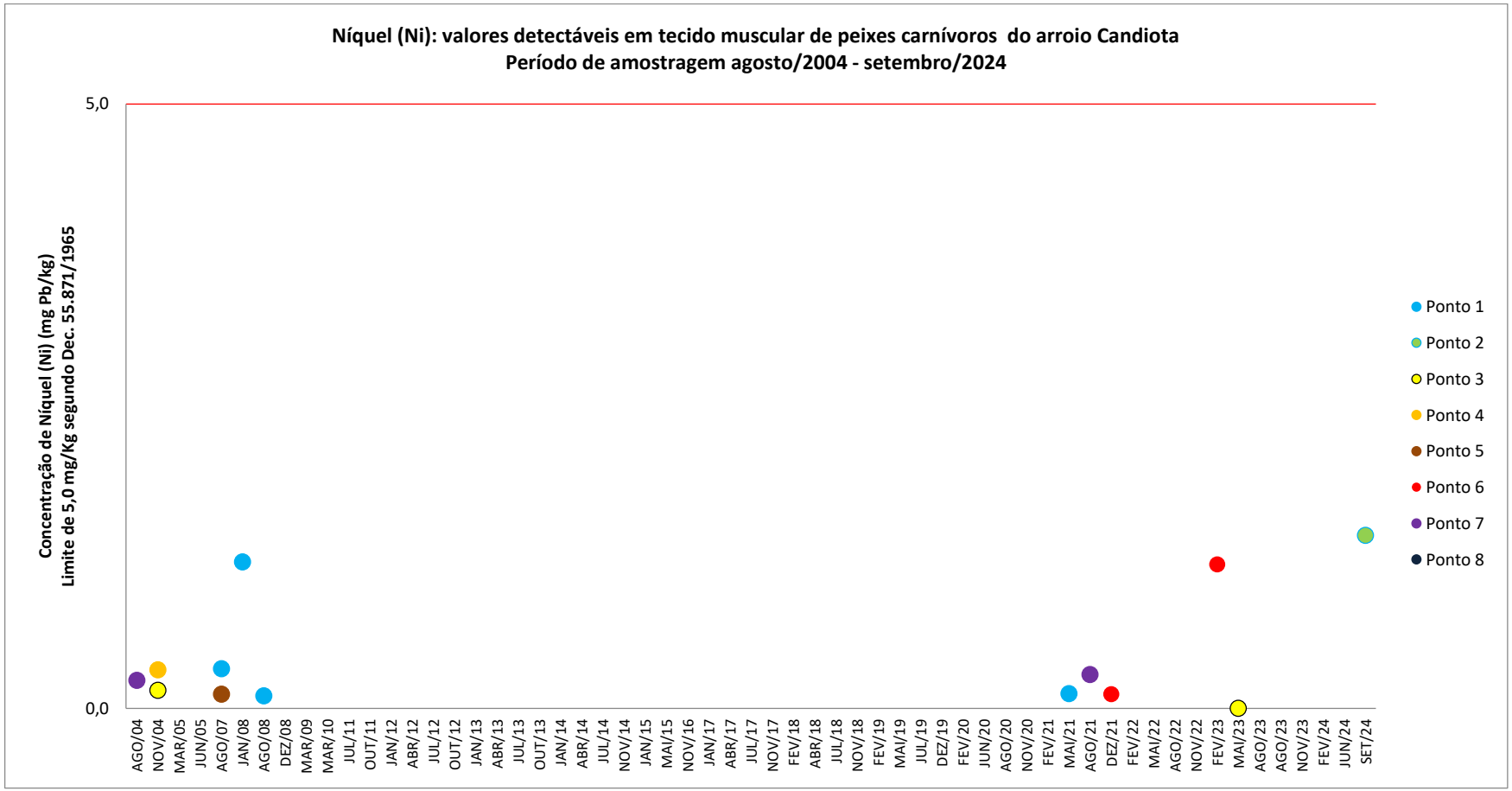


Figura 164 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

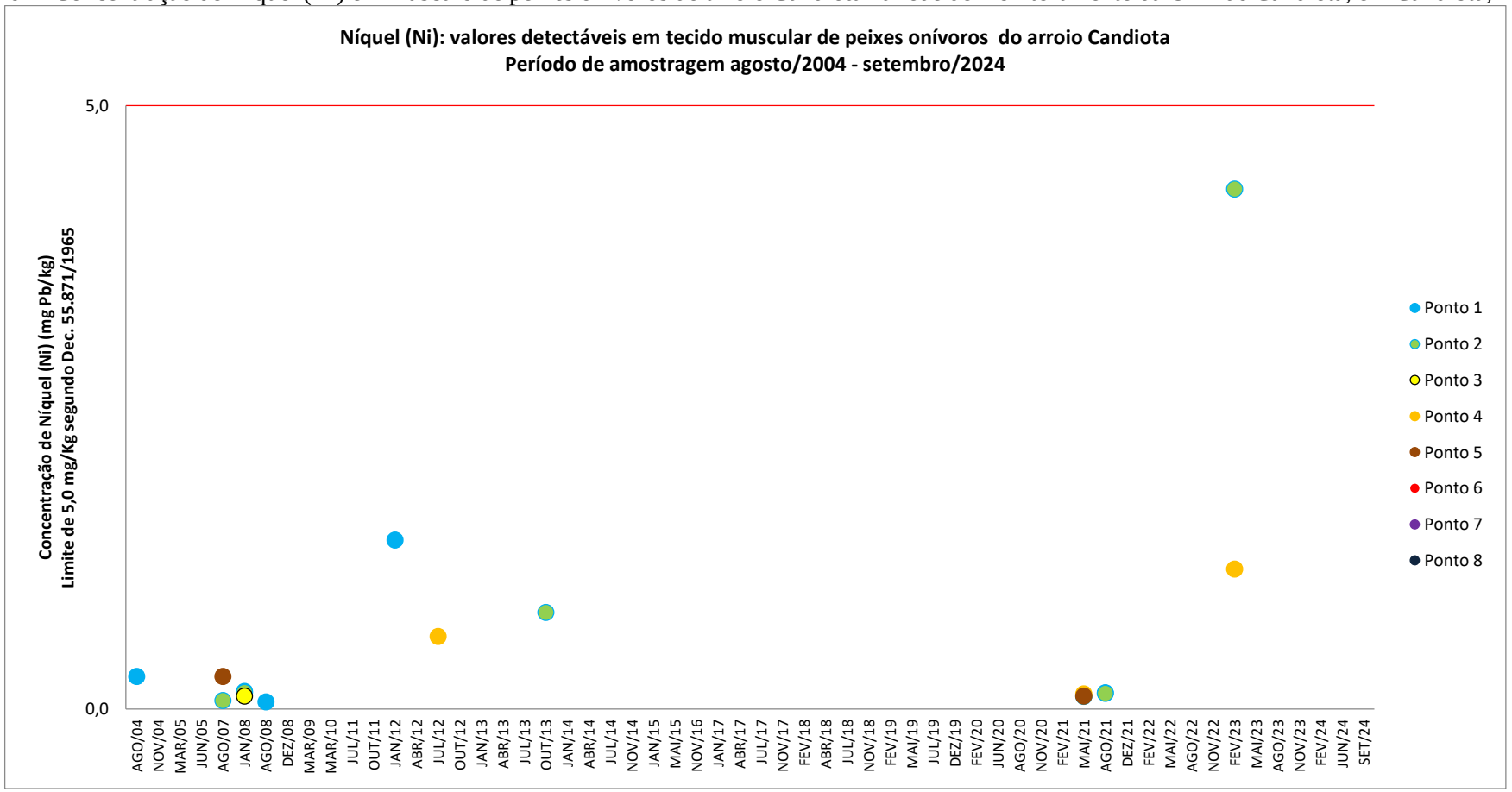
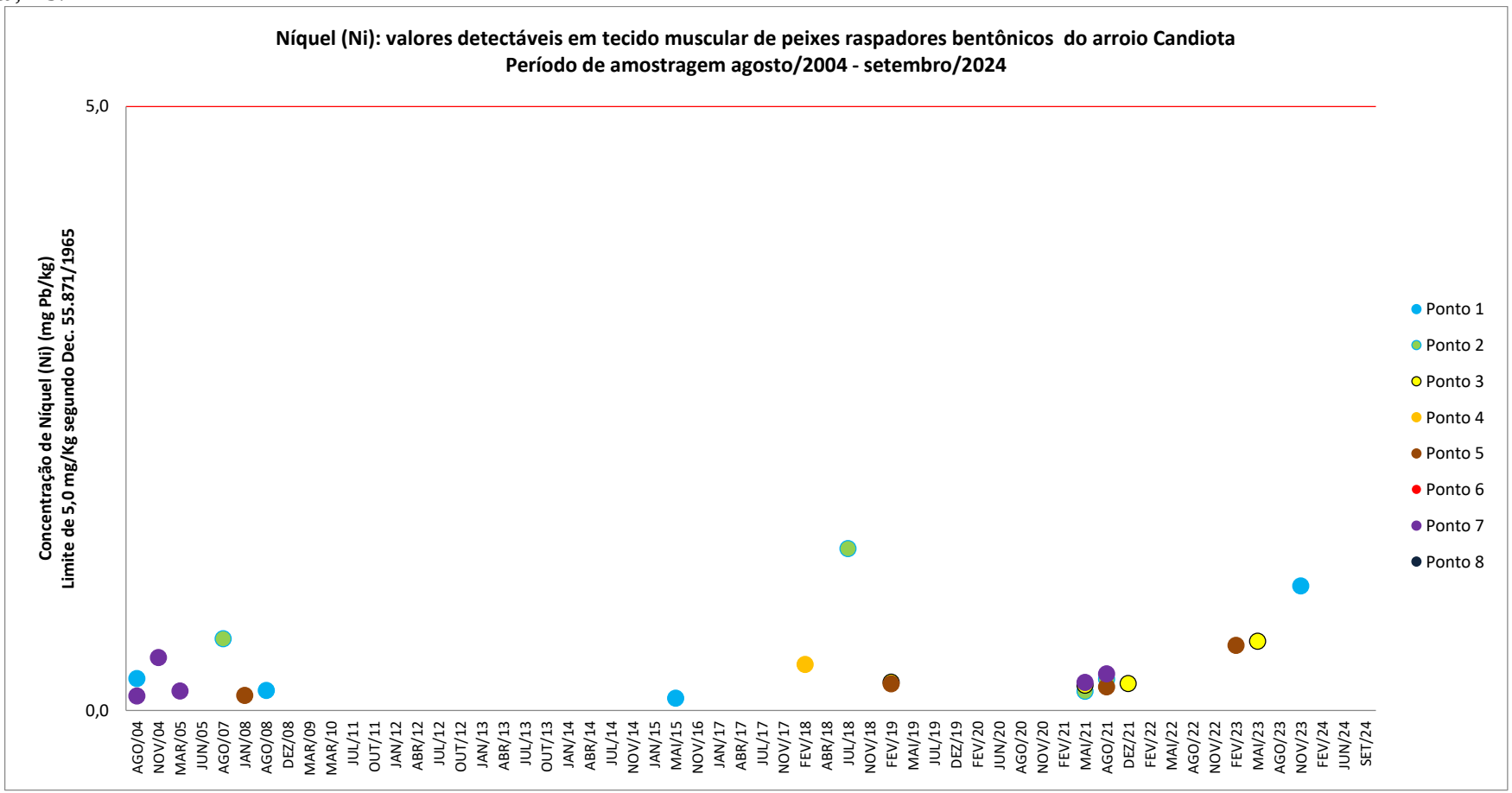


Figura 165 - Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.



Zinco (Zn)

O Zinco é encontrado em concentrações detectáveis em 100% das amostras sendo o elemento mais comumente encontrado em peixes de todos os níveis tróficos. Cento e setenta e uma amostras apresentaram concentrações acima do Limite Máximo de tolerância (LMT) conforme estabelecido pela RDC ANVISA 722/2022.

A maior incidência de valores elevado de Zinco é registrada entre os peixes onívoros (Figura 166 a Figura 168).

Figura 166 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

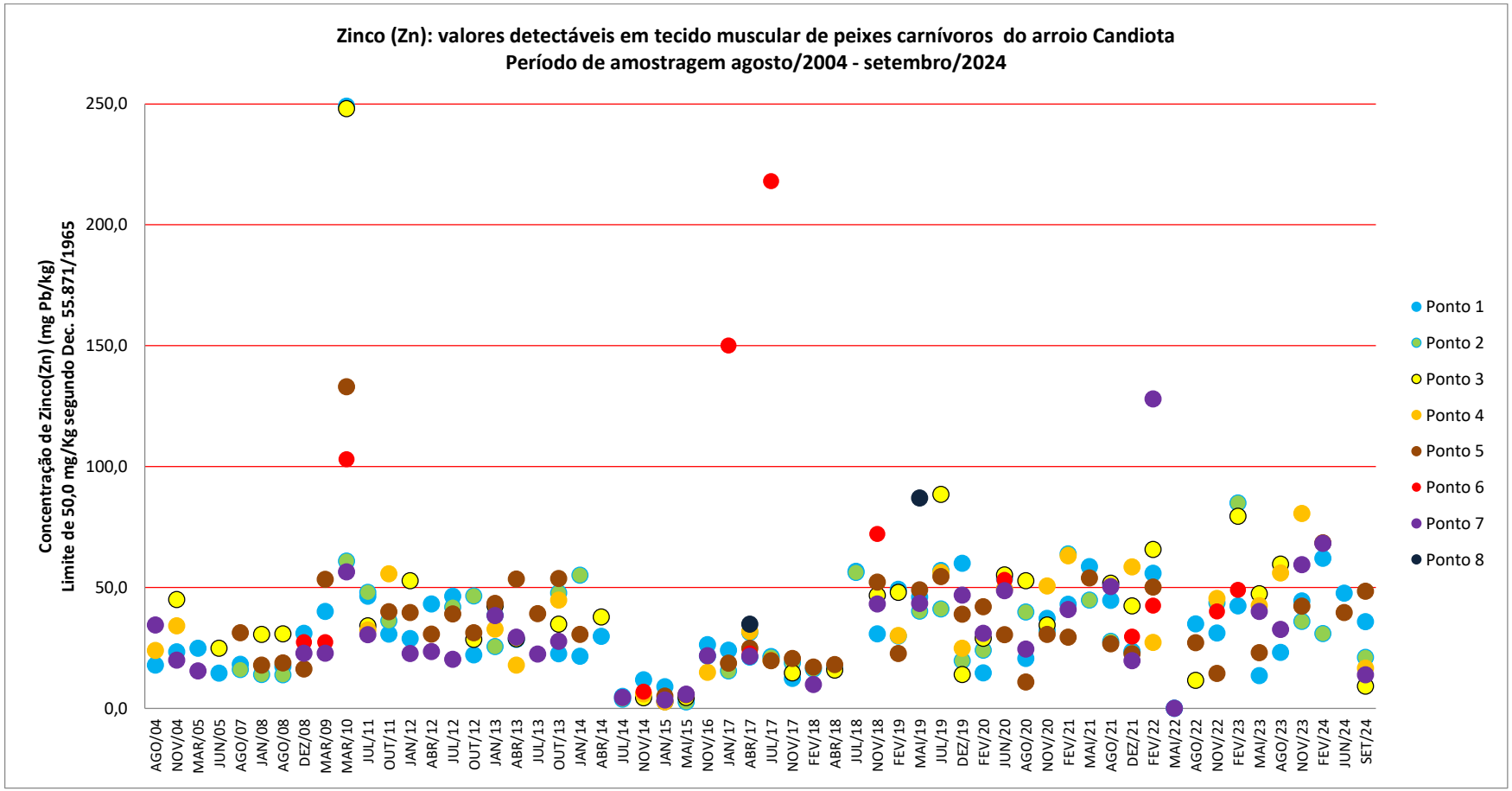


Figura 167 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.

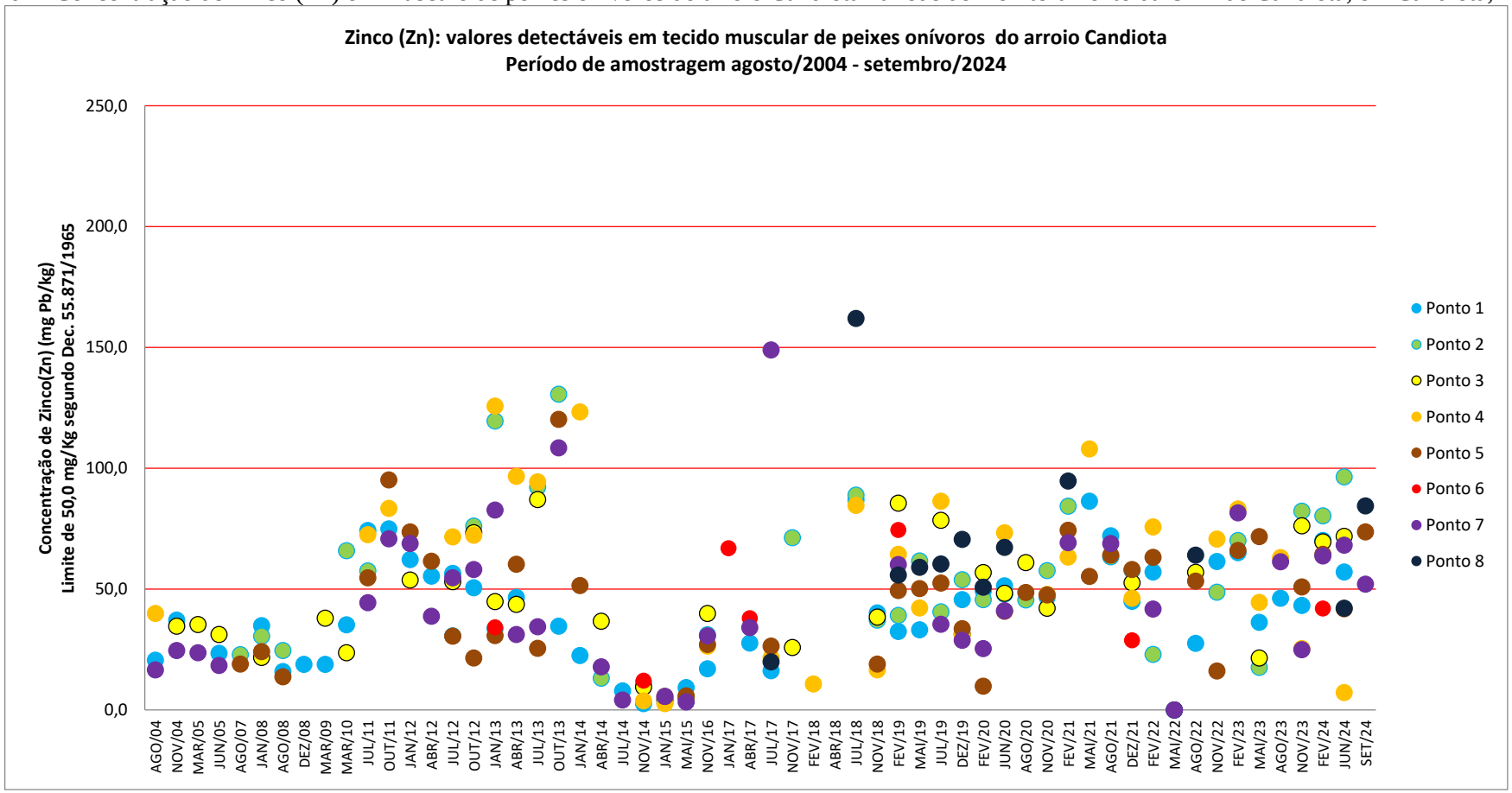
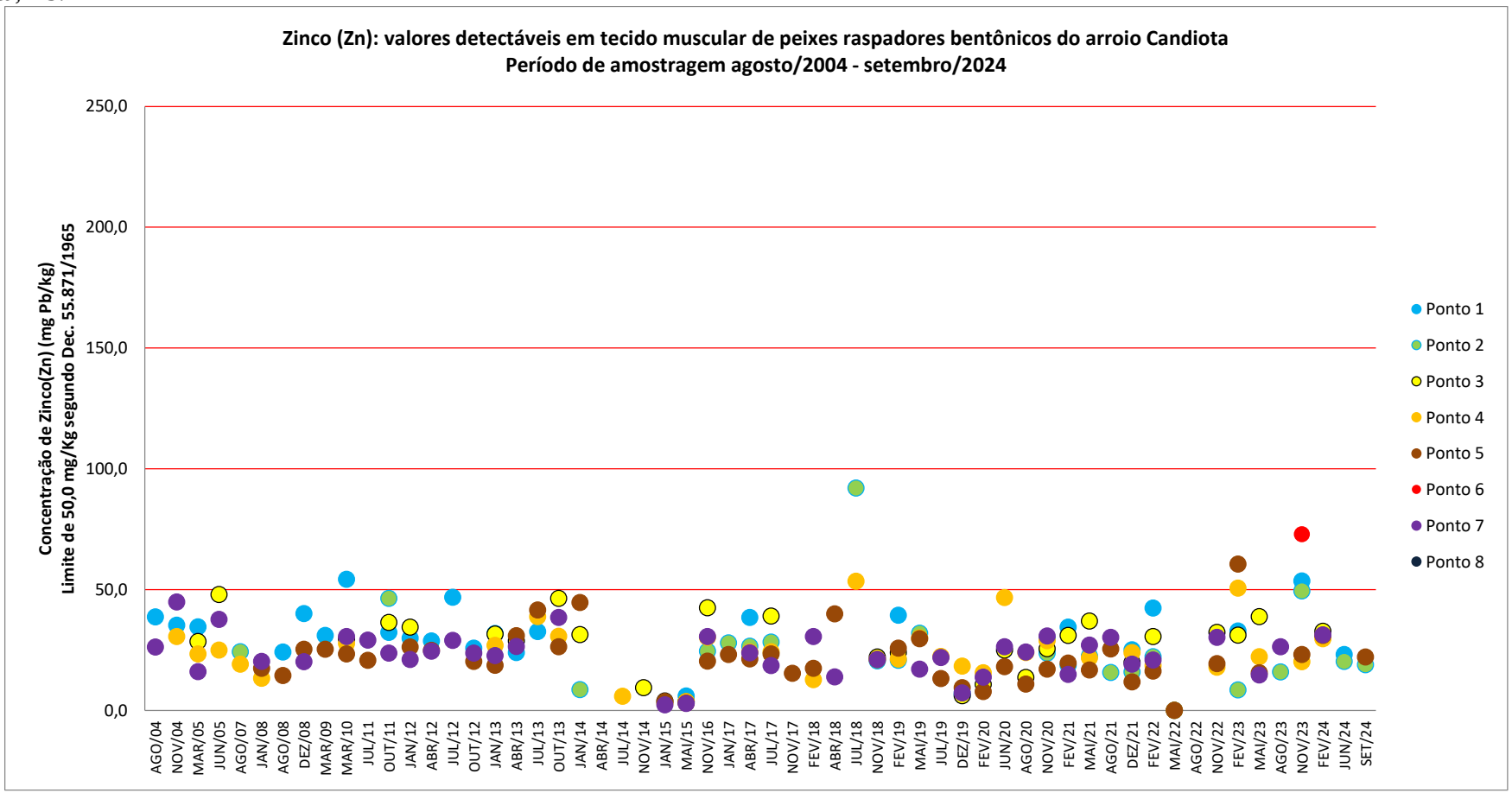


Figura 168 - Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE de Candiota, em Candiota, RS.



Todos os elementos analisados foram registrados em níveis detectáveis nos três grupos tróficos estudados sendo os elementos mais frequentemente encontrados nas amostras analisadas foram o Zinco, o Manganês e o Mercúrio.

Os registros seguem sendo feitos regularmente desde o início do monitoramento (Figura 166 a Figura 168 para o Zn; Figura 160 a Figura 162 para o Hg; Figura 157 a Figura 159 para o Mn; Figura 151 a Figura 153 para o Cu).

Com relação ao mercúrio (Hg) há uma estruturação de contaminação linear de biomagnificação na cadeia trófica sendo menor e menos frequente nos peixes raspadores bentônicos, intermediária nos onívoro e maior e mais frequente nos peixes carnívoros (Figura 160 a Figura 162).

Com relação ao Zinco e ao Manganês as análises apontam níveis mais críticos de contaminação entre os onívoros (lambaris). Quanto ao Cobre, valores detectáveis são registrados quase de maneira equânime entre carnívoros e onívoros com uma leve redução de registros entre os raspadores bentônicos. No entanto, apenas dois registros de concentração acima do LMT foram feitos até o momento.

Os resultados obtidos no período 2016/2017 mostram um cenário distinto em relação ao Cobre (Cu) em todos os níveis tróficos. A despeito de não apresentar concentrações acima do limite de segurança estabelecido pelo Dec. 55.871/1965, nos três níveis tróficos e em todos os locais adotados no monitoramento a presença de cobre no músculo dos peixes apresentou-se em níveis mais elevados que aqueles observados na série histórica de monitoramento.

A pesca na região de monitoramento do arroio Candiota é essencialmente recreacional não sendo de nosso conhecimento a exploração de subsistência desse recurso. No entanto, devido ao conjunto de registros de concentrações detectáveis de elementos-traço e metais pesados e, especialmente ***as elevadas concentrações registradas para mercúrio na carne de peixes carnívoros como traíras e brancas (Oligosarcus* sp.*), do Arsênio nos cascudos e mais recentemente o significativo aumento de amostras contaminadas com cromo em todos os níveis tróficos e em toda a rede de monitoramento, alerta-se para a necessidade de uma ação no sentido de informar a população para o risco à saúde representado pelo***

consumo da carne dos peixes do arroio Candiota, mesmo que de maneira esporádica, na medida em que os metais encontrados são cumulativos no organismo.

Outra questão que deve ser melhor analisada pelo órgão ambiental é que a região de estudo é a porção superior da bacia hidrográfica do rio Jaguarão e o arroio Candiota é um importante afluente formador desse rio que escoa suas águas, na foz, junto a Lagoa Mirim. De acordo com Pieve e colaboradores (2009)[43] em Jaguarão, existem duas organizações de pescadores, a Colônia de Pescadores Z-25 (66,7%) e o Sindicato dos Pescadores (26,6%) e 6,7% dos pescadores declararam não fazer parte de nenhuma dessas organizações. Em Jaguarão 79,7% dos entrevistados vivem exclusivamente da pesca enquanto os outros aproximadamente 20% dividem suas fontes de renda entre atividades formal e informalmente realizadas como funcionalismo público, carpintaria, pintura e limpeza de casas ou aposentadoria (Pieve *et al.,* 2009)[44]. ***Os dados encontrados no monitoramento abrem questionamento para a possibilidade de propagação da contaminação encontrada no arroio Candiota para as porções de jusante, no rio Jaguarão onde existe a atividade de pesca comercial e de subsistência.***

[43] [*S. l.*], [*s. d.*]. Disponível em: https://www.gov.br/mda/pt-br/acervo-nucleo-de-estudos-agrarios/nead-outras-publicacoes-1/20-pescadores-artesanais-da-lagoa-mirim-etnoecologia-e-resiliencia.pdf. Acesso em: 19 jan. 2025b.
[44] Ibid.

3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO PARA O AMBIENTE TERRESTRE

Para este ambiente estão considerados os compartimentos: flora, avifauna, herpetofauna, bioindicadores da qualidade do ar e bioindicadores da atividade pecuária. Esse relatório final apresenta os resultados compilados das coletas e análises realizadas no período de novembro de 2023 a dezembro de 2024.

3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A localização das Estações Amostrais do Monitoramento do Ambiente Terrestre está apresentada no Quadro 38.

Quadro 38 - Localização das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Terrestre

Estação Amostral	**Coordenadas do Ponto**	**Denominação**
EA 1	UTM 262163 / 6503935 S31º44.033'/ W053º35.108'	Fazenda Serra da Veleda (EA de referência) Fazenda Tarumã (Pecuária)
EA 2	UTM 241561 / 6501179	Fazenda Três Lagoas
EA 3	UTM 243736 / 6510363 S31º32.906'/ W053º44.193'	Fazenda Candiota Sr. Francisco Vanderlei Vasconcelos (Pecuária)
EA 4	UTM 248153 / 6509846	Nordeste - Chácara Santa Clara Sr. Clair Saraçol (Pecuária)
EA 5	UTM 249292 / 6503784	Sudeste – Fazenda Santa Rita

Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Para efeito da localização exata das estações amostrais em campo, foi considerada uma área amostral real de até 1.000 metros de raio no entorno dessas coordenadas UTM.

A direção das cinco estações de monitoramento do ambiente terrestre em relação à Usina Termelétrica de Candiota, em Candiota/RS e o objetivo das estações estão apresentados no Quadro 39.

Quadro 39 - Estações amostrais da Rede de Monitoramento para o Ambiente Terrestre.

EA	Localização	Objetivo
1	Direção leste a partir da Usina	Avaliar o background da região
2	Direção sudoeste a partir da Usina	Avaliar a contribuição direta da fonte de emissão sobre o ecossistema terrestre na direção predominante do vento
3	Direção noroeste a partir da Usina	Avaliar a contribuição direta da fonte de emissão na direção predominante secundária do vento
4	Direção nordeste a partir da Usina	Avaliar o impacto sobre o ecossistema terrestre na direção nordeste
5	Direção sudeste a partir da Usina	Validar a estação de referência

Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Para o monitoramento ambiental dos bioindicadores da qualidade do ar através de bioindicacão vegetal, a Rede de Monitoramento para o Ambiente Terrestre foi ampliada com as estações apresentadas no Quadro 40 e Quadro 41.

Quadro 40 - Localização das Estações Amostrais Complementares da Rede de Monitoramento Ambiental para o Biomonitoramento da Qualidade do Ar.

EA	Latitude	Denominação
6*	UTM 242441 / 650646	Dário Lassance
7	UTM 236572 / 6500000	Assentamento São José
8	UTM 244070 / 6504011	AFUCAN
9	UTM 246406 / 6516544	Vila Operária
11	UTM 232580 / 6492372	8 de agosto
12	UTM254050 / 6486674	Pedras Altas

Fonte: elaborado pelos autores (2024)

* somente monitoramento ativo

Quadro 41 - Estações amostrais Complementares da Rede de Monitoramento Ambiental para o Biomonitoramento da Qualidade do Ar.

EA	Localização	Objetivo
6	Direção noroeste a partir da Usina	Avaliar a contribuição direta da fonte de emissão na direção predominante secundária do vento.
7 e 8	Direção sudoeste a partir da Usina	Avaliar a contribuição direta da fonte de emissão sobre o ecossistema terrestre na direção predominante do vento.
9	Direção norte a partir da Usina	Avaliar a qualidade do ar em área residencial nas proximidades da usina.
11	Direção sudoeste a partir da Usina	Avaliar a distância máxima de influência das emissões da usina na direção predominante do vento.
12	Direção sudeste a partir da Usina	Avaliar o background da região em comparação aos dados da estação de monitoramento automático localizada no município de Pedras Altas junto a esta estação de amostragem.

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

A localização Rede de Monitoramento para o Ambiente Terrestre está apresentada na Figura 169, complementada pela Figura 170.

Figura 169 - Distribuição das Estações Amostrais da Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Terrestre

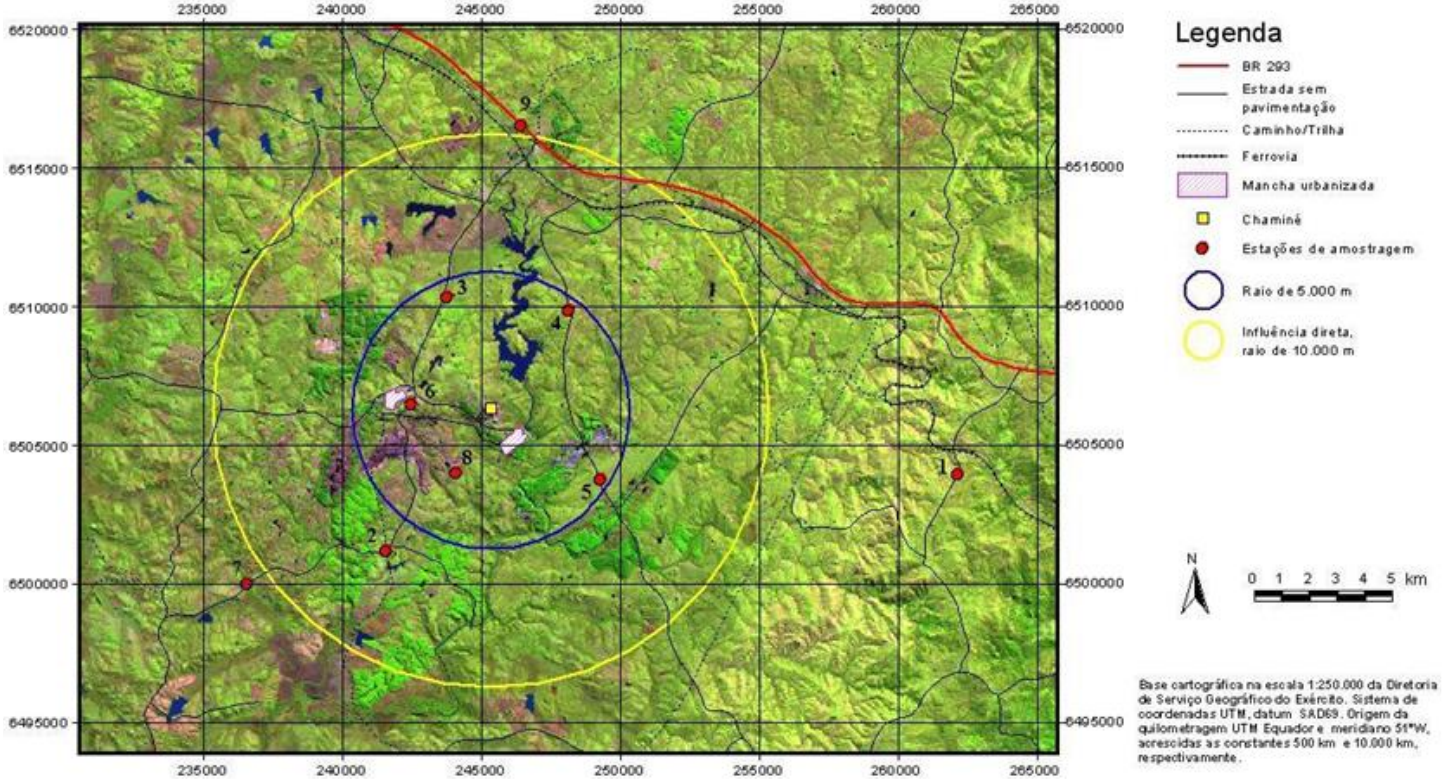
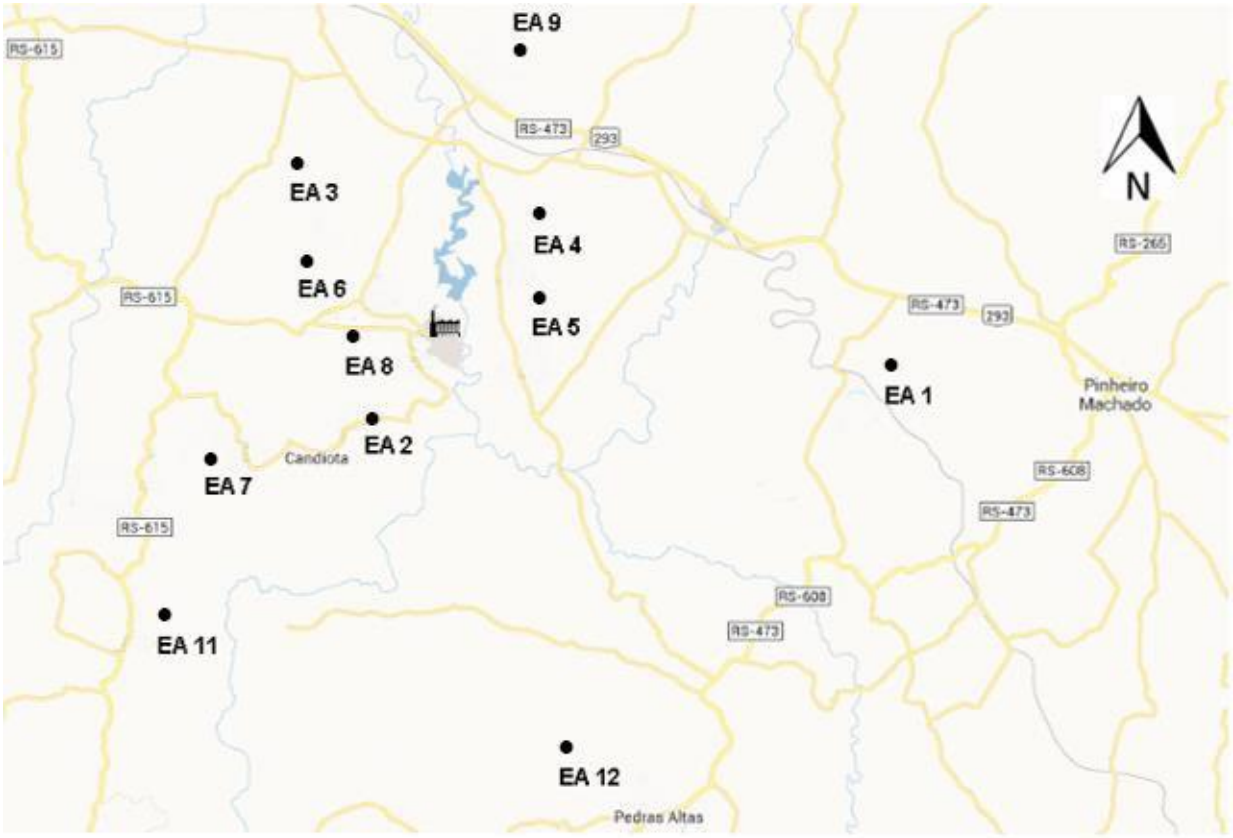


Figura 170 - Localização das estações de amostragem (EAs). Os ícones representam a localização do ponto de amostragem e onde foram tomadas as imagens com as coordenadas geográficas



3.2. MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO

Responsabilidade técnica: Biólogo MSc Rogério Both – CRBio 34219, Biólogo Dr. Paulo Luiz de Oliveira – CRBio 017220

3.2.1. Introdução

No presente relatório, são apresentados os resultados das atividades de quatro campanhas de monitoramento, em cinco propriedades rurais (Estações Amostrais - EAs), conforme previsto no projeto de monitoramento ambiental da Usina Termelétrica de Candiota. As campanhas foram realizadas nos meses de novembro de 2023 (campanha de primavera), março de 2024 (campanha de verão), julho de 2024 (campanha de outono) e agosto de 2024 (campanha de inverno), sendo amostradas as comunidades vegetais campestres, com os seguintes objetivos:

► Examinar a composição florística e a estrutura das comunidades, mediante o emprego de parâmetros fitossociológicos.

► Identificar a presença de espécies em extinção, de espécies exóticas e de espécies exóticas invasoras.

► Verificar a possibilidade de ocorrência de alterações na vegetação, em decorrência de influências climáticas, de ações antrópicas e de atividades relacionadas à Usina Termelétrica de Candiota.

► Estabelecer uma classificação das EAs, por meio da ponderação de critérios florísticos e fitossociológicos, bem como a presença de espécies exóticas, espécies exóticas invasoras e ação antrópica.

3.2.2. Métodos

Amostragem

Foram efetuados levantamentos florísticos nas cinco EAs previstas no Termo de Referência (TR): EA1 (Fazenda Serra do Veleda), EA2 (Fazenda Três Lagoas), EA3 (Fazenda Candiota), EA4 (Chácara Santa Clara) e a EA5 (Fazenda Santa Rita). A EA1, situada no município de Pinheiro Machado, é a estação de referência; as demais EAs localizam-se no município de Candiota.

Para cada EA, foi estabelecido um transecto, norteador da execução dos levantamentos florísticos, com localização permanente. Apenas na EA2 (Fazenda Três Lagoas) houve necessidade de uma alteração temporária no local de amostragem, pois no final de 2016 a área até então escolhida para monitoramento foi utilizada para monocultura de soja. O transecto foi, então, transferido para uma área adjacente, na mesma propriedade e ainda com cobertura vegetal campestre nativa. Ao longo do ano de 2018, com a não continuidade do cultivo de soja, constatou-se uma lenta e gradual regeneração natural da vegetação campestre nativa, o que possibilitou o retorno da atividade de amostragem ao seu local original.

No período referente ao presente monitoramento, foram realizadas quatro campanhas, a saber: primavera, verão, outono e inverno. Esse procedimento amostral visa verificar a dinâmica vegetacional quanto à composição florística e à estrutura ao longo de um período de doze meses. A sazonalidade pretendida à amostragem da vegetação busca comparar a cobertura vegetal em cada estação do ano e as influências da sazonalidade na

expressão da vegetação local. Por este motivo, a escolha das datas de amostragem recai, sempre que possível, no período central de cada estação do ano.

Para a realização dos inventários florísticos empregou-se a técnica de parcelas de 0,25 m^2 (Figura 171), distribuídas alternadamente ao longo de um transecto disposto na área de campo amostrada. Em cada uma das EAs, utilizaram-se 38 parcelas (Figura 172).

Figura 171 - Parcelas amostrais em uma área de campo.

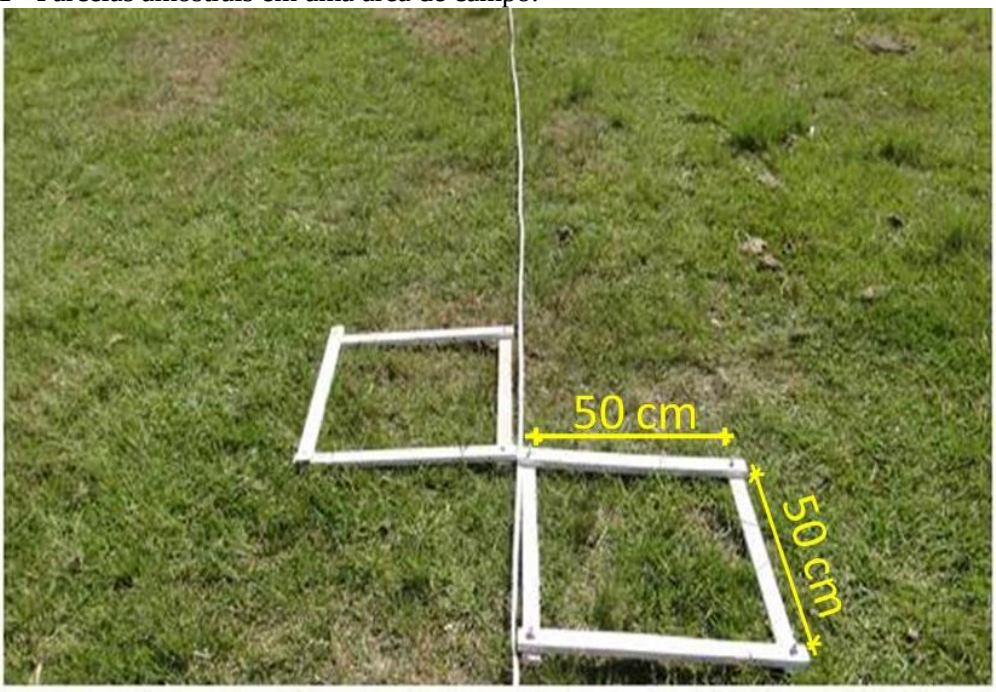
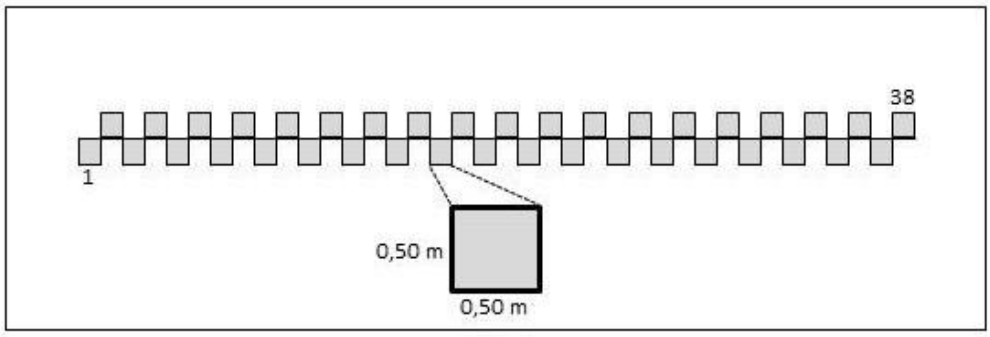
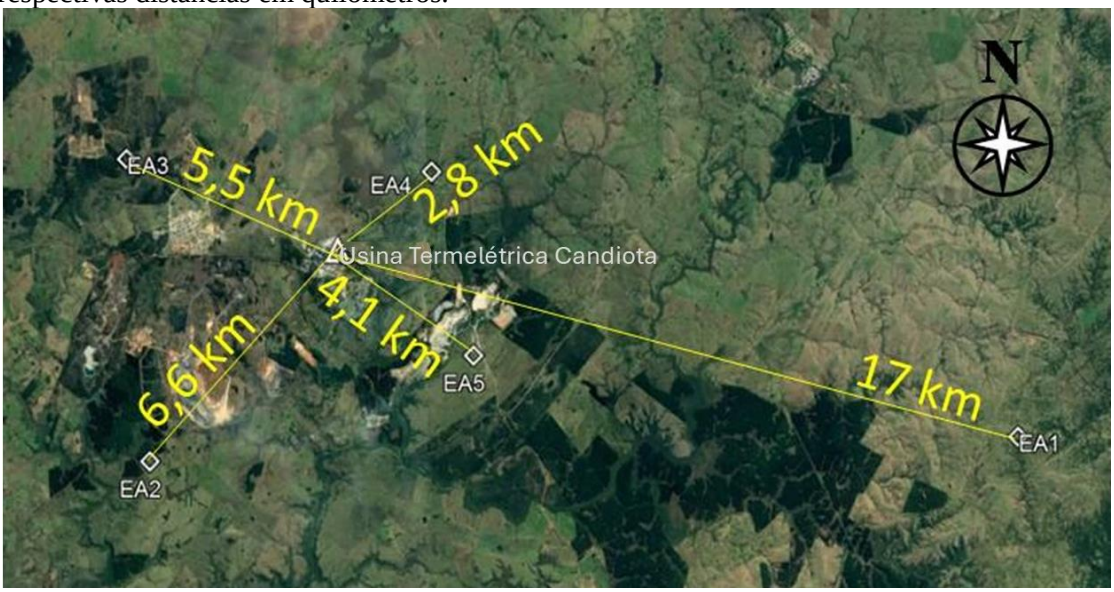


Figura 172 - Representação esquemática mostrando a distribuição espacial das 38 parcelas amostrais ao longo do transecto.



A distribuição espacial das cinco diferentes EAs em relação à Usina Termelétrica de Candiota, é apresentada na Figura 173.

Figura 173 - Localização das cinco diferentes EAs em relação à Usina Termelétrica de Candiota, com as respectivas distâncias em quilômetros.



-

As Figuras abaixo apresentam a localização de cada um dos transectos, nas respectivas EAs.

Figura 174 - Localização do transecto amostral na EA1 – Fazenda Serra do Veleda.

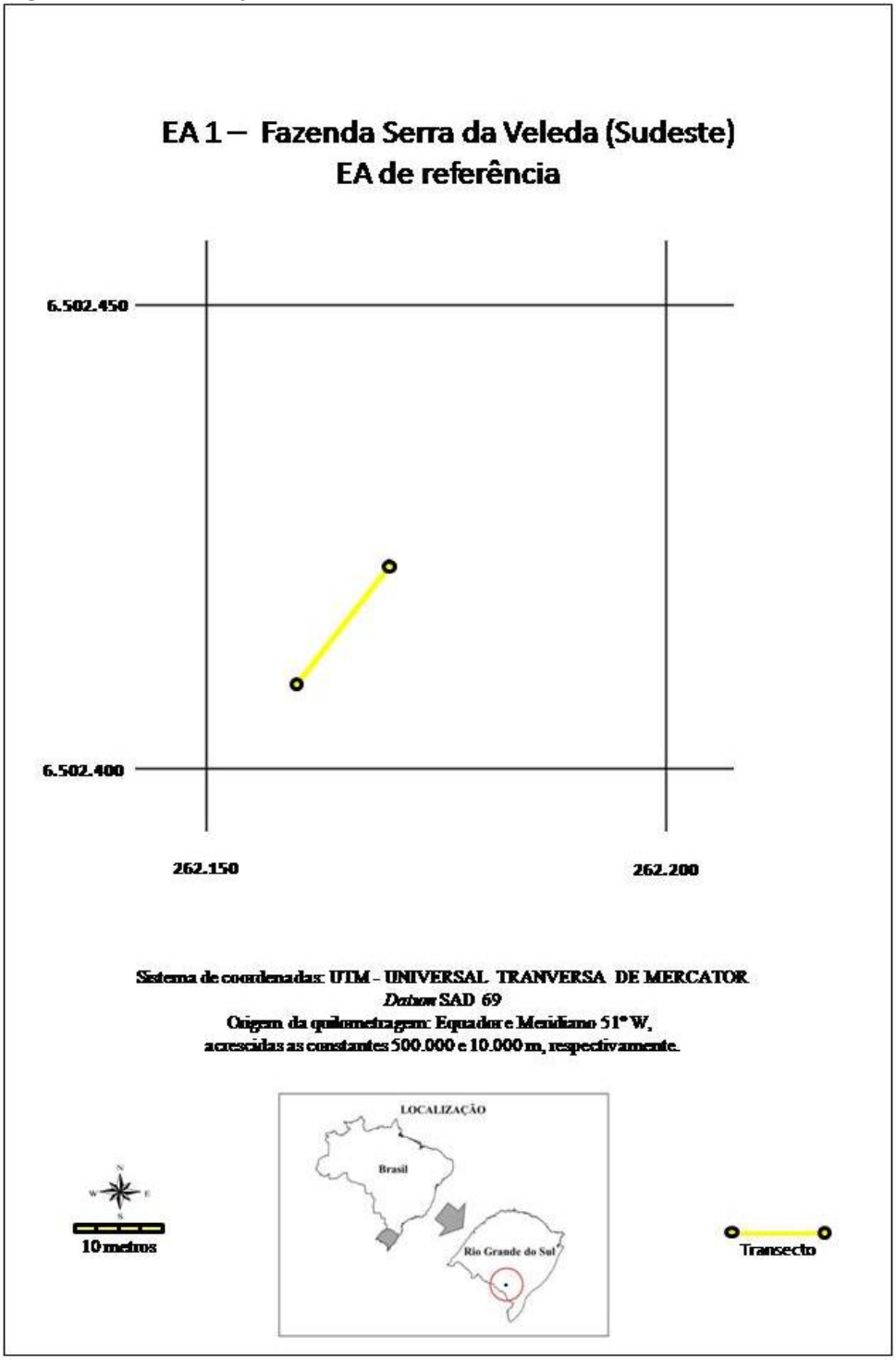


Figura 175 - Localização do transecto amostral na EA2 – Fazenda Três Lagoas.

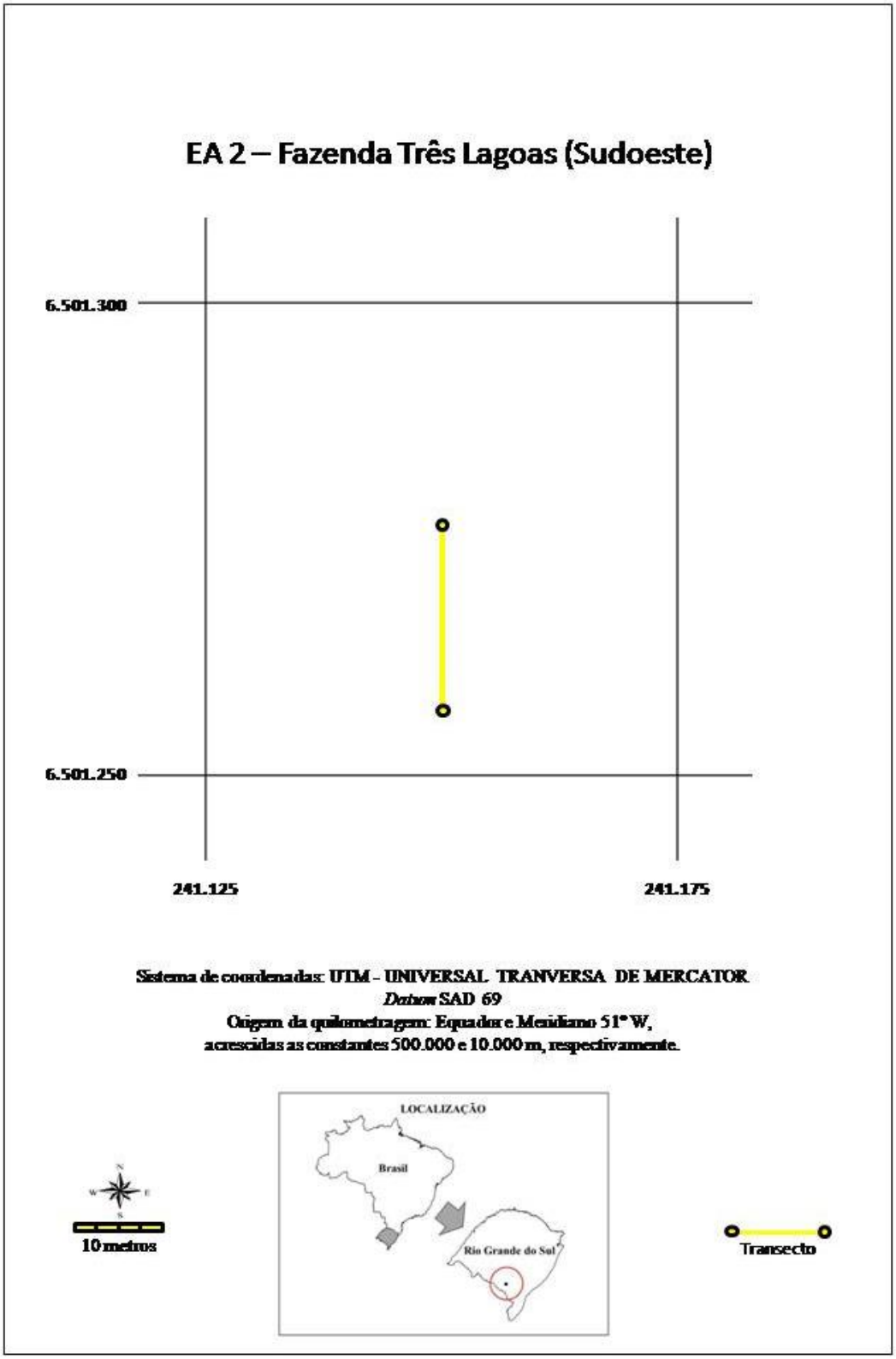


Figura 176 - Localização do transecto amostral na EA3 – Fazenda Candiota.

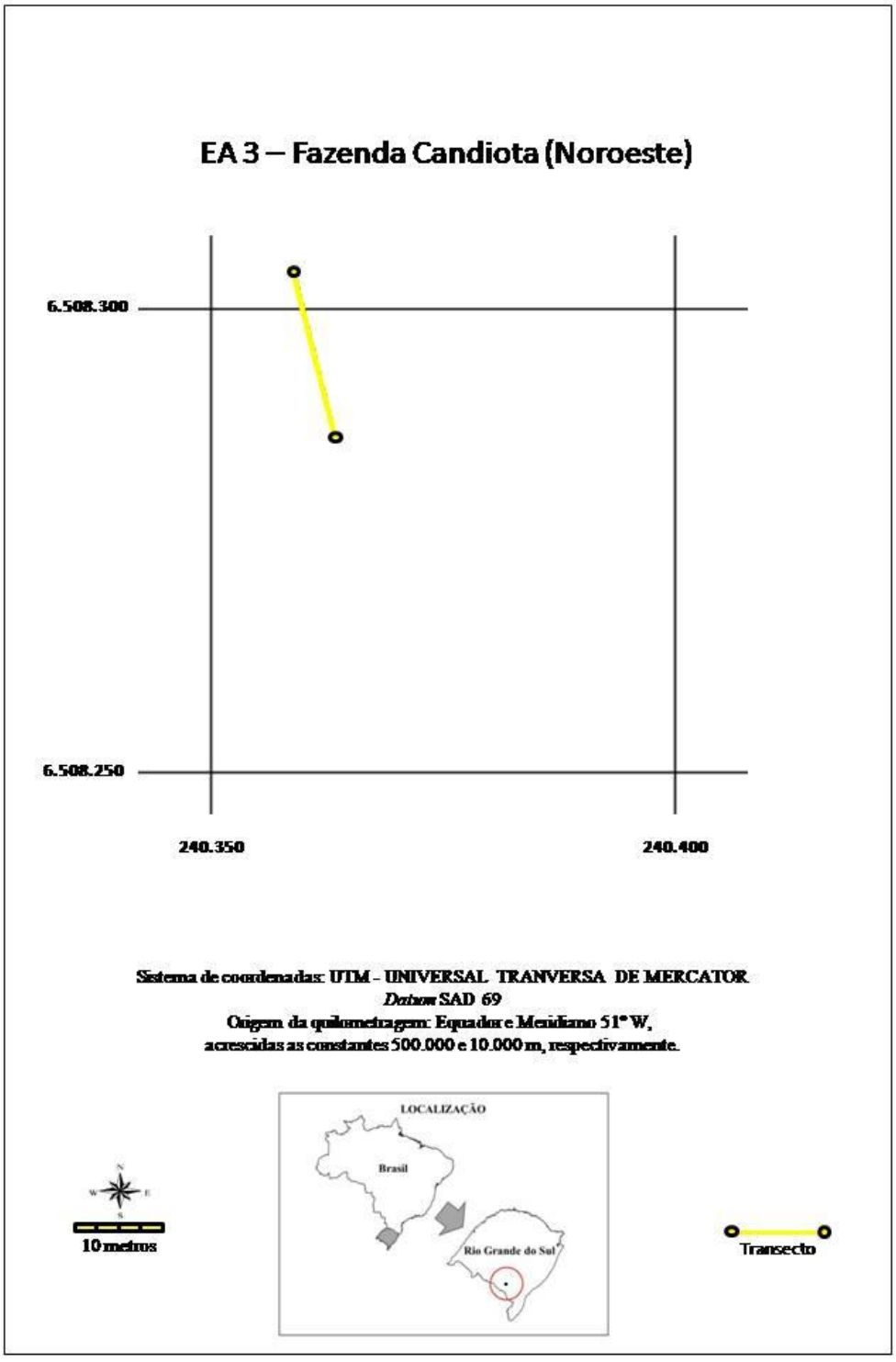


Figura 177 - Localização do transecto amostral na EA4 – Chácara Santa Clara.

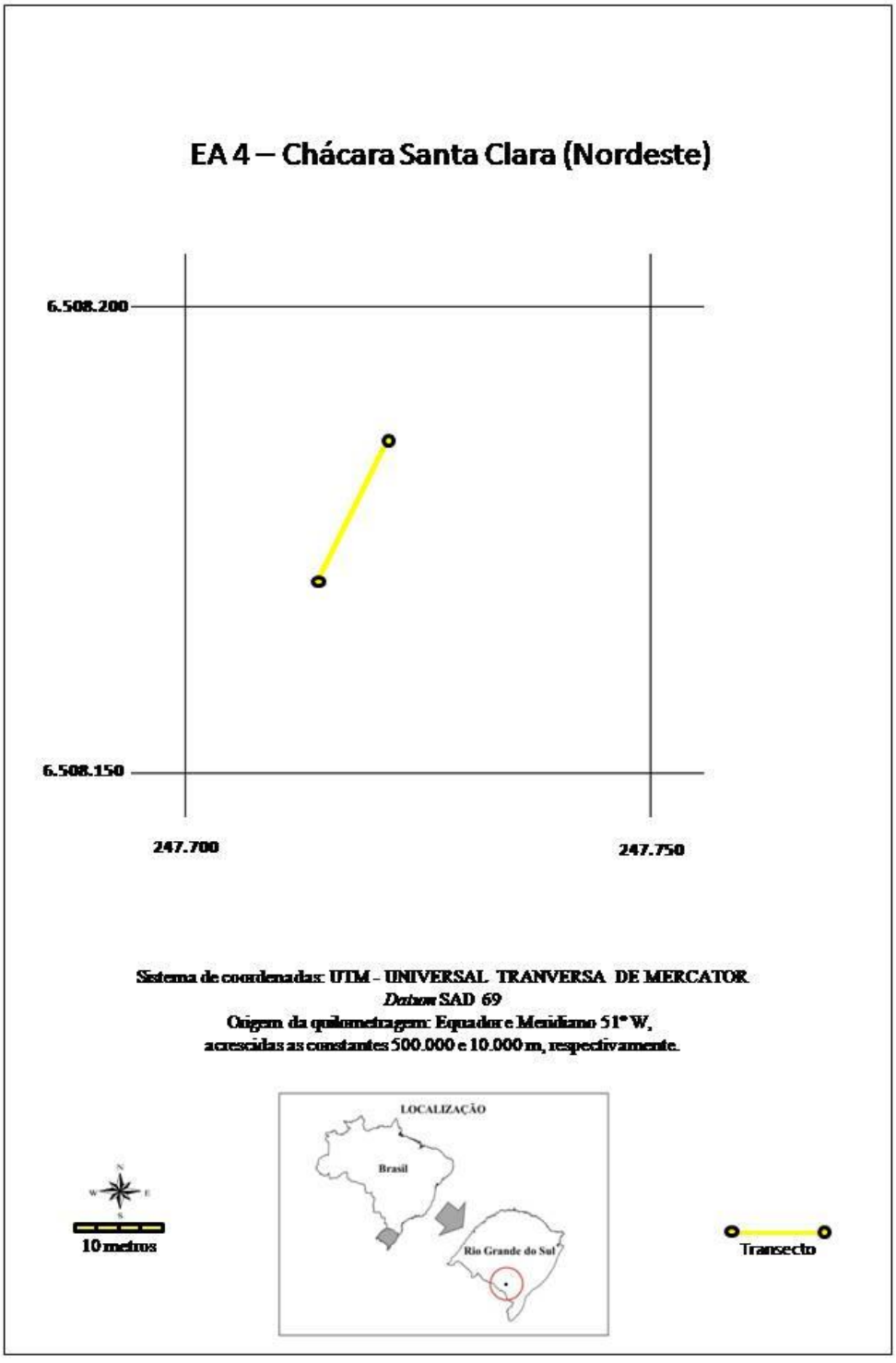
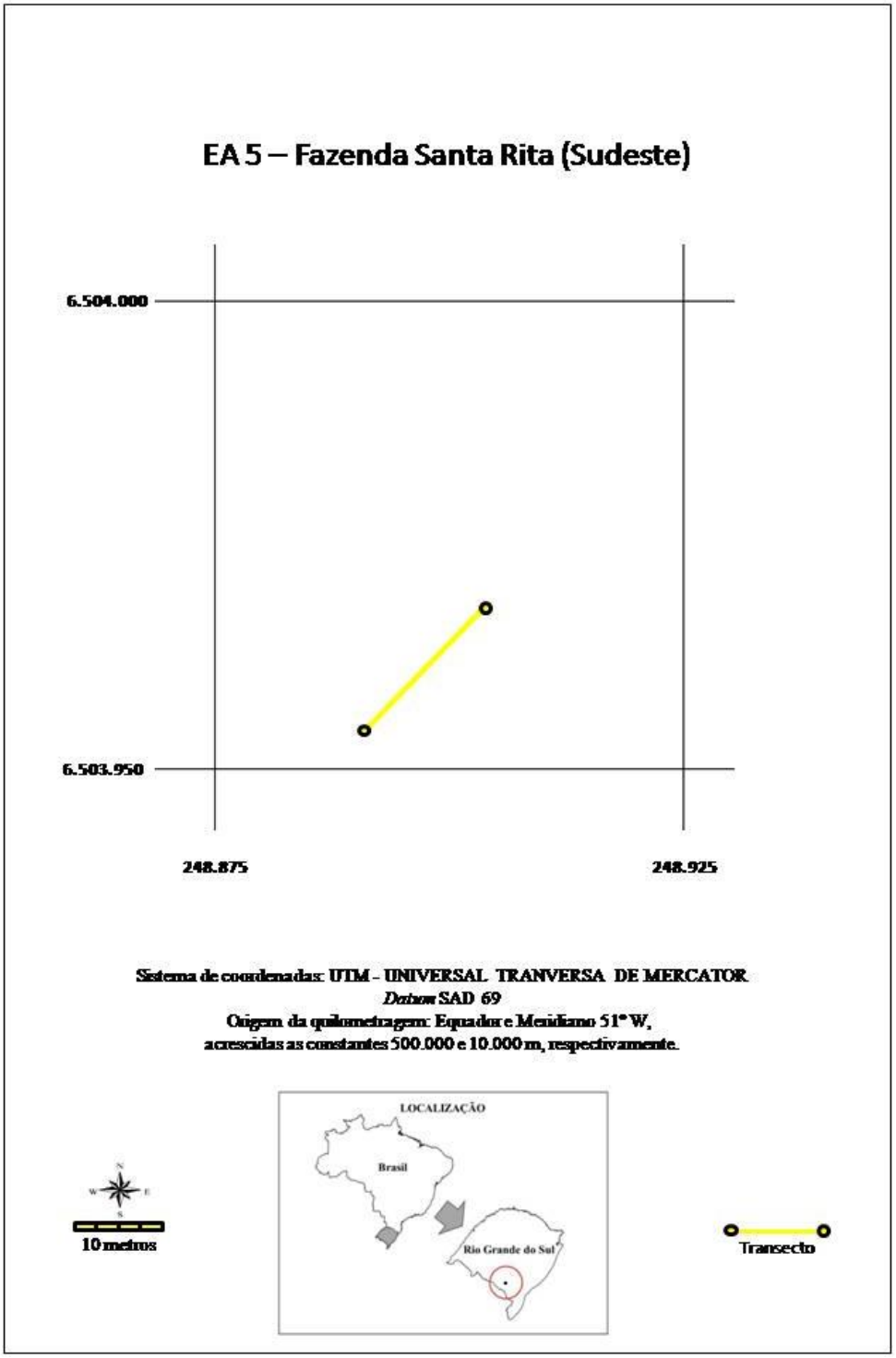


Figura 178 - Localização do transecto amostral na EA5 – Fazenda Santa Rita.



Levantamento florístico

Os espécimes botânicos foram identificados mediante consultas de material de herbário e publicações especializadas, principalmente sobre florística e taxonomia. Para as identificações botânicas, foi seguido o sistema de classificação APG (Angiosperm Phylogeny Group).

Em todas as campanhas (de novembro de 2023 a agosto de 2024), em todas as parcelas das EAs, além da identificação e registro das espécies ocorrentes (riqueza de espécies), foi estimado o grau de cobertura do solo de cada uma delas. A cobertura é um parâmetro fitossociológico que possibilita estimar a abundância da espécie considerada em relação à área estabelecida. A técnica empregada foi a de Braun-Blanquet (modificada), sendo adotadas seis classes de cobertura: **r** (até 1% de cobertura), **1** (de 1 a 12,5%), **2** (12,5-25%), **3** (25-50%), **4** (50-75%) e **5** (75-100%).

Fitossociologia

Procedimento analítico

Para cada espécie registrada no levantamento fitossociológico, foram calculados os seguintes parâmetros: a cobertura absoluta (CA), a frequência absoluta (FA), a cobertura relativa (CR), a frequência relativa (FR) e o valor de importância (VI), segundo Moeller-Dombois & Ellenberg (1974):

A **Cobertura Absoluta** (CA) é o somatório dos percentuais de cobertura da espécie *i*. Para o cálculo da cobertura absoluta, o percentual utilizado de cada variável (espécie *i*) foi o valor médio do intervalo da classe a qual pertence: “r” = 0,1%; “1” = 6,5%; “2” = 18,75%; “3” = 37,5%; “4” = 62,5% e “5” = 87,5%.

A **Frequência Absoluta** (FA) é obtida pela seguinte equação: $FA = (UA_i / UA_t) \times 100$, onde: UA_i = número de unidades amostrais onde a espécie *i* ocorre; UA_t = número total de unidades amostrais.

A **Cobertura Relativa** (CR) é obtida pela equação: CR = (CA da espécie *i* / somatório de todas CA) × 100.

A **Frequência Relativa** (FR) é obtida pela equação: FR = (FA da espécie *i* / somatório de todas FA) × 100.

O **Valor de Importância** (VI): é obtido pela equação: VI = (CR + FR) / 2

Em cada área, foram avaliadas a riqueza de espécies, a diversidade específica (H' de Shannon), a equabilidade (J' de Pielou) e diversidade (D de Simpson), com base nos valores de frequência das espécies nas parcelas.

No presente estudo fitossociológico das comunidades campestres das cinco estações de amostragem (EAs), foram analisados os dados das campanhas de inverno e primavera (julho e agosto de 2024, respectivamente).

3.2.3. Resultados e comentários

Composição florística

Os resultados dos inventários florísticos das quatro campanhas, nas cinco EAs, estão expostos no Quadro 42.

Quadro 42 Espécies vegetais presentes em comunidades campestres nas cinco EAs amostradas: EA1 – Fazenda Serra do Veleda (estação de referência); EA2 – Fazenda Três Lagoas; EA3 – Fazenda Candiota; EA4 – Chácara Santa Clara; EA5 – Fazenda Santa Rita. 1 – Campanha de primavera (novembro de 2023); 2 – Campanha de verão (março de 2024); 3 – Campanha de outono (julho de 2023); 4- Campanha de inverno (agosto de 2024). NI*= Não identificada devido à ausência de estruturas reprodutivas e à ocorrência de material vegetativo incompleto (o número entre parênteses corresponde ao registro na planilha de campo).

Família	Espécie	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Acanthaceae	*Stenandrium dulce* (Cav.) Nees	4		3-4		
Alliaceae	*Ipheion sellowianum (Kunth) Traub*	4				
Amaranthaceae	*Chenopodium sp.*	1				
Amaranthaceae	*Pfaffia tuberosa* (Spreng.) Ricken	1-2-3			2	
Amaryllidaceae	*Beauverdia* sp.	4				
Amaryllidaceae	*Nothoscordum montevidense* Beauverd				3	
Apiaceae	*Cyclospermum leptophyllum* Sprague ex Britton & P. Wilson	1-4		1		
Apiaceae	*Eryngium horridum* Malme	2-3-4	4	1-2-3-4	2-3	4
Apiaceae	*Eryngium nudicaule* Lam.	3	1-3-4		4	
Apiaceae	*Eryngium sanguisora* Cham. Et Schlecht	4				
Apiaceae	*Daucus pusillus* Michx.					4
Araliaceae	*Hydrocotyle exigua* Malme	4				
Araliaceae	*Hydrocotyle sp.*			4		
Asteraceae	*Acanthostyles buniifolius* (Hook. & Arn.) R. M. King & H. Rob		2-4	1-2-4	2	
Asteraceae	*Aspilia montevidensis* (Spreng.) Kuntze	1-2-4		1-2-3-4		
Asteraceae	*Baccharis cognata* DC.			4		
Asteraceae	*Baccharis coridifolia* DC.					2-4
Asteraceae	*Baccharis crispa* Spreng.	4	4	1-2-4		
Asteraceae	*Baccharis dracunculifolia* DC.			1		
Asteraceae	*Chaptalia arechavaletae* Hieron.		3-4			
Asteraceae	*Chaptalia exscapa* (Pers. Baker	1-3		1-3-4	4	1
Asteraceae	*Chaptalia integerrima* (Vell.) Burkart	4	4	1-2-3-4	3-4	

Família	Espécie	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Asteraceae	*Chaptalia piloselloides* (Vahl) Baker		3	1-2-3-4	1-3-4	
Asteraceae	*Chaptalia runcinata* Kunth			1		
Asteraceae	*Chevreulia acuminata* Less.	1		1-4	1	
Asteraceae	*Chevreulia sarmentosa* (Pers.) Baker	2-3-4	1-4	2-3	4	
Asteraceae	*Cirsium vulgare* (Savi) Ten.					1-4
Asteraceae	*Erigeron bonariensis* var. *angustifolius* (Cabrera)	1-4	1-2-3	3-4	2	4
Asteraceae	*Erigeron bonariensis* L.		1	1		
Asteraceae	*Elephatopus mollis* Kunth	1-3	2-4	4	4	2
Asteraceae	*Facelis retusa* (Lam.) Sch. Bip.	1-3-4	1-3-4	1-3-4	1-3-4	
Asteraceae	*Gamochaeta americana* (Mill.) Wedd.	4	1-2	4	1-2-4	
Asteraceae	*Gamochaeta coarctata* (Willd.) Kerguélen	4	3	3-4	1	
Asteraceae	*Hypochaeris albiflora* (Kuntze) Azevêdo-Gonç. & Matzenb.			1-4		
Asteraceae	*Hypochaeris glabra* L.	2-3-4	1-3	1-3-4		
Asteraceae	*Hypochaeris megapotamica* Cabrera	1-3	3	1-3-4	1-3	
Asteraceae	*Hypochaeris radicata* L.	4	4			4
Asteraceae	*Lucilia acutifólia* (Poir.) Cass.	2		2		
Asteraceae	*Lucilia nitens* Less.		3			
Asteraceae	*Noticastrum diffusum* Cabrera	2-3-4	3			
Asteraceae	*Senecio brasiliensis* (Spreng.) Less.	4	1-4			
Asteraceae	*Senecio heterotrichius* DC.		1-3			
Asteraceae	*Senecio madagascariensis* Poir.	3	1-2-3-4	1-3	1-3-4	1-4
Asteraceae	*Solidago chilensis* Meyen		3-4	2-3-4		
Asteraceae	*Soliva anthemifolia* (Juss.) Sweet	1-3-4	1-3-4	1-3-4	1-3-4	1-4
Asteraceae	*Stenachaenium campestre* Baker			3		
Brassicaceae	*Lepidum bonariense* L.	1	1-4		4	1
Briófita	Musgo				1-4	
Campanulaceae	*Triodanis perfoliata* (L.) Nieuwl.		1	1	1	
Caryophyllaceae	*Cerastium glomeratum* Thuil	1		1	4	1-4
Caryophyllaceae	*Cerastium humifusum* Cambess. ex A. St.-Hil.	4	4		3-4	3
Caryophyllaceae	*Spergularia sp.*		4			
Caryophyllaceae	*Stellaria media* (L.) Vill.	4	4			4
Caryophyllaceae	*Paronichia sp.*	2				
Cistaceae	*Crocanthemum brasiliensis Spach*			4		
Convolvulaceae	*Dichondra sericea* Sw.	1-2-3-4	1-3-4	1-2-3-4	1-3-4	1-3-4
Convolvulaceae	*Evolvulus glomeratus* Nees & C. Mart.		4			
Convolvulaceae	*Evolvulus sericeus* Sw.	2		1-2-3-4	2-3-4	3
Cyperaceae	*Bulbostylis capillaris* (L.) C. B. Clarke	1-2-3	1-3	1-3	1-3-4	1-3
Cyperaceae	*Bulbostylis juncoides* (Vahl) Kük. ex Herter					1-3
Cyperaceae	*Carex phalaroides* Kunth		2	1-2		2
Cyperaceae	*Carex sororia* Kunth		1-3-4	4		1-4
Cyperaceae	*Cyperus aggregatus* (Willd.) Endl.		2			
Cyperaceae	*Cyperus brevifolius* (Rottb.) Endl. ex Hassk.	1	1		2	
Cyperaceae	*Cyperus luzulae* (L.) Retz.			1		
Cyperaceae	*Cyperus obtusatus* (J. Presl & C. Presl) Mattf & Kük	2-4	2-3		2	
Cyperaceae	*Cyperus reflexus* Vahl		3	2-3-4		
Cyperaceae	*Cyperus rigens* J. Presl & C. Presl	3				
Cyperaceae	*Cyperus polystachyos* Rottb.		1	1		
Cyperaceae	*Cyperus sesquiflorus* (Torr.) Mattf. & Kük	3	3		3	3
Cyperaceae	*Cyperus sp.* (nº 98)		4			
Fabaceae	*Desmodium incanum* DC.	1-2-3	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4
Fabaceae	*Stylosanthes leiocarpa* Vogel				1	
Fabaceae	*Trifolium polymorphum* Poir.	1-3-4	4	1-3-4		
Hypoxidaceae	*Hypoxis decumbens* L.	1-4	1-3-4	1-2-3-4	1-3-4	1-4

Família	Espécie	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Iridaceae	*Herbertia lahue* (Molina) Goldblatt	1-4	1-3-4	1-3-4	1-3-4	1-3
Iridaceae	*Sisyrinchium micranthum* Cav.	1				
Iridaceae	*Sisyrinchium palmifolium* L.	4				
Iridaceae	*Sisyrinchium scariosum* Johnst.	1				
Juncaceae	*Juncus capilaceus* Lam.	4	2-4	2-4	2	2-4
Lythraceae	*Cuphea glutinosa* Cham. & Schltdl.	4	4		1	
Lythraceae	cf. *Cuphea racemosa*	1				
Lamiaceae	*Glechon thymoides* Spreng.				4	
Lamiaceae	*Salvia procurrens* Benth.	1				
Lamiaceae	*Salvia ovalifolia*	4				
Lamiaceae	*Scutellaria racemosa* Pers.		1-3-4	1	1	
Linaceae	*Cliococca selaginoides* (Lam.) C. M. Rogers & Mild				1	
Malvaceae	*Krapovickasia flavescens (Cav.) Fryxell*	2				
Malvaceae	*Sida rhombifolia* L.	1-3	1-2-3-4	1-2-3-4	2-3	1-2-4
Moraceae	*Dorstenia brasiliensis* Lam.	1-3-4		2		
Myrtaceae	*Psidium salutare* var *sericeum* (Cambess.) Landrum			2-4		
Ophioglossaceae	*Ophioglossum crotalophoroides* Walter		4		3-4	
Orobancaceae	*Agallinis communis* (Cham. & Schltdl.) D'Arcy		4			
Oxalidaceae	*Oxalis bipartita* A. St.- Hil.	3	4	4	3	4
Oxalidaceae	*Oxalis brasiliensis* G. Lodd.	3	3	1	3-4	3
Oxalidaceae	*Oxalis eriocarpa* DC.	2-3-4	3	1-2-3-4	3-4	3-4
Oxalidaceae	*Oxalis lasiopetala* Zucc.	4	4	1-4		3
Oxalidaceae	*Oxalis refracta* A. St.- Hil.			1-3	4	
Oxalidaceae	*Oxalis sellowiana* Zucc.	1-3-4	3-4	3-4	3	1-3-4
Plantaginaceae	*Angelonia integérrima* Sprengel	4				
Plantaginaceae	*Mecardonia procumbens* (Mill.) Small				1-4	4
Plantaginaceae	*Plantago myosuros* Lam.	1	1-4	1-2-4	1-4	
Plantaginaceae	*Plantago tomentosa* Lam.	4	3	1		
Plantaginaceae	*Plantago australis* Lam.	4				
Plantaginaceae	*Scoparia dulcis* L.		3-4	4		
Plantaginaceae	*Scoparia ericácea* Cham. & Schltdl.		4			
Plantaginaceae	*Veronica arvensis* L.	1-4	4	4	4	1-4
Poaceae	*Andropogon ternatus* (Spreng.) Nees	2-3	2	2-3	2-3	
Poaceae	*Axonopus affinis* Chase	1-2-3-4	1-2-3-4	2-4	1-2-3-4	3
Poaceae	*Axonopus sp.*				2	
Poaceae	*Briza minor* L.	1	1	1	1	
Poaceae	*Cenchrus clandestinus* (Hochst ex Chiov.) Morrone	1-2-3-4	1-2-3		4	1-2-3-4
Poaceae	*Chascolytrum subaristatum* (Lam.) Desv.	1	4	1		
Poaceae	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.		1-2-3-4			
Poaceae	*Dichanthelium sabulorum* (Lam.) Gould & C. A. Clark			2-3		
Poaceae	*Eleusine tristachya* (Lam.) Lam.	1-2-3	1-3	1-3	2	3
Poaceae	*Eragrostis airoides* Nees			1-3		
Poaceae	*Eragrostis neesii* Trin.	2		1		
Poaceae	*Eragrostis plana* Nees	2	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4
Poaceae	*Lolium multiflorum* Lam.		1			1-4
Poaceae	*Melica eremophila* Torres	1		1		
Poaceae	*Mnesithea selloana* (Hack.) de Koning & Sosef	1-3	4	1-2-4	1-2-3	
Poaceae	*Nassella neesiana* (Trin. & Rupr.) Barkworth			1		
Poaceae	*Paspalum almum* Chase			1		
Poaceae	*Paspalum conjugatum* P. J. Bergius					3
Poaceae	*Paspalum dilatatum* Poir.	1-3	2-4	1-2-3-4	2	2-4

Família	Espécie	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Poaceae	*Paspalum notatum* Flügge	1-2-3-4	1-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4
Poaceae	*Paspalum plicatulum*	2		1-2		
Poaceae	*Paspalum pumilum* Nees	3	1-3	3		
Poaceae	*Piptochaetium montevidense* (Spreng.) Parodi	1-2-3-4	3-4	1-2-4	1-3-4	
Poaceae	*Poa annua* L.		1-4			
Poaceae	*Saccharum angustifolium* (Nees) Trin.			1-2-4		
Poaceae	*Setaria parviflora* (Poir.) Kerguélen	2	2-3	1-2	2-3	2
Poaceae	*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.	2-3	1-2-3	1-3		1-2
Poaceae	*Steinchisma decipiens* (Nees ex Trin.) W. V. Br.	3	3			
Poaceae	*Steinchisma hians* (Elliot) Nash.	2-3	4		2-3	
Poaceae	*Vulpia bromoides* (L.) Gray	1	1		1	
Polygalaceae	*Senega pulchella* A. St.- Hil. & Moq.	1-4			4	
Polygonaceae	*Rumex obtusifolius* L.					1-3-4
Rubiaceae	*Borreria dasycephala* (Cham. & Schltdl.) Bacigalupo & E. L. Cabral	1-2-3		1-2-4	2	1
Rubiaceae	*Borreria verticillata* (L.) G. Mey.	2-3	1-3-4	1-3-4		3
Rubiaceae	*Galianthe sp.*	1		1		
Rubiaceae	*Galium ericoides* Lam.			3		
Rubiaceae	*Galium richardianum* (Gillies ex Hook. & Arn.) Endl. ex Walp.		4	4	1-4	
Rubiaceae	*Galium* sp.	4				
Rubiaceae	*Richardia humistrata* (Cham. & Schltdl.) Steud.	1-2-3-4	1-3	2	1-2	3-4
Rubiaceae	*Richardia stellaris* (Cham. & Schltdl.) Steud.	1-2-3		4	3	
Rubiaceae	Rubiaceae				3	
Solanaceae	*Nierembergia riograndensis* Hunz & A. A. Cocucci	1-2-3-4				
Urticaceae	*Urtica dioica* L.	4				4
Verbenaceae	*Glandularia selloi* (Spreng.) Troc.				1	1
Verbenaceae	*Verbena montevidensis* Spreng.	2-3-4	4			
NI*	NI 1 (nº 67)	2				

No ano de 2020 o PROJETO FLORA BRASIL 2020 introduziu atualizações na taxonomia de algumas espécies, modificando a sua denominação científica. O Projeto Flora Brasil 2020 tem como objetivo fazer a divulgação de descrições, chaves de identificação e ilustrações para todas as espécies de plantas, algas e fungos conhecidos no Brasil. O projeto faz parte do Programa Reflora que está sendo realizado com o apoio do Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr), uma plataforma *online* que integra dados sobre a biodiversidade e os ecossistemas, provenientes de fontes diversas do Brasil e do exterior.

A nova nomenclatura foi plenamente incorporada a partir do relatório da campanha de primavera, em novembro de 2020. A leitura do quadro de equivalências taxonômicas (ver Quadro 43), permite uma equiparação dos relatórios anteriores a essa data, com a nova nomenclatura adotada nos relatórios subsequentes.

Quadro 43 - Atualização da nomenclatura taxonômica das espécies vegetais, segundo modificações introduzidas pelo Projeto Flora Brasil 2020.

Nomenclatura adotada	Nova nomenclatura segundo a Flora Brasil 2020
Aspilia setosa	*Aspilia montevidensis* (Spreng.) Kuntze
Baccharis trimera	*Baccharis crispa* Spreng.
Borreria eryngioides	*Spermacoce eryngioides* (Cham. & Schltdl.) Kuntze
Briza subaristata	*Chascolytrum subaristatum* (Lam.) Desv.
Centratherum camporum	*Centratherum punctatum* Cass
Centunculus minimus	*Lysimachia minima* (L.) U. Manns & Anderb.
Chaptalia runcinata	*Chaptalia piloselloides* (Vahl) Baker
Coelorhachis selloana	*Mnesithea selloana* (Hack.) de Koning & Sosef
Conyza bonariensis	*Erigeron bonariensis* Var. *angustifolius*(Cabrera)
Desmanthus depressus	*Desmanthus virgatus* (L.) Willd.
Diodia brasiliensis	*Galianthe brasiliensis* (Spreng.) E.L.Cabral & Bacigalupo
Eupatorim buniifolium	*Acanthostyles buniifolius* (Hook. & Arn.) R.M.King & H.Rob.
Herbetia pulchela	*Herbetia lahue* (Molina) Goldblatt
Kyllinga brevifolia	*Cyperus brevifolius* (Rottb.) Endl. ex Hassk.
Kyllinga odorata	*Cyperus sesquiflorus* (Torr.) Mattf. & Kük.
Kyllinga vaginata	*Cyperus obtusatus* (J.Presl & C.Presl) Mattf. & Kük.
Pennisetum clandestinum	*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone
Psidium incanum	*Psidium salutare* (Kunth) O.Berg
Pycreus polystachyos	*Cyperus polystachyos* Rottb.
Polygala pulchella	*Senega pulchella* A. St.- Hil. & Moq.
Relbunium richardianum	*Galium richardianum* (Gillies ex Hook. & Arn.) Endl. ex Walp.
Spermacoce verticillata	*Borreria verticillata* (L.) G.Mey.
Vernonia nudiflora	*Vernonanthura nudiflora* (Less.) H.Rob.

No período correspondente às quatro campanhas realizadas, foram inventariadas 152 unidades taxonômicas, que a partir de agora serão referidos como espécies (ver Quadro 44, abaixo). Apenas duas dessas 152 espécies não pertencem à categoria taxonômica das Angiospermas (plantas com flores e frutos): uma Briófita (Bryopsida, Musgo) e uma Pteridófita (*Ophioglossum crotalophoroides*, Família Ophioglossaceae).

Para fins de comparação da riqueza de espécies registrada no presente período de trabalho (152 espécies) com a riqueza de espécies de outras comunidades campestres no Rio Grande do Sul, consultou-se a publicação de Filho *et al*. (2017), na qual constam os resultados de diversos trabalhos fitossociológicos. Para tal comparação, calculou-se a média dos valores de riqueza específica constantes nesses trabalhos, obtendo-se um valor de 159 espécies. Portanto, a riqueza de espécies encontrada no presente monitoramento é bastante semelhante àquela registrada na literatura para outras regiões do RS.

Quadro 44 - Riqueza de espécies para cada EA, por época de amostragem, (primavera, verão, outono e inverno), valores acumulados por EA no período total de amostragem (novembro de 2023 a agosto de 2024) e valores percentuais representados pelo número total de espécies de cada EA em relação ao número total de espécies inventariado no período.

	Nov/23	**Mar/24**	**Jul/24**	**Ago/24**	**Total de spp./Ano**	**% do nº total de spp.***
EA1	48	36	42	51	**97**	**63,81**
EA2	38	19	42	53	**85**	**55,92**
EA3	59	34	39	52	**87**	**57,23**
EA4	32	24	31	35	**69**	**45,39**
EA5	24	12	21	27	**49**	**32,23**

*Número total de espécies**: 152**

Das famílias de Angiospermas encontradas no presente período de observações Asteraceae, Poaceae, Cyperaceae, Rubiaceae, Plantaginaceae, Oxalidaceae, Apiaceae e Caryophyllaceae destacam-se pelo número maior de espécies (ver Quadro 45). Estas oito famílias botânicas representam 71,43% das espécies registradas nas comunidades campestres das EAs examinadas. Outros estudos realizados em diferentes locais do sul do Brasil também ressaltam a importância florística e fitossociológica destas famílias, na caracterização das comunidades campestres (Girardi-Deiro *et al*., 1992; Caporal e Boldrini, 2007; Boldrini *et al*., 2009; Setubal e Boldrini, 2010; Campestrini, 2014; Silva *et al*., 2016; Filho *et al*., 2017, entre outros). Cabe destacar também que, no presente período de monitoramento, várias famílias botânicas estão representadas por apenas uma, duas ou três espécies.

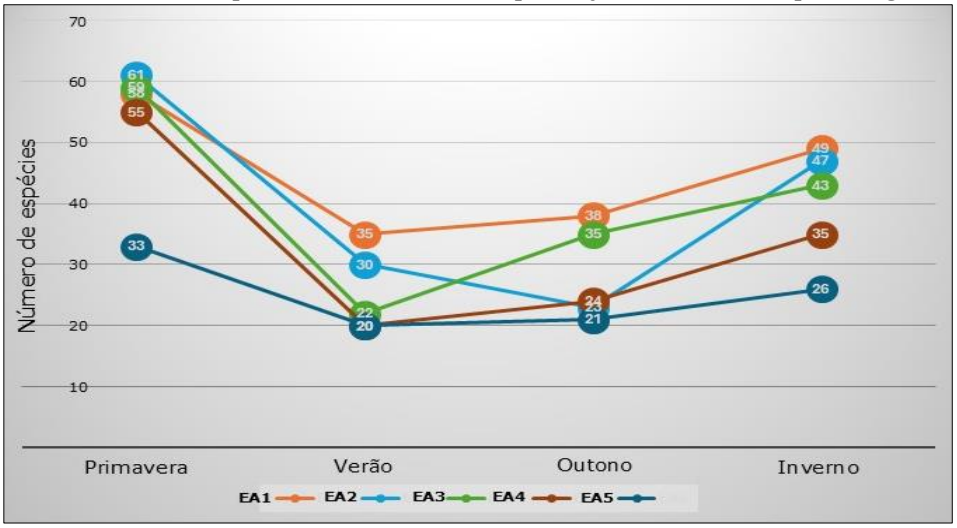
Conforme será examinado a seguir, dependendo do local (estação de amostragem) algumas espécies de Poaceae têm presença destacada, através das frequências e graus de cobertura elevados (*Paspalum notatum*, *Cenchrus clandestinus* e *Eragrostis plana*, por exemplo). As Asteraceae, por outro lado, costumam exibir coberturas mais baixas, sendo que alguns de seus representantes subarbustivos/arbustivos (*Acanthostyles buniifolius*, *Baccharis coridifolia* e *Senecio brasilensis*, por exemplo) despontam como emergentes em meio à densa malha de gramíneas, conforme mencionam Boldrini et al. (2009) para os campos sulinos.

Quadro 45 - Número de espécies (NE) de Angiospermas por famílias mais numerosas nas cinco EAs, nas quatro campanhas de amostragem.

NE	Família botânica
33	Asteraceae
31	Poaceae
13	Cyperaceae
9	Rubiaceae
8	Plantaginaceae
6	Oxalidaceae
5	Apiaceae
5	Caryophyllaceae

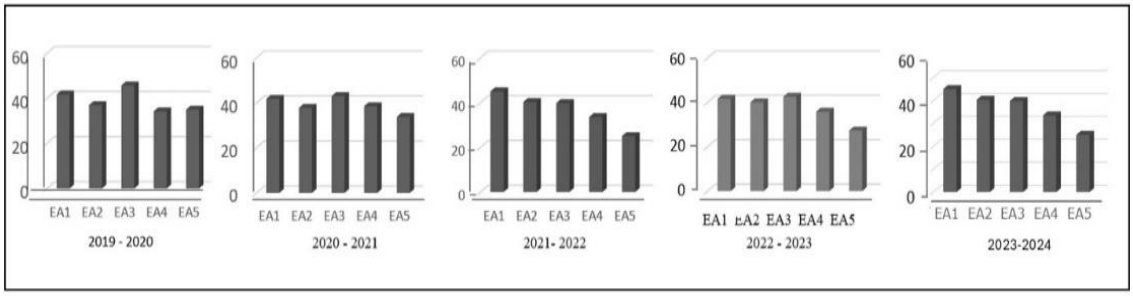
A Figura 179 apresenta uma comparação gráfica dos valores de riqueza de espécies de cada EA, mostrando a sua dinâmica nas quatro últimas campanhas.

Figura 179. Variação dos valores de riqueza de espécies, de cada EA, nas quatro estações do ano (1ª campanha nov/2023; 2ª campanha mar/2024; 3ª campanha jul/2024 e 4ª campanha ago/2024).



Na Figura 180 é apresentada uma comparação entre os valores de riqueza média de espécies, nos períodos de 2019-2020, 2020-2021 e 2021-2022, 2022-2023 e 2023-2024, para todas EAs. Constata-se que, no período mais recente, as EAs 1, 2 e 3 exibem os valores mais altos; e as EAs 4 e 5 os valores mais baixos.

Figura 180. Comparação entre os valores de riqueza média, para cada EA, entre os períodos de 2019-2020, 2020-2021,2021-2022, 2022-2023 e 2023-2024.



Na Figura 181, é apresentada a variação dos valores de riqueza média de espécies, de cada EA, no período compreendido entre 2017 e 2024, considerando os biênios 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022, 2022-2023 e 2023-2024. Na Figura 182 são apresentados os valores de riqueza média de espécies para o conjunto de EAs, para cada campanha de amostragem, no período compreendido entre 2017 e 2024. A Figura 183 apresenta a variação no número total de espécies identificados nas quatro estações do ano, no período de 2017 a 2024, no total de EAs.

Figura 181. Variação dos valores de riqueza média, para cada EA, de 2017 até 2024.

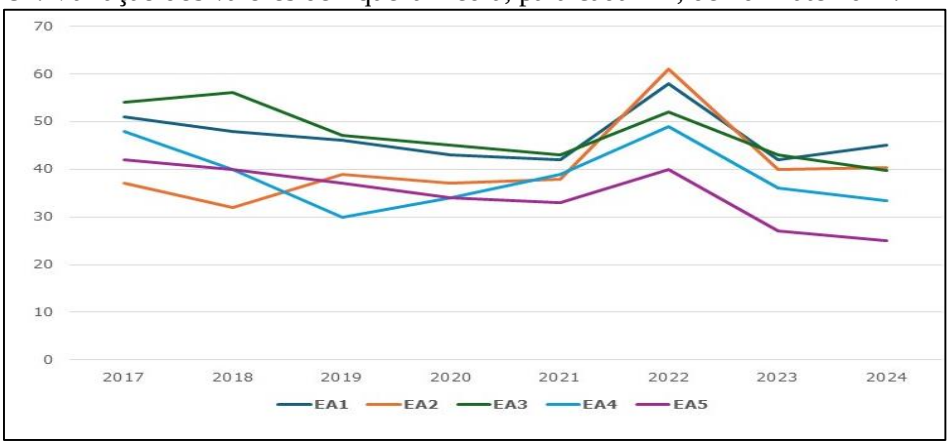


Figura 182. Variação nos valores de Riqueza Média, para cada estação do ano (primavera, verão, outono e inverno), no período compreendido entre 2017 e 2024.

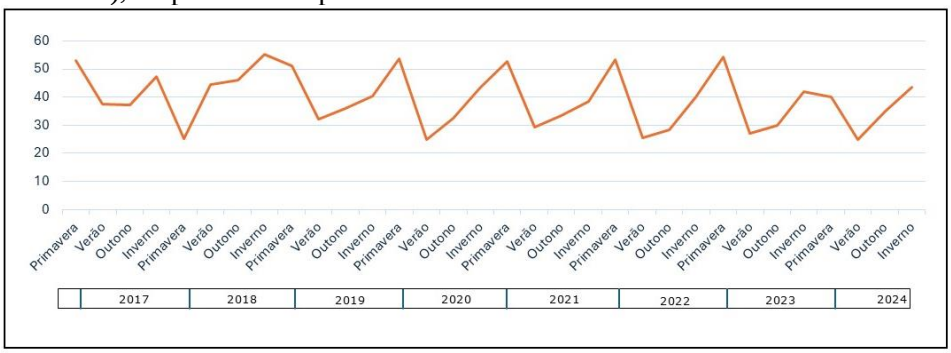
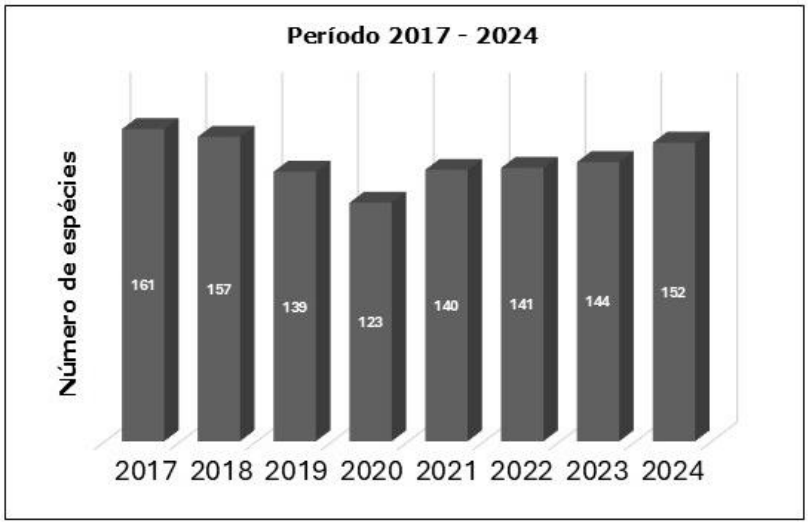


Figura 183. Variação no número total de espécies identificados nas quatro estações do ano, no período de 2017 a 2024, no total de EAs.



Admite-se que as quedas nos valores de riqueza média de 2019 a 2022 estão associadas, preponderantemente, às ocorrências de estiagens severas na região (verões de 2019, 2021 e 2023, vide relatórios anuais destes anos).

O Quadro 46 mostra a ocorrência de espécies pertencentes à família Asteraceae, de porte herbáceo e subarbustivo/arbustivo nas cinco EAs. Em comunidades campestres sul-brasileiras a ocorrência expressiva de espécies subarbustivas/arbustivas, da família Asteraceae, é um indicativo florístico e fisionômico da dinâmica da transição (processo de sucessão vegetal). Nas EAs amostradas a presença de espécies de porte subarbustivo/arbustivo pode ser indicativo de processo de manejo (por ex: a ausência de pastejo, inexistência de roçadas etc.), tendo como consequência um possível avanço no processo sucessional.

Quadro 46. Presença de espécies de Asteraceae herbáceas e subarbustivas/arbustivas nas cinco EAs examinadas.

Asteraceae	**EA1**	**EA2**	**EA3**	**EA4**	**EA5**
Herbáceas	16	15	19	13	7
Subarbustivas /arbustivas	3	7	6	1	1
Total	19	22	25	14	8

Conforme pode ser observado no Quadro 46 (acima), nas EA4 e EA5 constatou-se o menor número de espécies subarbustivas/arbustivas (1 espécie); as EA2 e EA3 apresentam o maior número (7 e 6 espécies, respectivamente). Desse modo, na EA1 os

representantes subarbustivos/arbustivos correspondem a 15,78% (para 11,76% no período anterior de monitoramento) do seu total de espécies de Asteraceae; na EA2, correspondem a 31,82% (para 23,07%); na EA3, perfazem 24,00% (para 29,62%); na EA4 representam 7,14% (para 21,05%) e na EA5 o valor de 12,50% (para 41,66%).

Análise fitossociológica

Fitossociologia

Os resultados da análise fitossociológica são apresentados a seguir.

Quadro 47. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de inverno (julho de 2024), nas cinco EA 1 Serra do Veleda.
Legenda: CA = cobertura absoluta; CR = cobertura relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VI = valor de importância.

EA 1 - Veleda	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Cenchrus clandestinus	640,25	16,25	84,21	9,76	13,00
Axonopus affinis	365,75	9,28	68,42	7,93	8,61
Paspalum notatum	359,25	9,12	68,42	7,93	8,52
Soliva anthemifolia	333,25	8,46	52,63	6,10	7,28
Oxalis eriocarpa	272,00	6,90	60,53	7,01	6,96
Dichondra sericrea	239,50	6,08	47,37	5,49	5,78
Juncus capillaceus	179,75	4,56	57,89	6,71	5,64
Oxalis sellowiana	263,25	6,68	34,21	3,96	5,32
Piptochaetium montevidense	95,25	2,42	23,68	2,74	2,58
Facelis retusa	65,10	1,65	28,95	3,35	2,50

Quadro 48. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de inverno (julho de 2024), nas cinco EA 2 Fazenda Três Lagoas.
Legenda: CA = cobertura absoluta; CR = cobertura relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VI = valor de importância.

EA 2 - Três Lagoas	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Eragrostis plana	1337,50	15,23	100,00	6,86	11,05
Soliva anthemifolia	976,75	11,12	97,37	6,68	8,90
Oxalis sellowiana	615,45	7,01	94,74	6,50	6,75
Juncus capillaceus	521,50	5,94	92,11	6,32	6,13
Cerastium humifusum	453,75	5,17	81,58	5,60	5,38
Cynodon dactylon	638,25	7,27	50,00	3,43	5,35
Axonopus affinis	346,00	3,94	57,89	3,97	3,96
Chascolytrum subaristatum	419,25	4,78	44,74	3,07	3,92
Veronica arvensis	236,20	2,69	71,05	4,87	3,78
Herbertia lahue	278,50	3,17	63,16	4,33	3,75

Quadro 49. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de inverno (julho de 2024), nas cinco EA 3 Fazenda Candiota.
Legenda: CA = cobertura absoluta; CR = cobertura relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VI = valor de importância.

EA 3 - Candiota	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Paspalum notatum	1151,25	13,65	94,74	5,79	9,72
Eragrostis plana	744,25	8,83	78,95	4,82	6,82
Oxalis sellowiana	466,75	5,54	89,47	5,47	5,50
Juncus capillaceus	520,75	6,18	68,42	4,18	5,18
Mnesithea selloana	437,50	5,19	55,26	3,38	4,28
Acanthostyles buniifolius	370,75	4,40	65,79	4,02	4,21
Borreria dasycephala	280,00	3,32	73,68	4,50	3,91
Dichondra sericrea	307,55	3,65	57,89	3,54	3,59
Evolvulus sericeus	295,75	3,51	52,63	3,22	3,36
Hypoxis decumbens	247,50	2,94	57,89	3,54	3,24

Quadro 50. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de inverno (julho de 2024), nas cinco EA 4 Chácara Santa Clara.
Legenda: CA = cobertura absoluta; CR = cobertura relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VI = valor de importância.

EA 4 - Santa Clara	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Eragrostis plana	3325,00	57,10	100,00	13,87	35,48
Oxalis sellowiana	614,50	10,55	100,00	13,87	12,21
Axonopus affinis	571,25	9,81	89,47	12,41	11,11
Herbertia lahue	203,70	3,50	57,89	8,03	5,76
Stipa sp. 1	209,25	3,59	50,00	6,93	5,26
Galium richardianum	153,00	2,63	42,11	5,84	4,23
Oxalis bipartita	84,50	1,45	34,21	4,74	3,10
Hypoxis decumbens	71,50	1,23	28,95	4,01	2,62
Senecio madagascariensis	81,50	1,40	13,16	1,82	1,61
Mnesithea selloana	39,00	0,67	15,79	2,19	1,43

Quadro 51. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de inverno (julho de 2024), nas cinco EA 5 Fazenda Santa Rita.
Legenda: CA = cobertura absoluta; CR = cobertura relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VI = valor de importância.

EA 5 - Santa Rita	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Cenchrus clandestinus	1312,50	55,51	50,00	19,00	37,26
Bulbostylis capillaris	370,50	15,67	42,11	16,00	15,83
Lolium multiflorum	133,50	5,65	31,58	12,00	8,82
Eragrostis plana	139,00	5,88	21,05	8,00	6,94
Herbertia lahue	45,50	1,92	18,42	7,00	4,46
Paspalum dilatatum	88,00	3,72	13,16	5,00	4,36
Soliva anthemifolia	39,00	1,65	15,79	6,00	3,82
Borreria dasycephala	26,00	1,10	10,53	4,00	2,55
Bulbostylis juncoides	56,25	2,38	5,26	2,00	2,19
Sporobolus indicus	56,25	2,38	5,26	2,00	2,19

Quadro 52. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de primavera (novembro de 2023), na EA 1 Serra do Veleda
Legenda: CA = cobertura absoluta; CR = cobertura relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VI = valor de importância.

EA 1 - Veleda	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Cenchrus clandestinus	1793,75	17,52	100,00	6,77	12,15
Vulpia bromoides	1350,50	13,19	100,00	6,77	9,98
Richardia humistrata	1344,00	13,13	97,37	6,60	9,86
Soliva anthemifolia	1062,50	10,38	100,00	6,77	8,57
Bulbostylis capillaris	685,25	6,69	100,00	6,77	6,73
Paspalum notatum	546,00	5,33	73,68	4,99	5,16
Sisyrinchium micranthum	393,25	3,84	89,47	6,06	4,95
Dichondra sericrea	460,25	4,49	78,95	5,35	4,92
Desmodium incanum	254,00	2,48	60,53	4,10	3,29
Axonopus affinis	226,50	2,21	42,11	2,85	2,53

Quadro 53. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de primavera (novembro de 2023), na EA 2 Fazenda Três Lagoas.
Legenda: CA = cobertura absoluta; CR = cobertura relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VI = valor de importância.

EA 2 - Três Lagoas	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Eragrostis plana	1052,00	17,26	94,74	7,55	12,40
Cynodon dactylon	933,75	15,32	86,84	6,92	11,12
Desmodium incanum	465,30	7,63	71,05	5,66	6,65
Bulbostylis capillaris	426,25	6,99	60,53	4,82	5,91
Dichondra sericrea	224,70	3,69	73,68	5,87	4,78
Axonopus affinis	228,75	3,75	55,26	4,40	4,08
Soliva anthemifolia	179,00	2,94	52,63	4,19	3,56
Solidago chilensis	275,25	4,52	23,68	1,89	3,20
Briza minor	171,75	2,82	44,74	3,56	3,19
Carex sororia	128,15	2,10	47,37	3,77	2,94

Quadro 54. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de primavera (novembro de 2023), na EA 3 Fazenda Candiota.
Legenda: CA = cobertura absoluta; CR = cobertura relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VI = valor de importância.

EA 3 - Candiota	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Paspalum notatum	950,75	12,42	100,00	6,80	9,61
Piptochaetium montevidense	676,75	8,84	76,32	5,19	7,02
Eragrostis plana	528,00	6,90	84,21	5,72	6,31
Bulbostylis capillaris	576,35	7,53	71,05	4,83	6,18
Dichondra sericrea	521,25	6,81	71,05	4,83	5,82
Soliva anthemifolia	359,35	4,70	73,68	5,01	4,85
Aspilia montevidensis	390,25	5,10	57,89	3,94	4,52
Desmodium incanum	346,25	4,52	60,53	4,11	4,32
Borreria dasycephala	321,75	4,20	63,16	4,29	4,25
Hypoxis decumbens	242,50	3,17	68,42	4,65	3,91

Quadro 55. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de primavera (novembro de 2023), na EA 4 Chácara Santa Clara
Legenda: CA = cobertura absoluta; CR = cobertura relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VI = valor de importância.

EA 4 - Santa Clara	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Eragrostis plana	2575,00	49,83	100,00	10,11	29,97
Paspalum notatum	727,75	14,08	97,37	9,84	11,96
Desmodium incanum	590,75	11,43	100,00	10,11	10,77
Axonopus affinis	536,00	10,37	100,00	10,11	10,24
Senecio madagascariensis	72,80	1,41	63,16	6,38	3,90
Steinchisma hians	32,95	0,64	39,47	3,99	2,31
Herbertia lahue	33,30	0,64	34,21	3,46	2,05
Eleusine tristachya	82,25	1,59	18,42	1,86	1,73
Evolvulus sericeus	39,30	0,76	23,68	2,39	1,58
Dichondra sericrea	32,80	0,63	21,05	2,13	1,38

Quadro 56. Fitossociologia das 10 espécies com maior VI na campanha de primavera (novembro de 2023), na EA 4 Fazenda Santa Rita
Legenda: CA = cobertura absoluta; CR = cobertura relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VI = valor de importância.

EA 5 - Santa Rita	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Cenchrus clandestinus	2525,00	54,04	100,00	12,88	33,46
Bulbostylis capillaris	671,25	14,37	89,47	11,53	12,95
Eragrostis plana	214,75	4,60	34,21	4,41	4,50
Soliva anthemifolia	78,70	1,68	50,00	6,44	4,06
Vulpia bromoides	140,10	3,00	39,47	5,08	4,04
Dichondra sericrea	59,40	1,27	47,37	6,10	3,69
Lolium multiflorum	133,50	2,86	31,58	4,07	3,46
Scoparia dulcis	33,30	0,71	34,21	4,41	2,56
Trifolium polymorphum	39,60	0,85	31,58	4,07	2,46
Desmodium incanum	63,90	1,37	26,32	3,39	2,38

3.2.4. Índices de diversidade

Quadro 57. Índices de diversidade das cinco EAs, nas campanhas de inverno e primavera.

GERAL	**Veleda**	**Tr. Lagoas**	**Candiota**	**Sta Clara**	**Sta Rita**
Riqueza de espécies	84	89	85	74	50
Diversidade de Shannon (H')	3,726	3,846	3,826	3,523	3,261
Diversidade de Simpson	0,035	0,030	0,029	0,049	0,060
Diversidade de Gini-Simpson	0,965	0,970	0,971	0,951	0,940
Equalibidade de Pielou (J')	0,841	0,857	0,861	0,819	0,834

Quadro 58. Índices de diversidade das cinco EAs, na campanha de inverno.

INVERNO	Veleda	Tr. Lagoas	Candiota	Sta Clara	Sta Rita
Riqueza de espécies	58	57	59	38	24
Diversidade de Shannon (H')	3,454	3,511	3,669	2,993	2,656
Diversidade de Simpson	0,046	0,038	0,031	0,076	0,099
Diversidade de Gini-Simpson	0,954	0,962	0,969	0,924	0,901
Equalibidade de Pielou (J')	0,851	0,868	0,900	0,823	0,836

Quadro 59. Índices de diversidade das cinco EAs, na campanha de primavera

PRIMAVERA	Veleda	Tr. Lagoas	Candiota	Sta Clara	Sta Rita
Riqueza de espécies	51	62	58	59	49
Diversidade de Shannon (H')	3,416	3,660	3,561	3,402	3,310
Diversidade de Simpson	0,042	0,035	0,036	0,053	0,054
Diversidade de Gini-Simpson	0,958	0,965	0,964	0,947	0,946
Equalibidade de Pielou (J')	0,869	0,887	0,877	0,834	0,850

3.2.5. Índice de similaridade

Quadro 60. Índice de similaridade de Jaccard entre as EAs, nas campanhas de inverno e primavera.

GERAL	Três Lagoas	Veleda	Santa Clara	Santa Rita
Veleda	**0,4661**			
Santa Clara	0,4554	0,4107		
Santa Rita	0,4330	0,2762	0,3478	
Candiota	**0,5263**	0,4569	**0,4587**	0,3235

Quadro 61. Índice de similaridade de Jaccard entre as EAs, na campanha de inverno.

INVERNO	Três Lagoas	Veleda	Santa Clara	Santa Rita
Veleda	**0,3855**			
Santa Clara	0,3380	0,2632		
Santa Rita	0,2090	0,0789	0,2157	
Candiota	**0,4684**	**0,3765**	0,3472	0,1690

Quadro 62. Índice de similaridade de Jaccard entre as EAs, na campanha de primavera.

PRIMAVERA	Três Lagoas	Veleda	Santa Clara	Santa Rita
Veleda	0,3614			
Santa Clara	0,3596	0,3253		
Santa Rita	**0,4231**	0,2987	0,3671	
Candiota	**0,3793**	0,3457	**0,3765**	0,3049

Considerações sobre as EAs

A **EA1** (Fazenda Serra do Veleda) teve a maior riqueza de espécies (97 espécies), representando cerca de 63% do total de espécies encontradas em todas as EAs (Quadro 3). A riqueza de espécies foi maior no inverno (51) e menor no verão (36). Nessa propriedade, a atividade pecuária com bovinos e ovinos possibilita a presença de espécies vegetais prostradas, mantendo o campo predominantemente baixo e com boa cobertura do solo (ver Relatório Fotográfico). Relativamente poucas espécies de Asteraceae subarbustivas estão presentes (Quadro 46). Como nas outras EAs, a estiagem de verão provocou uma redução na riqueza de espécies (Quadro 47).

Na EA 1, durante o inverno, algumas espécies de Poaceae se destacaram com os três maiores valores de importância (VI): *Cenchrus clandestinus* (capim-kikuio) apresentou o maior VI (13,00%), seguida por *Axonopus affinis* (grama-tapete) com 8,61% e *Paspalum notatum* (grama-forquilha) com 8,52% (Quadro 47). Na primavera, *C. clandestinus* manteve sua dominância, com aumento significativo de cobertura absoluta (1793,7%) e VI de 12,15%, enquanto *Vulpia bromoides* (vulpia) e *Richardia humistrata* (poaia-branca) ganharam relevância, com VI de 9,98% e 9,86%, respectivamente (

Quadro 52). A Asteraceae *Soliva anthemifolia* (roseta) também teve destaque, ocupando a quarta colocação quanto ao VI, em ambos os períodos. Já os índices H de diversidade Shannon e de equabilidade de Pielou (J') mostraram pouca variação, apresentando altos valores (Quadro 57). A similaridade florística foi maior com a EA2 (Fazenda Três Lagoas, tanto no inverno (39%) quanto na primavera (36%), atingindo 47% se compiladas as duas amostragens (Quadro 60).

A **EA2** (Fazenda Três Lagoas) apresentou a terceira maior riqueza de espécies (85 espécies), considerando o total nas quatro estações do ano (Quadro 44). Da mesma forma que nas outras EAs, houve uma redução expressiva na riqueza de espécies no verão, semelhante ao ocorrido nos anos anteriores.

Na EA2, o processo de invasão por *Eragrostis plana* (ver Figura 191 e Relatório Fotográfico), após o final da cultura de soja em 2018, intensificou-se ao longo de 2021 e 2022. As Poaceaes *E. plana* e *Cynodon dactylon* foram as mais representativas na primavera, onde atingiram os dois maiores VI (12,40 e 11,12%, respectivamente), ver Quadro 53). *Eragrostis plana* também teve destaque no inverno, apresentando o maior VI (11,05%) e frequência absoluta de 100% (

Quadro 48). Nessa EA, os índices H de diversidade de Shannon foram altos, sendo o segundo maior no inverno (3,51 nats) e o maior na primavera (3,66 nats). Os índices de equabilidade de Pielou (J') foram o segundo maior no inverno (0,87) e o maior na primavera (0,89) (Quadro 59). No inverno, a similaridade florística foi maior com EA3 (47%) e na primavera foi maior com EA5 (42%) (Quadro 62).

Na **EA3** (Fazenda Candiota) verifica-se um longo período de ausência de pastejo. Por esse motivo, constata-se a ocorrência de elementos típicos de campo alto, com vários representantes subarbustivos/arbustivos da família Asteraceae (Quadro 46), como *Acanthostyles buniifolius*, *Baccharis dracunculifolia* e *Solidago chilensis*, por exemplo. É oportuno destacar a ocorrência única (considerando as cinco EAs amostradas) nesta EA de *Psidium salutare* (araçá-do-campo), um subarbusto da família Myrtaceae. Localmente, portanto, o processo de sucessão vegetal transcorre, observando ao longo do tempo a transição de uma fisionomia campestre para uma fisionomia arbustiva.

Em comparação com as outras EAs, a EA3 apresentou a segunda maior riqueza de espécies no total de um ano (87 espécies, Quadro 44). A cobertura vegetal do solo foi de 70-80%; na campanha de verão, algumas parcelas de amostragem exibiram coberturas excepcionalmente baixas (ver Figura 20 no Relatório Fotográfico).

Na EA3, no inverno (Quadro 47), as Poaceae foram dominantes: *Paspalum notatum* (VI 9,72% e frequência absoluta de 100%) e *Eragrostis* plana (VI 6,72%). Na primavera (Quadro 7), *P. notatum* manteve-se como a espécie principal (VI 9,61%) e *Piptochaetium montevidense* teve uma presença significativa (VI 7,02%). No inverno, a área apresentou o maior índice H de diversidade de Shannon (3,67 nats) e a maior equabilidade de Pielou (J') (0,90) (Quadro 57). Sua similaridade florística foi maior com a EA2: 46% no inverno e 38% na primavera (Quadro 61 e Quadro 62, respectivamente).

Na EA4 (Chácara Santa Clara), constatou-se uma relativa diminuição da riqueza de espécies no período de amostragem (69 espécies, Quadro 44). Nesta propriedade, a pressão do pastejo é bastante baixa. O avanço vigoroso de *Eragrostis planta* (ver Relatório Fotográfico) continua tendo consequências na dinâmica vegetacional, pois sua elevada cobertura do solo inibe a ocorrência de espécies (tanto herbáceas quanto subarbustivas) que necessitam de luz para a reprodução e o desenvolvimento.

Na EA4, *E. plana* apresentou um elevado VI nas campanhas de inverno e primavera, atingindo 35,48% e 29,97%, (ver Quadro 50 e Quadro 55, respectivamente). Os valores de cobertura relativa dessa espécie foram muito altos, alcançando 57,10% e 49,83% no inverno e na primavera, respectivamente. Outra espécie com boa presença nas

duas campanhas foi a Poaceae *Axonopus affinis*, embora com VI bem abaixo (11,10% no inverno e 10,24% na primavera) dos apresentados pela espécie dominante (*E. plana*). Na primavera, *Paspalum notatum* e a Fabaceae *Desmodium incanum* (pega-pega) também mostraram VI com valores destacados (11,96% e 10,24%, respectivamente).

A EA4 apresentou valores moderados a baixos índices H de diversidade de Shanon, com 2,99 e 3,40 nats, no inverno e na primavera, respectivamente. A equabilidade de Pielou (J') ficou entre 0,82 e 0,83 (inverno e primavera, respectivamente) (Quadro 8). As similaridades florísticas entre EA4 e as demais EAs foram intermediárias, destacando maior semelhança com a EA3 no inverno e na primavera (34% e 38%,), ver Quadro 61 e Quadro 62, respectivamente.

A EA5 (Fazenda Santa Rita) é uma propriedade que há muito tempo vem sendo submetida ao pastejo de bovinos e equinos, tendo sido também utilizada para criação de ovinos, fazendo com que o campo se mantenha baixo (ver Relatório Fotográfico).

Em comparação com as outras EAs, na EA5 foi registrada a menor riqueza de espécies (49 espécies), considerando o total de um ano de (Quadro 44). Como nas outras EAs, a estiagem no verão provocou uma redução expressiva na riqueza de espécies (Quadro 44).

Na EA5, *Cenchrus clandestinus* apresentou o maior VI nas duas campanhas, alcançando 37,26% no inverno e 33,46% na primavera (ver Quadro 51 e

Quadro 56, respectivamente). Os valores de cobertura relativa dessa espécie também foram elevados, atingindo 55,51% no inverno e 54,04% na primavera. A Cyperaceae *Bulbostylis capillaris* também apresentou VI com valores altos: 15,83% no inverno e 12,95% na primavera (ver Quadro 51 e

Quadro 56, respectivamente). Nesta EA, merece destaque *E. plana*, espécie invasora, presente nas duas campanhas, com VI 6,46% no inverno e 4,50% na primavera.

A EA5 apresentou os menores índices H de diversidade de Shannon: 2,65 nats no inverno e 3,31 nats na primavera (ver

Quadro 58 e Quadro 59, respectivamente), refletindo a maior dominância específica (*C. clandestinus*). A equabilidade de Pielou (J') foi mediana, ficando entre 0,84 no inverno e 0,85 na primavera. A similaridade florística foi maior com a EA4 (21%) no inverno e com a EA2 (42%) na primavera (ver Quadro 61e Quadro 62, respectivamente).

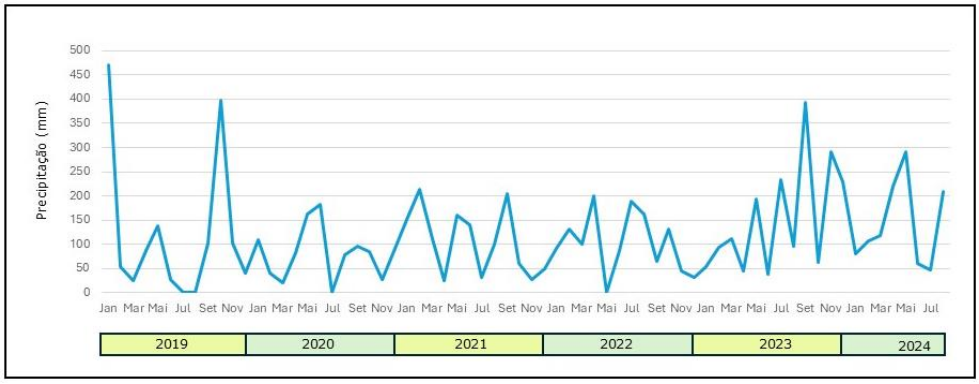
Clima regional: precipitação e riqueza de espécies

Na região de Candiota e adjacências, segundo a classificação de Köppen, o clima é mesotérmico, tipo subtropical, da classe Cfa. A precipitação média é de 1.350 mm. A distribuição desta precipitação durante o ano é de, aproximadamente, 34% no inverno, 25% na primavera, 25% no outono e 16% no verão. A temperatura média anual é de 17,6º C, sendo a média do mês mais quente (janeiro) de 24 º C e a do mês mais frio (junho) de 12,5º C. As temperaturas extremas são -4º C no mês mais frio e 41º C no mês mais quente. A umidade relativa do ar oscila entre 75 e 85%. A formação de geadas ocorre de abril a novembro, com maior incidência de junho a agosto. Os ventos predominantes são: Sudeste, de setembro a abril, e, Nordeste, de maio a agosto (Macedo, 1984).

No período de janeiro de 2019 a agosto de 2024, em valores absolutos, a precipitação mensal total variou entre 0 mm (julho de 2019, agosto de 2019, julho de 2020 e maio de 2022) e 471,2 mm (janeiro de 2019), com um média anual de 1.394.25 mm. No período de agosto de 2023 a agosto de 2024, houve uma precipitação média anual de 1.232,1 mm (anos de 2019, 2020, 2021 e 2022) (ver

Figura 184, acima).

Figura 184. Precipitação total mensal (em mm) no período compreendido entre janeiro de 2019 e agosto de 2024. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 8º Distrito/RS.



Na Figura 185 estão detalhados os valores de precipitação mensal acumulada no intervalo correspondente ao atual período de amostragem (de agosto de 2023 a agosto de 2024, onde observa-se que a precipitação mensal total variou entre 60 mm (junho de 2023) e 292,2 mm (setembro de 2023).

Figura 185. Precipitação total mensal (em mm) no período compreendido entre agosto de 2023 e agosto de 2024. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 8º Distrito/RS.



Espécies ameaçadas

A presença de espécies ameaçadas de extinção, ou classificadas como pouco estudadas ou com deficiência de dados, foi verificada mediante comparação da lista de registro de espécies nas diferentes estações amostrais, ao longo de diferentes campanhas, com a Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul, regulamentada no Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014, que declara as espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul (Rio Grande do Sul, 2014).

Entre os resultados obtidos no presente período de monitoramento (novembro de 2023 a agosto de 2024), cabe destacar o ressurgimento de *Chaptalia arechavaletae* Hieron. Asteraceae (Figura 186) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), classificada como **Em Perigo – EN**, na Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul. A espécie já havia sido registrada na EA1 (Fazenda Serra do Veleda); na EA3 (Fazenda Candiota); na EA4 (Chácara Santa) e na EA5 (Fazenda Santa Rita), porém com ausência de registros de ocorrência, nos últimos anos. A ocorrência da espécie em anos anteriores sempre foi registrada com frequência e abundância baixíssimas.

Figura 186. *Chaptalia arechavaletae,* Na EA3 (Fazenda Três Lagoas), em agosto de 2024. Fotografia de Martin Grings.



Pfaffia gnaphaloides (L.f.) Mart., Amaranthaceae, anteriormente registrada na EA1 (Fazenda Serra do Veleda) nos anos de 2017 e 2020, foi registrada na EA5 (Fazenda Santa Rita) na campanha de verão de 2022 (ver

Figura 187, abaixo), não foi registrada no atual período de monitoramento (novembro de 2023 a agosto de 2024). A espécie é classificada na categoria **Quase Ameaçada –NT**, no anexo III da Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul.

Figura 187. *Pfaffia gnaphaloides* (Amaranthaceae) na EA5 Fazenda Santa Rita. Fevereiro de 2022.



Na campanha de agosto de 2024, na EA3 (Fazenda Três Lagoas) foi registrada a ocorrência de *Crocanthemum brasiliense* (Lam.) Spach, família Cistaceae, conhecida popularmente por papoula-do-campo, é uma espécie herbácea nativa dos campos do sul do Brasil, ocorrendo também no Uruguai, e em trechos do Pampa da Argentina. Pela sua ocorrência restrita nos campos nativos do sul do Brasil, consta na categoria Em Perigo (EN) na Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção, (Portaria MMA n.º 443, 17 de dezembro de 2014, do Ministério do Meio Ambiente). No Rio Grande do Sul a sua distribuição geográfica inclui tanto os campos do bioma Pampa como os campos de altitude do bioma Mata Atlântica (

Figura 188).

Figura 188. *Crocanthemum brasiliense* (Cistaceae), na EA3 Fazenda Três Lagoas.



Figura 189. *Crocanthemum brasiliense*. Fotografia de Martin Grings.



A espécie *Oxalis refracta* – Oxalidaceae (Figura 190), classificada com Criticamente Ameaçada (**CR**) na Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul (Decreto Estadual nº 52.109/2014), foi registrada neste monitoramento na EA3 (campanhas de verão e inverno) e na EA4 (campanha de primavera).

Figura 190. *Oxalis refracta* (Fotografia de Andrés González, in: Flora Nativa y Adventicias de Uruguay).



A Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul, conforme publicada no Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014 define os diferentes graus de ameaça, são eles:

Criticamente em Perigo - CR: quando as melhores evidências disponíveis indicam que se atingiu qualquer um dos critérios quantitativos para Criticamente em Perigo, e por isso, se considera que a espécie está enfrentando um risco extremamente alto de extinção na natureza.

Em Perigo - EN: quando as melhores evidências disponíveis indicam que se atingiu qualquer um dos critérios quantitativos para em Perigo, e por isso, se considera que a espécie está enfrentando um risco muito alto de extinção na natureza.

Vulnerável - VU: quando as melhores evidências disponíveis indicam que se atingiu qualquer um dos critérios quantitativos para a categorização como Vulnerável, e por isso, se considera que a espécie está enfrentando um risco alto de extinção na natureza.

Quase Ameaçada - NT: quando, ao ser avaliado pelos critérios, o táxon não se qualifica atualmente como CR, EN ou VU, mas se aproxima dos limiares quantitativos dos critérios, sendo provável que venha a se enquadrar em uma categoria de ameaça num futuro próximo.

Espécies exóticas e espécies exóticas invasoras

Espécies exóticas

Segundo Schneider (2007), uma espécie exótica ocorre em determinado local em consequência de introdução intencional ou acidental. Conforme a Convenção sobre Diversidade Biológica, espécie exótica é aquela que se encontra fora da sua área de distribuição natural, ou seja, não é autóctone (nativa).

Para identificar as espécies exóticas no âmbito do presente projeto de monitoramento (ver Quadro 63, abaixo), adotou-se como referência a lista de espécies publicada em "A flora naturalizada no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: herbáceas subespontâneas" (Schneider, 2007).

Quadro 63. Espécies exóticas registradas no âmbito do presente projeto de monitoramento. *Espécies não encontradas no período em questão, mas presentes na região ou em campanhas de períodos anteriores.

Família	Espécie	Origem geográfica
Apiaceae	*Cyclospermum leptophyllum* Sprague ex Britton & P. Wilson	Eurásia
Asteraceae	*Cirsium vulgare* (Savi) Ten.	Eurásia
Asteraceae	*Hypochaeris glabra* L.	Europa
Asteraceae	*Hypochaeris radicata* L.	Europa
Asteraceae	*Senecio madagascariensis* Poir.	África
Asteraceae	*Taraxacum officinale* Weber ex F. H. Wigg. *	Eurásia
Brassicaceae	*Lepidium aletes* J. F. Macbr.*	Eurásia
Caryophyllaceae	*Cerastium glomeratum* Thuil.	Europa
Caryophyllaceae	*Stellaria media* (L.) Vill	Europa
Cyperaceae	*Fimbristylis dichotoma* (L.) Vahl *	Ásia
Fabaceae	*Medicago arabica* (L.) Huds.*	Europa
Plantaginaceae	*Scoparia dulcis* L.	América Central
Plantaginaceae	*Veronica arvensis* L.	Eurásia
Poaceae	*Briza minor* L.	Eurásia
Poaceae	*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morroni	África
Poaceae	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.	África, Eurásia
Poaceae	*Eragrostis plana* Nees	África
Poaceae	*Lolium multiflorum* Lam.	Região mediterrânea
Poaceae	*Poa annua* L.	Europa
Poaceae	*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.	América tropical
Poaceae	*Vulpia bromoides* (L.) Gray	Europa
Polygonaceae	*Rumex obtusifolius* L.	Europa
Primulaceae	*Lysimachia minima* (L.) U. Manns & Anderb.*	Região mediterrânea
Rosaceae	*Aphane arvensis* L.*	Europa
Urticaceae	*Urtica dioica* L.*	Europa

Espécies exóticas invasoras

Espécie Invasora é definida como uma espécie exótica que prolifera sem controle, produzindo descendentes em número muito elevado e que consegue se dispersar a grandes distâncias da planta-mãe. As espécies invasoras representam importante ameaça para espécies nativas e para o equilíbrio dos ecossistemas que passam a ocupar. A invasão biológica é considerada uma das mais importantes causas de perda de biodiversidade.

Entre as espécies invasoras constatadas nas EAs inventariadas, merece atenção o *Eragrostis plana* (capim-annoni) uma gramínea sul-africana, introduzida no Rio Grande do Sul na década de 1950. Destaca-se a elevada densidade registrada para a espécie na EA4 (Chácara Santa Clara), conforme pode ser percebido na Figura 191. Ressalta-se que recentemente a invasão pela espécie adquiriu proporções importantes na EA2 - Fazenda Três Lagoas. *E. plana* é também registrada nas estações amostrais: EA3 (Fazenda Candiota) e EA5 (Fazenda Santa Rita). Na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), foi registrada a primeira ocorrência de *E. plana* em agosto de 2019, onde até então não havia sido verificada a presença desta espécie.

A importância e a repercussão econômica, cultural, social e ecológica, da dramática expansão de *E. plana*, nas diferentes EAs (e em diversas formações campestres do Rio Grande do Sul) foi discutida no Relatório anual de 2019 (Para maiores informações ver: item 6.1.6.1, do referido relatório).

No período relativo ao atual relatório, *E. plana* foi registrada, em todas as campanhas (primavera, verão, outono e inverno), em quatro da cinco EAs (**EA2**, **EA3**, **EA4** e **EA5**), na **EA1** a espécie foi registrada apenas na campanha de verão. Na **EA4** (Chácara Santa Clara), *E. plana* foi registrada, com frequência e grau de cobertura, especialmente elevados, em todas as 38 parcelas a espécie foi registrada com grau de cobertura superior a 75%.

Figura 191**.** EA4 (Chácara Santa Clara), imagem datada de março de 2024 mostrando a invasão por *Eragrostis plana.*



Entre as espécies amostradas no atual período de monitoramento (novembro de 2023 a agosto de 2024) três constam na Lista de espécies exóticas invasoras do Estado do Rio Grande do Sul (Portaria SEMA n° 79 de 2013), nas categorias 1 e 2, conforme Quadro 64, abaixo. A portaria 79/2013 estabelece duas categorias de restrição impostas às espécies exóticas reconhecidas como invasoras:

Categoria 1 – Refere-se a espécies que têm proibido seu transporte, criação, soltura ou translocação, cultivo, propagação (por qualquer forma de reprodução), comércio, doação ou aquisição intencional sob qualquer forma.

Categoria 2 – Refere-se a espécies que podem ser utilizadas em condições controladas, com restrições, sujeitas à regulamentação específica.

Quadro 64. Espécies exóticas invasoras listadas na Portaria SEMA n° 79/2013 e registradas no presente monitoramento.

Família	**Nome científico**	**Nome popular**	**Hábito**	**Categoria**
Asteraceae	*Cirsium vulgare* (Savi) Ten.	Cardo	Erva	2
Poaceae	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.	Capim-bermuda	Erva	2
Poaceae	*Eragrostis plana* Nees	Capim-annoni	Erva	1

3.2.6. Qualidade ambiental das EAs

Com o objetivo de estabelecer, do ponto de vista ecológico, um *ranking* de qualidade ambiental para as diferentes EAs, foi criada uma matriz, de modo a ponderar alguns critérios florísticos e fitossociológicos, que expressem simultaneamente a riqueza média de espécies; a Equabilidade de Pielou (J'); a presença de espécies exóticas (um

indicador da descaracterização das formações campestres nativas, ver item anterior) e o Valor de Importância (VI) da espécie exótica dominante em cada EA.

O fator considerado positivo foi a riqueza média/equabilidade, que receberam uma valoração de 1 a 5, sendo 5 o grau para a melhor qualidade ambiental. Os critérios considerados negativos (presença de espécies exóticas e valor de importância (VI) da espécie exótica dominante) receberam também uma valoração de 1 a 5, sendo que 5 igualmente corresponde à melhor situação, ou seja, menor número de espécies exóticas e menor VI das espécies exóticas dominantes (ver Quadro 65).

O somatório da pontuação atribuída a cada um dos critérios para cada EA corresponde ao seu grau de qualidade ambiental, isto é, quanto maior a pontuação atribuída a uma EA, melhor a sua qualidade ambiental em relação às outras EAs avaliadas.

Embora a sistemática aqui empregada envolva alguma subjetividade quanto à atribuição da pontuação de cada critério, para cada EA, ela traz também, uma possibilidade de síntese de um amplo espectro de percepções e inferências, assimiladas pelos profissionais que subscrevem o monitoramento da vegetação campestre, ao longo dos anos de desenvolvimento do presente estudo.

Quadro 65. Valores atribuídos a cada EA segundo os seguintes critérios quantitativos abaixo.

Critério	**EA1**	**EA2**	**EA3**	**EA4**	**EA5**
Riqueza média de espécies	5	3	4	2	1
Equabilidade	3	4	5	1	2
Presença de espécies exóticas	2	1	4	5	3
VI sp exótica dominante	3	4	5	2	1
Somatório	**13**	**12**	**18**	**10**	**7**

O somatório de pontos atribuídos a cada EA permitiu classificar as EAs, com valores em um intervalo de 1 a 5 (Quadro 66), em ordem crescente segundo o grau de qualidade ambiental, ou seja, 5 corresponde à qualidade máxima e 1 à qualidade mínima.

Quadro 66. *Ranking* da qualidade ambiental atribuída a cada EA, em ordem crescente.

Qualidade ambiental (em ordem crescente)	**Estação amostral**	**Nome**
1	EA5	Fazenda Santa Rita
2	EA4	Chácara Santa Clara
3	EA2	Fazenda Três Lagoas
4	EA1	Fazenda Serra do Veleda
5	EA3	Fazenda Candiota

3.2.7. Conclusões

Os resultados obtidos no atual período de monitoramento, concomitantemente com as demais informações apuradas no período 2017-2023, aliados à experiência adquirida, consolidam o entendimento de que não é possível vincular, diretamente, as atividades desenvolvidas pela ÂMBAR com as mudanças na composição (e riqueza) florística das comunidades campestres sob monitoramento.

Os resultados do Ranking de Qualidade Ambiental, quando comparados com os dos períodos anteriores de monitoramento, mostram alguma estabilidade nos parâmetros avaliados,

Aparentemente, as variações sazonais na riqueza de espécies mostram-se mais relacionadas às variações na precipitação pluviométrica e consequente redução na disponibilidade hídrica para as plantas. Paralelamente, a atividade humana direta parece responder pelo declínio gradual e paulatino na diversidade de espécies e consequente descaracterização das formações campestres ao longo dos anos.

Há uma clara redução nos valores de Riqueza Média de espécies (ver Figura 13) no período compreendido ente novembro de 2016 e agosto de 2024.

A ocorrência de espécies ameaçadas de extinção na EA3 (Fazenda Três Lagoas), em momentos coincidentes com o período de inatividade da Usina Termelétrica de Candiota (01 de abril a 25 de setembro de 2024), demanda uma atenção especial sobre a permanência de tais espécies após a retomada plena das atividades de geração térmica de energia.

3.2.8. Considerações finais

No atual contexto, não é possível vincular, diretamente, as atividades desenvolvidas pela CGTEE às mudanças na composição florística das comunidades vegetais sob monitoramento.

A queima de combustíveis fósseis, como é o caso do carvão mineral, principal insumo da geração termoelétrica de energia, é uma das atividades que produzem os gases causadores do chamado efeito estufa e, consequentemente, contribuem para o aquecimento global, para as mudanças climáticas e uma maior frequência de eventos climáticos extremos como inundações, vendavais e estiagens. Neste sentido, o presente relatório evidencia a estreita relação entre a redução na disponibilidade hídrica e a diminuição sazonal na riqueza de espécies na área de estudo. Entretanto, é inegável que a intensificação da atividade agropecuária, e as práticas decorrentes, são alguns dos principais impulsionadores do declínio da biodiversidade. No contexto de uma paisagem regional altamente fragmentada, que reflete interações complexas entre diferentes conjuntos de fatores produtivos, ambientais e biológicos, as mudanças no uso da terra provocadas por humanos, especialmente a pecuária e as monoculturas de soja, arroz e eucalipto, são importantes direcionadores de padrões e processos em escala de paisagem e, podem mascarar os efeitos e impactos da geração termelétrica de energia sobre os recursos naturais adjacentes.

Por fim, o amplo conjunto de descritores de qualidade ambiental que vem sendo gerado nos últimos anos de monitoramento, através dos diferentes estudos realizados nos compartimentos terrestre e aquático, poderá possibilitar a detecção de futuras alterações nesses descritores, estejam elas relacionados diretamente, ou não, à geração térmica de energia elétrica.

3.2.9. Relatório fotográfico

O presente relatório fotográfico documenta e ilustra as informações apresentadas no relatório de monitoramento da vegetação.

Caracterização das Estações de Amostragem

EA1 - Fazenda Serra do Veleda

Figura 192. Vista geral da área amostrada na EA1 (Fazenda Serra do Veleda, novembro de 2023).

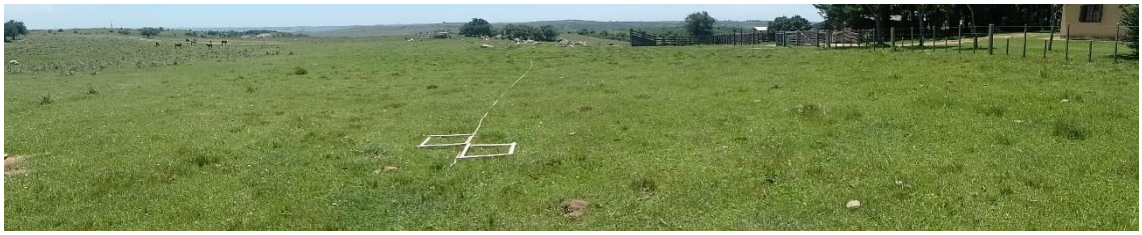


Figura 193. Detalhe de uma parcela amostrada na EA1 (novembro de 2023).



Figura 194. Vista geral da área amostrada na EA1 (Fazenda Serra do Veleda, março de 2024).



Figura 195. Detalhe de uma parcela amostrada na EA1 (março de 2024).



Figura 196. Vista geral da área amostrada na EA1 (Fazenda Serra do Veleda, julho de 2024).



Figura 197. Detalhe de uma parcela amostrada na EA1 (julho de 2024).



Figura 198. Vista geral da área amostrada na EA1 (Fazenda Serra do Veleda, agosto de 2024).

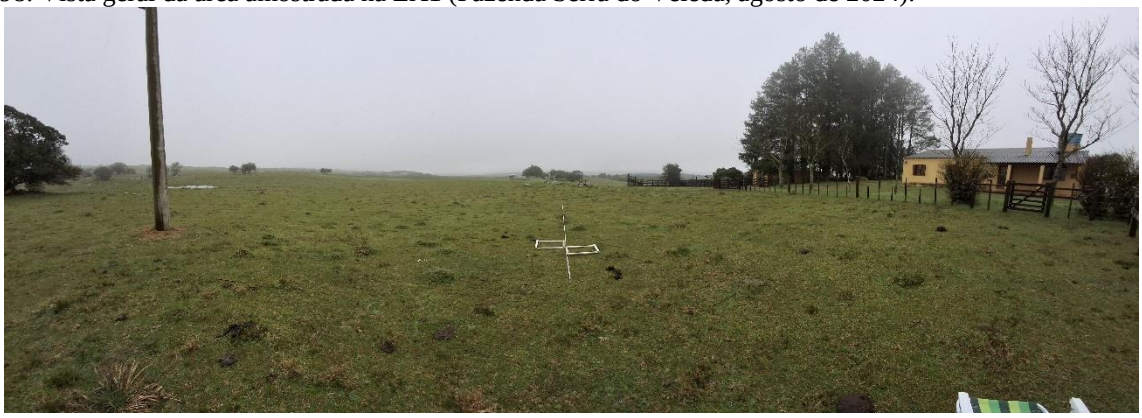


Figura 199. Detalhe de uma parcela amostrada na EA1 (agosto de 2024).



2 – Fazenda Três Lagoas

Figura 200. Vista geral da área amostrada na EA2 (Fazenda Três Lagoas, novembro de 2023).



Figura 201. Detalhe de uma parcela amostrada na EA2, com destaque para a elevada cobertura do solo por *Eragrostis plana* (novembro de 2023).



Figura 202. Vista geral da área amostrada na EA2 (Fazenda Três Lagoas, março de 2024).



Figura 203. Detalhe de uma parcela amostrada na EA2 (março de 2024).



Figura 204. Vista geral da área amostrada na EA2 (Fazenda Três Lagoas, julho de 2024).



Figura 205. Detalhe de uma parcela amostrada na EA2 (julho de 2024).



Figura 206. Vista geral da área amostrada na EA2 (Fazenda Três Lagoas, agosto de 2024).

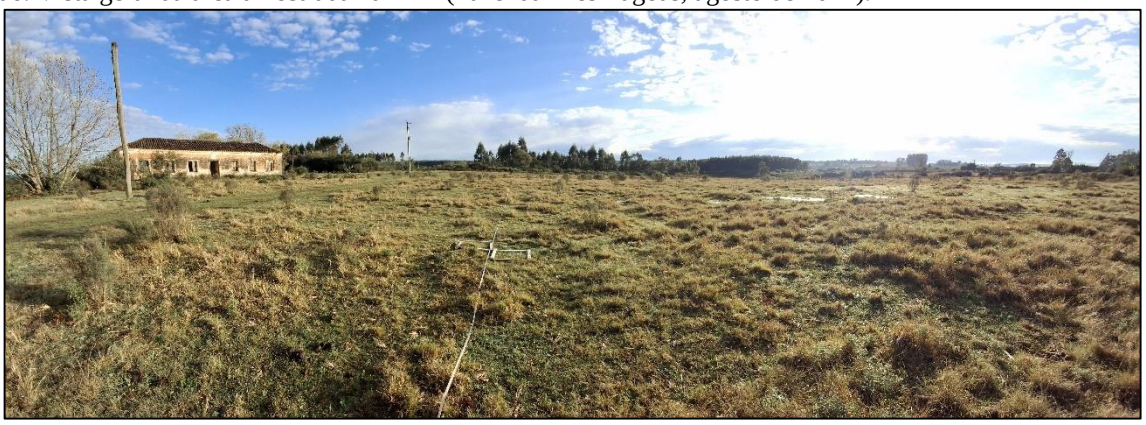


Figura 207. Detalhe de uma parcela amostrada na EA2 (agosto de 2024).



EA3 - Fazenda Candiota

Figura 208. Vista da EA3 (Fazenda Candiota, novembro de 2023), com uma comunidade subarbustiva/arbustiva à direita da área amostrada e um plantio de eucaliptos à esquerda.



Figura 209. Detalhe de uma parcela na EA3 (novembro de 2023), com muitas folhas de eucaliptos que são cultivados nas proximidades do local amostrado.



Figura 210. Vista da EA3 (Fazenda Candiota, março de 2024).



Figura 211. Detalhe de uma parcela na EA3 (março de 2024), com baixa cobertura verde do solo e muitas folhas de eucaliptos cultivados nas proximidades do local amostrado



Figura 212. Vista da EA3 (Fazenda Candiota, julho de 2024).



Figura 213. Detalhe de uma parcela na EA3 (julho de 2024).



Figura 214. Vista da EA3 (Fazenda Candiota, agosto de 2024), com uma comunidade subarbustiva/arbustiva à direita da área amostrada.



Figura 215**.** Detalhe de uma parcela na EA3 (agosto de 2024).



EA4 – Chácara Santa Clara

Figura 216. Vista geral da área amostrada na EA4 (Chácara Santa Clara, novembro de 2023).



Figura 217. Detalhe de uma parcela amostrada na EA4, com destaque para a alta cobertura do solo por *Eragrostis plana* (novembro de 2023).



Figura 218. Vista geral da área amostrada na EA4 (Chácara Santa Clara, março de 2024).



Figura 219. Detalhe de uma parcela amostrada na EA4 (março de 2024).



Figura 220. Vista geral da área amostrada na EA4 (Chácara Santa Clara, julho de 2024).



Figura 221. Detalhe de uma parcela amostrada na EA4 (julho de 2024).



Figura 222. Vista geral da área amostrada na EA4 (Chácara Santa Clara, agosto de 2024).



Figura 223. Detalhe de uma parcela amostrada na EA4 (agosto de 2024).



EA5 - Fazenda Santa Rita

Figura 224. Vista geral da área amostrada na EA5 (Fazenda Santa Rita, novembro de 2023).



Figura 225. Detalhe de uma parcela amostrada na EA5 (agosto de 2023).



Figura 226. Vista geral da área amostrada na EA5 (Fazenda Santa Rita, março de 2024).



Figura 227. Detalhe de uma parcela amostrada na EA5 (março de 2024).



Figura 228. Vista geral da área amostrada na EA5 (Fazenda Santa Rita, julho de 2024).



Figura 229 - Detalhe de uma parcela amostrada na EA5 (julho de 2024), com alta cobertura por *Cenchrus clandesti*



nus.

Figura 230 - Vista geral da área amostrada na EA5 (Fazenda Santa Rita, agosto de 2024).

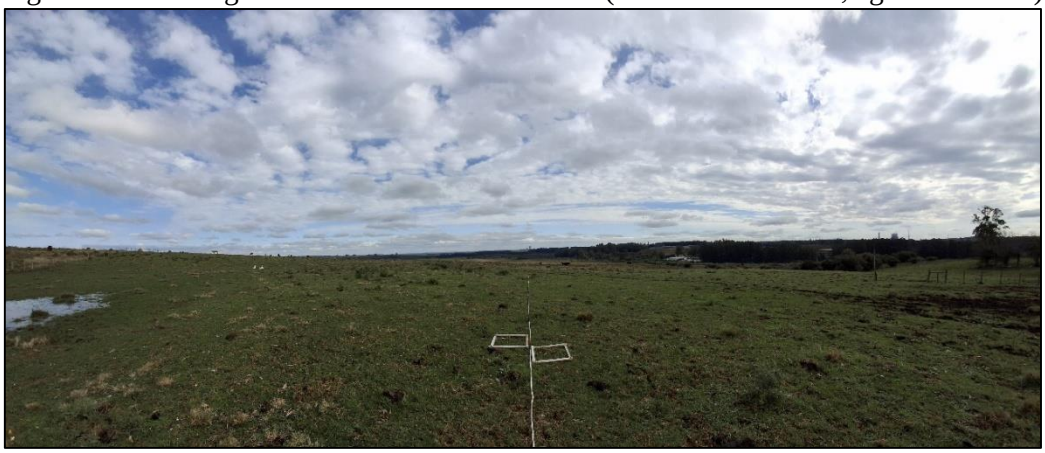


Figura 231. Detalhe de uma parcela amostrada na EA5 (agosto de 2024).



Caracterização florística das Estações Amostrais

EA1 – Fazenda Serra do Veleda

Figura 232**.** *Gallium* sp. (Rubiaceae) na EA1 (novembro de 2023).



Figura 233. *Melica eremophila* (Poaceae) na EA1, (novembro de 2023).



Figura 234. *Polygala senega* (Polygalaceae) na EA1, novembro de 2023.



Figura 235. *Borreria dasycephala* (Rubiaceae) na EA1, novembro de 2023.



Figura 236. *Crocanthemum brasiliensis* (Cistaceae) na EA1, novembro de 2023.



Figura 237. Flor de *Crocanthemum brasiliensis* (Cistaceae) na EA1, novembro de 2023.



Figura 238. *Elephatopus mollis* (Asteraceae) na EA1, julho de 2024.



Figura 239. *Gamocaetha americana* (Asteraceae) na EA1, julho de 2024.



Figura 240. *Chapthalia excapa* (Asteraceae) na EA1, julho de 2024.



Figura 241. *Beauverdia* sp. (Amaryllidaceae) na EA1, agosto de 2024.



EA2 – Fazenda Três Lagoas

Figura 242. *Rumex obtusifolius* (Polygonaceae) na EA2, julho de 2024.



Figura 243. *Borreria dasycephala* (Rubiaceae) na EA2, julho de 2024.



Figura 244. *Eryngium horridum* (Apiaceae) na EA2, julho de 2024.



EA3 – Fazenda Candiota

Figura 245. *Desmodium incanum* (Fabaceae) na EA3, novembro de 2023.

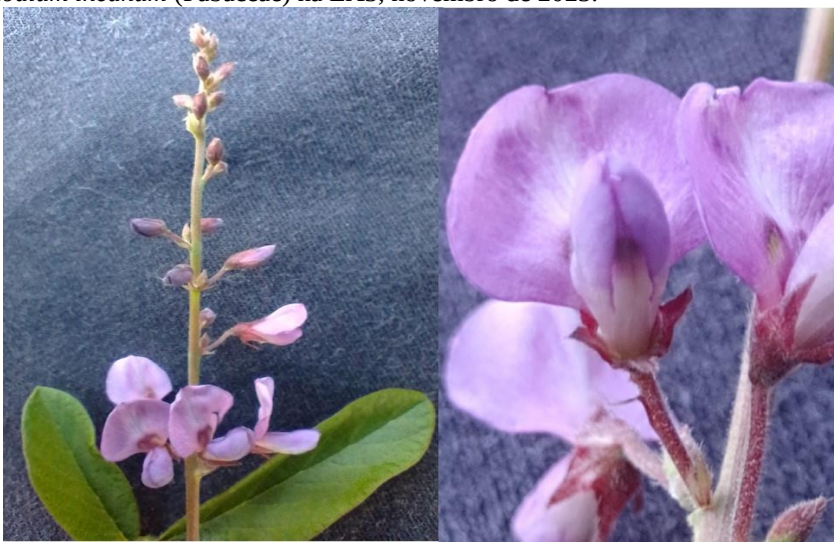


Figura 246. *Evolvulus sericeus* (Convolvulaceae) na EA3, novembro de 2023.



Figura 247. *Chaptalia piloselloides* (Asteraceae) na EA3, julho de 2024.



Figura 248. *Chaptalia arechavaletae* (Asteraceae) na EA3, novembro de 2023.



Figura 249. *Chapthalia excapa* (Asteraceae) na EA3, julho de 2024.



Figura 250. *Dichondra sericea* (Convolvulaceae) na EA3, julho de 2024.



EA4 – Chácara Santa Clara

Figura 251. *Ophioglossum crotalophoroides* (Ophioglossaceae) na EA4, novembro de 2024.



Figura 252. Borreria dasycephala (Rubiaceae) na EA4, novembro de 2024.



Figura 253. *Chapthalia excapa* (Asteraceae) na EA4, novembro de 2024.



EA5 - Fazenda Santa Rita

Figura 254. *Senecio madagascariensis* (Asteraceae) na EA4, novembro de 2024.



Figura 255. *Senecio madagascariensis* (Asteraceae) na EA5, novembro de 2024.



Figura 256. *Oxalis brasiliensis* (Oxalidaceae) na EA5, julho de 2024.



Figura 257. *Desmodium incanum* (Fabaceae) na EA5, julho de 2024.



Registros fotográficos adicionais podem ser encontrados nos Relatórios Fotográficos dos relatórios anuais de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023 (ver item 6.1.10, Monitoramento das Comunidades Vegetais Campestres: Relatórios Anuais de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023).

3.2.10. Mapeamento da Cobertura Vegetal

Metodologia

O Mapa de Cobertura Vegetal foi elaborado a partir do processamento de imagem de sensoriamento remoto. Foi utilizada uma imagem do satélite Sentinel 2A, com data de 14 de agosto de 2024. A imagem foi obtida junto à plataforma Earth Explorer do USGS (United States Geological Survey), georreferenciada no sistema de projeção UTM e *datum* WGS89, Posteriormente, a imagem foi reprojetada para o *datum* SIRGAS2000, através de rotina disponível no *software* IDRISI (Clark University, 2002).

A interpretação, identificação e quantificação dos diferentes tipos de uso e cobertura do solo, foram realizadas com o auxílio dos *softwares* IDRISI, Carta Linx e ArcGIs 10.3.1.

Para extrair as informações dos produtos de sensoriamento remoto empregaram-se técnicas de interpretação visual, baseadas em elementos usuais, tais como brilho, cor, textura, forma, tamanho, contexto e padrão (Lillesand & Kiefer 2000). Paralelamente, a realização de verificações a campo permitiu o estabelecimento das principais classes de mapeamento, o reconhecimento das fisionomias vegetais existentes, estágios de sucessão ecológica, de sua distribuição em conformidade com o relevo, com os solos e regime hidrológico associado, bem como de seu posicionamento em relação às demais modalidades de uso da terra a compor a paisagem existente na área de estudo. Os trabalhos a campo permitiram, ainda, dirimir possíveis dúvidas surgidas quando da interpretação da imagem oriunda do sensoriamento remoto e confirmar a classificação atribuída a cada classe. Os resultados são apresentados na forma de um mapa temático: O Mapa de Cobertura Vegetal referente ao ano de 2024.

Resultados

Os resultados do presente mapeamento são apresentados na forma tabular e de um mapa temático, o Mapa de Cobertura Vegetal (ver Mapa em anexo).

Mapa de Cobertura Vegetal (Arquivo, em anexo)

O

Quadro 67, abaixo, apresenta uma tabulação dos valores das diferentes classes de uso e ocupação do solo nos mapeamentos referentes aos anos de 2021, 2022, 2023 e 2024.

Quadro 67**.** Tabulação de valores das classes de uso e ocupação do solo, referentes aos anos de 2021, 2022, 2023 e 2024. Na coluna à direita são apresentadas as variações percentuais comparativas entre classes, correspondentes aos anos de 2023 e 2024.

Nº	**Classe/ano**	**2024 (hectares)**	**2023 (hectares)**	**2022 (hectares)**	**2021 (hectares)**	**Variação 2022-23 (%)**
1	Agricultura de sequeiro	11.522,41	10.064,05	9.448,80	3418,53	+14,49
2	Água	526,13	508,35	543,53	519,63	+3,49
3	Banhado	16,92	16,92	16,92	16,92	0
4	Campo degradado	9.462,50	10.305,69	9.197,51	10924,02	-8,18
5	Campo seco	1.745,24	1.995,94	3.361,04	4391,36	12,56
6	Mata nativa	1.096,27	1.099,27	1.117,55	1126,66	-0,28
7	Mineração	1.902,17	1.875,04	1.839,31	1814,42	+1,45
8	Orizicultura	16,50	30,95	128,40	3503,18	-46,69
9	Silvicultura	3.100,44	3.343,74	3.336,27	2922,82	-7,28
10	Urbano	446,16	438,14	411,10	385,11	+1,83
11	Uso agrícola misto	1.418,56	1.577,23	1.187,09	2177,15	+10.06
	Total	31.255,32	31.255,32	31.255,32	31.255,32	31.255,32

A classe que apresentou o maior aumento percentual foi “agricultura de sequeiro”, que conjuntamente com a classe “uso agrícola misto” (10,06%) totalizam um incremento de quase 25% no período. As maiores reduções corresponderam às classes: “campo degradado”, “silvicultura” e “orizicultura”. Merece atenção o aumento contínuo da classe “mineração” ao longo dos anos de monitoramento.

A tabulação cruzada entre os resultados das diferentes classes de uso e cobertura do solo deve ser efetuada com alguma prudência. Fatores como a época de captura da imagem de sensoriamento remoto, horário e condições meteorológicas momentâneas (chuvas intensas, estiagens, inundações etc.) podem ter influências expressivas na identificação e mapeamento de algumas classes (especialmente: orizicultura, campo seco, campo úmido, agricultura de sequeiro etc.). Tabulações em séries temporais mais longas,

com o descarte de eventuais valores discrepantes, fornecem resultados mais representativos da realidade avaliada. No atual período, a redução verificada na classe ‘campo degradado’ parece estar relacionada com alguma recuperação após a intensa estiagem ocorrida no verão de 2022-2033. Por outro lado, a continuidade do crescimento verificado na classe “agricultura de sequeiro” reflete, uma vez mais, uma tendência regional de expansão da cultura da soja.

3.3. MONITORAMENTO DA AVIFAUNA

Responsabilidade técnica: Biólogo Dr. Jan Karel Felix Mähler Jr. - CRBio 09872-03

3.3.1. Introdução

Na atualidade, existe uma preocupação crescente em saber como os impactos provenientes de empreendimentos de origem antrópica comprometem a manutenção de aspectos ambientais e sociais fundamentais. Dentre as consequências mais marcantes desses impactos está a perda de biodiversidade, cujo alcance pode chegar a escalas regionais. Nesse contexto, a avaliação e o monitoramento dos referidos impactos ambientais, bem como sua contabilização econômica, são exigências da sociedade para diferentes atividades econômicas[45]. A realização de inventários e monitoramentos de longa duração dos recursos biológicos são passos importantes para o estabelecimento de estratégias de manejo e conservação.

Este relatório contém os resultados das quatro campanhas de amostragem realizadas entre outubro de 2023 e setembro de 2024, apresentando informações sobre a composição, distribuição espaço-temporal e abundância de aves registradas na área de influência da Usina Termelétrica de Candiota, RS, avaliando possíveis impactos do empreendimento à avifauna.

As campanhas foram realizadas nos dias 8 a 10 de dezembro de 2023 (primavera), 22 a 25 de fevereiro de 2024 (verão), 7 a 10 de junho de 2024 (outono) e 7 a 9 de setembro de 2024 (inverno).

3.3.2. Metodologia

Assim como nos anos anteriores de monitoramento, foram realizadas contagens de aves através de pontos e transectos. Estas metodologias foram intercaladas dependendo das características ambientais de cada EA, com o objetivo principal de manter uma distância mínima de 200 m entre contagens de uma mesma metodologia, evitando-se

[45] ROMEIRO, A. R.; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (org.). **Avaliação e contabilização de impactos ambientais**. Campinas, SP, Brasil : São Paulo, SP, Brasil: Editora UNICAMP ; Imprensa Oficial, 2004. P. 10

contagens duplas de um mesmo indivíduo[46]. Quatro pontos e dois transectos foram utilizados em cada EA para as contagens.

Toda ave ouvida ou vista durante as contagens foi considerada como um contato[47]. Os resultados obtidos são apresentados como índice de abundância para pontos – IPA[48] e transectos - IAT, que podem ser comparados entre as diferentes amostragens.

Os nomes científicos e populares e a sequência taxonômica das espécies de aves seguiram o proposto pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos – CBRO[49]. Os nomes populares das espécies de aves estão de acordo com Bencke *et al* [50].

Comparou-se a diversidade entre as EA através do índice de Simpson (1-D). Foi realizada uma Anova para comparar os valores de diversidade das áreas em cada campanha de amostragem.

Utilizou-se, para avaliar a similaridade entre as áreas, uma análise de agrupamento calculada a partir da matriz de dados de abundância relativa das espécies nos transectos. Para essa análise, considerou-se a maior abundância obtida para cada espécie em cada EA ao longo do ano. Foi utilizada como medida de similaridade a distância euclideana e o método de ligação por UPGMA.

Para as análises acima foi utilizado o programa Past v 1.21 (Hammer *et al*., 2008).

3.3.3. Resultados

Foram registradas 116 espécies de aves nas quatro campanhas realizadas, divididas em 41 famílias, sendo as mais numerosas: Tyrannidae (19 espécies), Thraupidae (14 espécies), Furnariidae (7 espécies) e Icteridae (5 espécies) – Quadro 68. Uma espécie que

[46] BLONDEL, J.; FERRY, C.; FROCHOT, B. Point counts with unlimited distance. **Estimating Numbers of Terrestrial Birds**, [*s. l.*], v. 6, n. Lawrence: Cooper Ornithological Society, p. 414–420, 1981.

[47] ALEIXO, A.; VIELLIARD, J. M. E. Composição e dinâmica da avifauna da mata de Santa Genebra, Campinas, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, p. 495 [*s. l.*], v. 12, n. 3, p. 493–511, 1995. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0101-81751995000300004; BLONDEL; FERRY; FROCHOT, 1981.; RALPH, C. J.; SAUER, J. R.; DROEGE, S. **Monitoring bird populations by point counts**. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, 1995. Disponível em: https://doi.org/10.2737/PSW-GTR-149. Acesso em: 23 fev. 2024.

[48] ANJOS, L. Bird Communities in Five Atlantic Forest Fragments in Southern Brazil. **Ornitología Neotropical**, [*s. l.*], v. 12, n. 1, 2001, p. 13. Disponível em: https://digitalcommons.usf.edu/ornitologia_neotropical/vol12/iss1/3; VIELLIARD, 2000.

[49] PACHECO, J. F. *et al.* Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee—second edition. **Ornithology Research**, [*s. l.*], v. 29, n. 2, p. 94–105, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s43388-021-00058-x

[50] BENCKE, G. A. *et al.* Revisão e atualização da lista das aves do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, [*s. l.*], v. 100, n. 4, p. 519–556, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0073-47212010000400022

não havia sido registrada anteriormente (*Emberizoides ypiranganus*, canário-do-brejo) foi acrescentada à lista nesse último ano de monitoramento. Considerando as campanhas realizadas desde 2007, quando teve início o monitoramento, o total acumulado chega a 211 espécies para a área de influência da UTE Candiota (Anexo 1), o que representa 29,97 % do total de espécies de aves listadas para o Rio Grande do Sul por Franz *et al*[51].

Das 116 espécies registradas, 36,21% (42 espécies) estiveram presentes em uma única EA; 18,1% (21 espécies) em duas EA; 12,93% (15 espécies) em três EA; 12,93% (15 espécies) em quatro EA; e 19,83% (23 espécies) em cinco EA (Quadro 68). O registro das espécies nas EA ao longo do ano está relacionado às fitofisionomias e à variedade de ambientes nas diferentes estações amostrais, além da maior ou menor possibilidade de detecção de cada espécie nas áreas.

Quadro 68: Ocorrência das espécies de aves nas cinco EA no período entre outubro de 2023 e setembro de 2024.

Família	**Nome científico**	**EA1**	**EA2**	**EA3**	**EA4**	**EA5**
Rheidae	*Rhea americana*	1				
Tinamidae	*Crypturellus obsoletus*	1				
	Rhynchotus rufescens		1		1	
	Nothura maculosa	1	1		1	1
Anhimidae	*Chauna torquata*		1	1	1	
Anatidae	*Dendrocygna viduata*		1			
	Amazonetta brasiliensis				1	
	Spatula versicolor		1			
Cracidae	*Penelope obscura*	1				1
Podicipedidae	*Podilymbus podiceps*		1			
Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianus*		1		1	
Ardeidae	*Ardea alba*		1		1	
	Syrigma sibilatrix		1			
	Bubulcus ibis				1	
	Butorides striatus		1			
Threskiornithidae	*Plegadis chihi*	1	1		1	
	Theristicus caerulescens			1		1

[51] FRANZ, I. *et al*. Four decades after Belton: a review of records and evidences on the avifauna of Rio Grande do Sul, Brazil. **Iheringia. Série Zoologia**, [*s. l.*], v. 108, n. 0, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018005. Acesso em: 23 fev. 2024.

Família	Nome científico	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
	Theristicus caudatus	1	1	1	1	1
Cathartidae	*Cathartes aura*	1	1	1		1
	Cathartes burrovianus		1		1	
	Coragyps atratus	1				1
Accipitridae	*Rupornis magnirostris*			1		
Aramidae	*Aramus guarauna*				1	
Rallidae	*Aramides ypecaha*	1	1			
	Gallinula galeata		1			
Charadriidae	*Vanellus chilensis*	1	1	1	1	1
Scolopacidae	*Gallinago paraguaiae*		1		1	
Jacanidae	*Jacana jacana*		1			
Columbidae	*Columbina picui*	1	1	1	1	1
	Patagioenas picazuro	1	1	1	1	1
	Patagioenas maculosa	1				
	Zenaida auriculata	1	1	1	1	1
	Leptotila verreauxi	1	1	1	1	1
Cuculidae	*Piaya cayana*	1				
	Guira guira	1	1		1	1
Trochilidae	*Hylocharis chrysura*			1		1
Alcedinidae	*Chloroceryle amazona*		1			
Picidae	*Melanerpes candidus*					1
	Veniliornis spilogaster	1	1			
	Colaptes melanochloros	1		1	1	1
	Colaptes campestris	1	1	1	1	1
Falconidae	*Caracara plancus*	1	1			1
	Milvago chimachima		1			
	Falco sparverius					1
Psittacidae	*Psittacara leucophthalmus*		1			
	Pyrrhura frontalis	1		1		1
	Myiopsitta monachus	1	1	1	1	1
Thamnophilidae	*Thamnophilus ruficapillus*				1	
	Thamnophilus caerulescens	1		1	1	

Família	Nome científico	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Furnariidae	*Furnarius rufus*	1	1	1	1	1
	Syndactyla rufosuperciliata	1	1			
	Phacellodomus striaticollis	1		1		
	Anumbius annumbi	1	1		1	1
	Synallaxis frontalis			1		
	Synallaxis spixi	1	1	1	1	1
	Cranioleuca obsoleta	1	1		1	1
Tityridae	*Pachyramphus polychopterus*		1			
Rhynchocyclidae	*Tolmomyias sulphurescens*			1		
Tyrannidae	*Hirundinea ferruginea*					1
	Camptostoma obsoletum		1	1	1	
	Elaenia parvirostris	1			1	1
	Elaenia mesoleuca	1				
	Serpophaga nigricans				1	
	Serpophaga subcristata		1		1	
	Myiarchus swainsoni	1		1		
	Pitangus sulphuratus	1	1	1	1	1
	Machetornis rixosa	1	1		1	1
	Myiodynastes maculatus		1	1	1	
	Tyrannus melancholicus	1	1	1	1	1
	Tyrannus savana	1	1	1	1	1
	Empidonomus varius	1				
	Myiophobus fasciatus		1	1	1	
	Pyrocephalus rubinus	1	1			1
	Knipolegus lophotes					1
	Satrapa icterophrys				1	
	Nengetus cinereus					1
	Xolmis irupero	1	1			1
Vireonidae	*Cyclarhis gujanensis*	1	1	1	1	1
	Vireo chivi	1		1	1	1
Hirundinidae	*Pygochelidon cyanoleuca*		1		1	1
	Stelgidopteryx ruficollis			1	1	1

Família	Nome científico	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
	Progne tapera		1	1	1	1
	Tachycineta leucorrhoa				1	
Troglodytidae	*Troglodytes musculus*	1	1	1	1	1
Polioptilidae	*Polioptila dumicola*		1	1	1	1
Turdidae	*Turdus rufiventris*	1	1	1	1	1
	Turdus amaurochalinus	1	1	1	1	1
Mimidae	*Mimus saturninus*	1	1		1	1
Motacillidae	*Anthus lutescens*		1			
Passerilidae	*Zonotrichia capensis*	1	1	1	1	1
	Ammodramus humeralis		1			
Parulidae	*Setophaga pitiayumi*	1	1	1	1	1
	Geothlypis aequinoctialis			1		1
	Basileuterus culicivorus					1
	Myiothlypis leucoblephara	1	1	1	1	1
Icteridae	*Cacicus chrysopterus*	1				
	Icterus pyrrhopterus			1	1	
	Pseudoleistes virescens		1		1	
	Agelaioides badius	1	1	1	1	1
	Molothrus bonariensis	1	1		1	1
Thraupidae	*Saltator similis*	1	1		1	1
	Saltator aurantiirostris	1		1	1	
	Tangara sayaca	1	1	1	1	
	Tangara preciosa	1		1		
	Stephanophorus diadematus	1	1		1	1
	Paroaria coronata	1	1	1	1	1
	Poospiza nigrorufa		1			
	Poospiza cabanisi	1				
	Sicalis flaveola	1	1	1	1	1
	Sicalis luteola		1			1
	Emberizoides ypiranganus				1	
	Embernagra platensis		1		1	1
	Volatinia jacarina			1		

Família	Nome científico	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
	Sporophila caerulescens		1	1		
Fringillidae	*Spinus magellanicus*			1		
TOTAL		**60**	**72**	**50**	**64**	**57**

Houve uma flutuação na riqueza das espécies entre as campanhas de amostragem (Figura 258). Em geral, isso se deve principalmente ao incremento no número de espécies com a presença de aves migratórias de verão (ver *status* de permanência no RS no Anexo 1), além da conspicuidade das espécies devido às atividades de demarcação de território e período reprodutivo nas amostragens principalmente de primavera.

As EA2, EA4 e EA1 apresentaram os maiores totais de espécies ao longo do ano (

Figura 259). Os índices de diversidade de Simpson (1-D) para as cinco EA são apresentados no Quadro 69. Não houve diferença significativa na comparação entre os índices de diversidade das EA ao longo do ano (F= 3,408; p= 0,078).

Figura 258 - Número de espécies de aves registrado em cada estação amostral (EA) nas campanhas realizadas na primavera (1), verão (2), outono (3) e inverno (4).

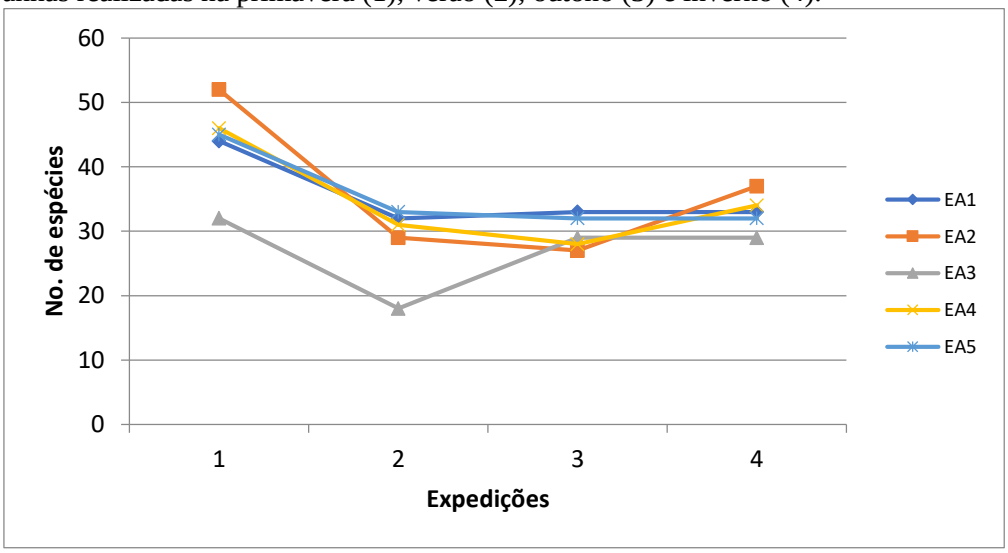
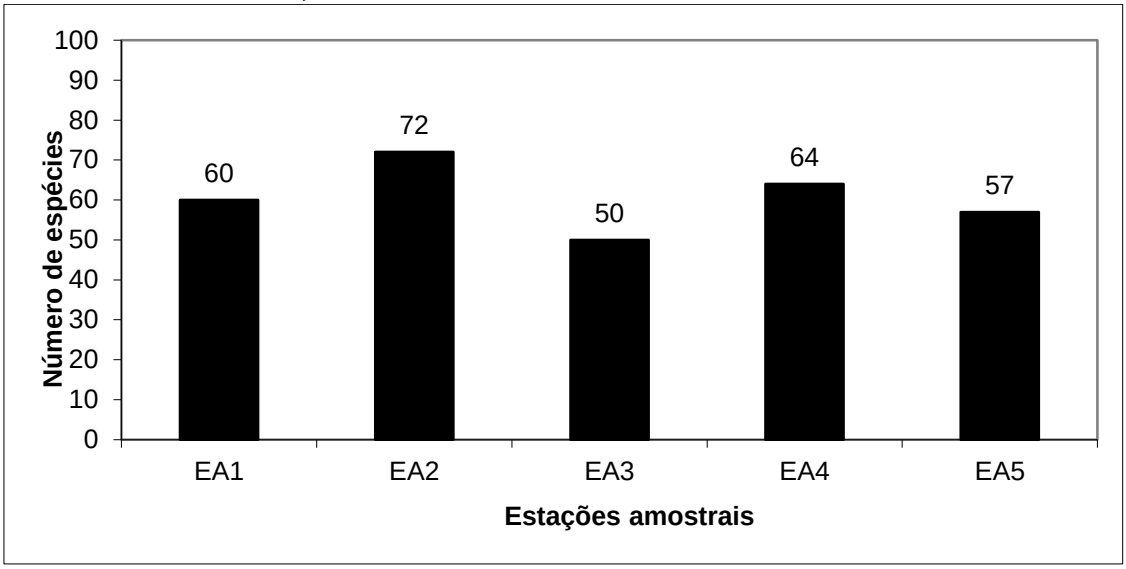


Figura 259 - Número de espécies de aves registrado nas campanhas realizadas entre outubro de 2023 e setembro de 2024 nas cinco estações amostrais (EA) do monitoramento da Usina Termelétrica de Candiota, RS.



Quadro 69 - Índice de diversidade de Simpson (1-D) para as cinco EA avaliadas para o componente avifauna com base nos dados obtidos entre outubro de 2023 e setembro de 2024.

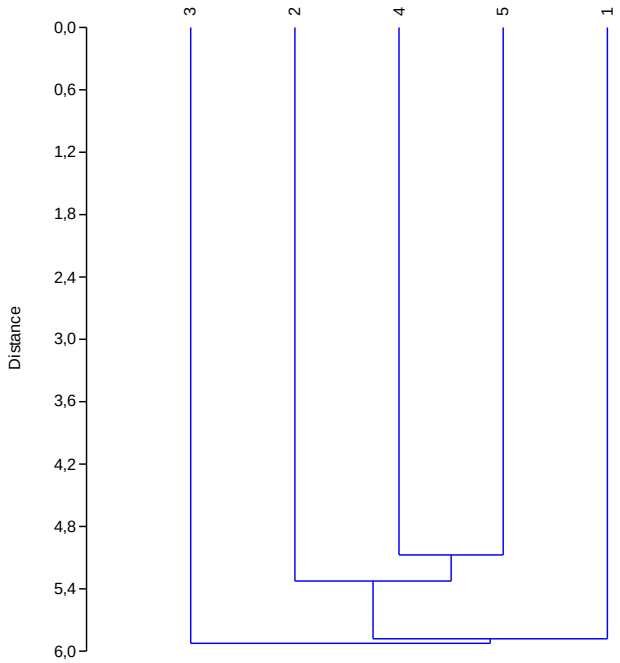
Campanha	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Primavera	0,953	0,973	0,956	0,964	0,957
Verão	0,952	0,961	0,942	0,959	0,947
Outono	0,949	0,955	0,940	0,951	0,936
Inverno	0,957	0,965	0,927	0,961	0,961

A análise de agrupamento (Figura 260) fornece uma dimensão da similaridade entre as EA em termos de abundância e composição da avifauna. A EA1 e a EA3 apresentaram as menores similaridades com as demais áreas. A EA1 é constituída por uma fitofisionomia típica da Formação Serra do Sudeste e a EA3 apresenta áreas alteradas e plantios extensos de eucalipto que no final desse ano de monitoramento foram cortados. As demais áreas apresentam certa similaridade, tendo a EA 2 se aproximando das EA4 e EA 5, com formações características da Campanha.

Considerando os índices de abundância obtidos nos pontos de contagem (IPA) e nos transectos (IAT), as espécies mais abundantes foram: pombão (*Patagioenas picazuro*), pomba-de-bando (*Zenaida auriculata*), caturrita (*Myiopsitta monachus*), pica-pau-do-campo (*Colaptes campestris*), joão-de-barro (*Furnarius rufus*), bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), pitiguari (*Cyclarhis gujanensis*), corruíra (*Troglodytes musculus*), sabiá-poca (*Turdus amaurochalinus*) e tico-tico (*Zonotrichia capensis*). Essas aves ocupam uma gama de ambientes, habitando inclusive áreas urbanas, e durante este

último ano de monitoramento apresentaram contagens expressivas em uma ou mais saídas.

Figura 260: Análise de agrupamento das EA (1 a 5) em função da abundância e composição da avifauna nas campanhas realizadas entre outubro de 2023 a setembro de 2024.



Dezesseis espécies reconhecidas como migrantes de verão (Belton, 1994; Bencke, 2001), que podem ser encontradas no Rio Grande do Sul entre o final do inverno e início do outono, foram registradas nessa última expedição a campo – *Butorides striata*, *Pachyramphus polychopterus*, *Hirundinea ferruginea*, *Elaenia parvirostris*, *Elaenia mesoleuca*, *Empidonomus varius*, *Pyrocephalus rubinus*, *Myiophobus fasciatus*, *Myiodynastes maculatus*, *Myiarchus swainsoni*, *Tyrannus savana*, *Tyrannus melancholicus*, *Vireo chivi*, *Stelgidopteryx ruficollis*, *Progne tapera* e *Sporophila caerulescens*. Estas espécies são consideradas comuns ou relativamente comuns, ocupando áreas campestres, capoeiras, capões, matas ciliares, áreas úmidas, áreas rurais e até mesmo cidades.

O Ministério do Meio Ambiente considerou 256 táxons de aves como ameaçados de extinção no Brasil[52]. No Rio Grande do Sul, 91 espécies de aves encontram-se ameaçadas de extinção[53]. Para a região em estudo, Campanha e Serra do Sudeste, pelo menos 27 espécies de aves estão categorizadas em algum grau de ameaça de extinção.

Ao longo do monitoramento, foram registradas duas espécies ameaçadas de extinção categorizadas com *status* Vulnerável no Rio Grande do Sul: o veste-amarela (*Xanthopsar flavus*) e a noivinha-de-rabo-preto (*Xolmis dominicanus*). Além destas, três espécies categorizadas como quase-ameaçadas de extinção no Estado foram registradas: arapaçu-do-espinilho (*Drymornis bridgesii*), junqueiro-de-bico-reto (*Limnoctites rectirostris*) e coleiro-do-brejo (*Sporophila collaris*) – Decreto Estadual 51.797/2014. A categoria "quase ameaçada" inclui as espécies que presentemente não satisfazem os critérios para ingressar nas categorias formais de ameaça – criticamente em perigo, em perigo ou vulnerável, mas estão perto de se enquadrar ou é provável que se enquadrem em uma dessas categorias de ameaça em um futuro próximo.

3.3.4. Considerações finais

O monitoramento ambiental contribui para a identificação de mudanças na biodiversidade e representa uma possibilidade de manejo de recursos naturais, adoção de estratégias de conservação de espécies e recuperação de áreas degradadas (Tófoli *et al*., 2019). É um processo de coleta de dados e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, visando identificar e avaliar qualitativa e quantitativamente as condições dos recursos naturais em um determinado momento, bem como suas tendências ao longo do tempo (Bibby, C.J.; Alder, C. 2003).

A metodologia aplicada no monitoramento ao longo dos anos vem contribuindo na avaliação da interferência das transformações da paisagem sobre a avifauna. As principais transformações da paisagem resultantes das atividades do empreendimento são decorrentes da remoção da vegetação existente, abertura de grandes cavas e deposição de solo em áreas alternativas, e impactos aos recursos hídricos e áreas ciliares. De forma

[52] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Portaria Nº 148**. Altera os Anexos da Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014, da Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014, e da Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014, referentes à atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade,

[53] ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Decreto N. 51.797/2014**. Declara as Espécies da Fauna Silvestre Ameaçadas de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul. Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, 8 set. 2014. Disponível em: https://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC%2051.797.pdf

adicional, perturbações secundárias podem causar prejuízo à avifauna, como o ruído provocado por detonações e aumento do fluxo de veículos pesados.

Estes impactos além de afetar diretamente as áreas de extração, alcançam também extensões variáveis das áreas adjacentes, incluindo as EA desse estudo, principalmente a EA 2 e EA 5, que estão próximas a grandes cavas para extração de carvão.

Anexo 1 - Lista cumulativa das espécies de aves ocorrentes na área de influência da Usina Termelétrica de Candiota, RS. *Status*: (R) residente; (M) residente de primavera/verão migratório; (S) visitante migratório de inverno vindo do Cone Sul do continente; (#) *status* assumido, mas não confirmado (segundo Belton, 1994; Bencke, 2001).

Família	Nome científico	Nome comum	*Status* RS
Rheidae	*Rhea americana*	ema	R
Tinamidae	*Crypturellus obsoletus*	inambuguaçu	R
	Rhynchotus rufescens	perdigão	R
	Nothura maculosa	perdiz	R
Anhimidae	*Chauna torquata*	tachã	R
Anatidae	*Dendrocygna viduata*	irerê	R
	Amazonetta brasiliensis	marreca-pé-vermelho	R
	Spatula versicolor	marreca-cricri	R
	Anas flavirostris	marreca-pardinha	R
	Anas georgica	marreca-parda	R
Cracidae	*Penelope obscura*	jacuaçu	R
	Ortalis guttata	araquã	R
Podicipedidae	*Rollandia rolland*	mergulhão-de-orelhas-brancas	R
	Podilymbus podiceps	mergulhão	R
Columbidae	*Columbina talpacoti*	rolinha-roxa	R
	Columbina picui	rolinha-picuí	R
	Patagioenas picazuro	pombão	R
	Patagioenas maculosa	pomba-do-orvalho	R
	Patagioenas cayennensis	pomba-galega	M#
	Zenaida auriculata	pomba-de-bando	R
	Leptotila verreauxi	juriti-pupu	R
	Leptotila rufaxilla	juriti-gemedeira	R
Cuculidae	*Piaya cayana*	alma-de-gato	R
	Coccyzus melacoryphus	papa-lagarta-verdadeiro	M
	Crotophaga ani	anu-preto	R
	Guira guira	anu-branco	R
	Tapera naevia	saci	R
Caprimulgidae	*Hydropsalis parvula*	bacurau-pequeno	R
	Hydropsalis torquata	bacurau-tesoura	R
	Podager nacunda	corucão	M
Trochilidae	*Chlorostilbon lucidus*	besourinho-de-bico-vermelho	R
	Hylocharis chrysura	beija-flor-dourado	R
Aramidae	*Aramus guarauna*	carão	R
Rallidae	*Aramides ypecaha*	saracuraçu	R
	Aramides cajaneus	saracura-três-potes	R
	Aramides saracura	saracura-do-mato	R

Família	Nome científico	Nome comum	*Status* RS
	Pardirallus sanguinolentus	saracura-do-banhado	R
	Gallinula galeata	galinhola	R
	Porphyriops melanops	frango-d´água-carijó	R
Charadriidae	*Oreopholus ruficollis*	batuíra-de-papo-ferrugíneo	S
	Vanellus chilensis	quero-quero	R
	Charadrius collaris	batuíra-de-coleira	R
Recurvirostridae	*Himantopus melanurus*	pernilongo	R
Scolopacidae	*Gallinago paraguaiae*	narceja	R
	Tringa melanoleuca	maçarico-grande-de-perna-amarela	M
Jacanidae	*Jacana jacana*	jaçanã	R
Laridae	*Chroicocephalus maculipennis*	gaivota-maria-velha	R
	Chroicocephalus cirrocephalus	gaivota-de-cabeça-cinza	R
Ciconiidae	*Ciconia maguari*	joão-grande	R
	Mycteria americana	cabeça-seca	M
Anhingidae	*Anhinga anhinga*	biguatinga	R
Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianum*	biguá	R
Ardeidae	*Tigrisoma lineatum*	socó-boi-verdadeiro	R
	Nycticorax nycticorax	savacu	R
	Butorides striata	socozinho	M
	Bubulcus ibis	garça-vaqueira	R
	Ardea cocoi	garça-moura	R
	Ardea alba	garça-branca-grande	R
	Syrigma sibilatrix	maria-faceira	R
	Egretta thula	garça-branca-pequena	R
Threskiornithidae	*Plegadis chihi*	maçarico-preto	R
	Phimosus infuscatus	maçarico-de-cara-pelada	R
	Theristicus caerulescens	maçarico-real	R
	Theristicus caudatus	curicaca	R
	Platalea ajaja	colhereiro	R
Cathartidae	*Coragyps atratus*	urubu-de-cabeça-preta	R
	Cathartes aura	urubu-de-cabeça-vermelha	R
	Cathartes burrovianus	urubu-de-cabeça-amarela	R
Accipitridae	*Elanus leucurus*	gavião-peneira	R
	Circus buffoni	gavião-do-banhado	R
	Accipiter striatus	gaviãozinho	M#
	Rostrhamus sociabilis	gavião-caramujeiro	R
	Heterospizias meridionalis	gavião-caboclo	R

Família	Nome científico	Nome comum	*Status* RS
	Rupornis magnirostris	gavião-carijó	R
	Geranoaetus albicaudatus	gavião-de-cauda-branca	R
Strigidae	*Megascops choliba*	corujinha-do-mato	R
	Bubo virginianus	jacurutu	R
	Athene cunicularia	coruja-do-campo	R
Trogonidae	*Trogon surrucura*	surucuá-variado	R
Alcedinidae	*Megaceryle torquata*	martim-pescador-grande	R
	Chloroceryle amazona	martim-pescador-verde	R
	Chloroceryle americana	martim-pescador-pequeno	R
Ramphastidae	*Ramphastos toco*	tucanuçu	R
Picidae	*Picumnus nebulosos*	pica-pau-anão-carijó	R
	Melanerpes candidus	pica-pau-branco	R
	Veniliornis spilogaster	picapauzinho-verde-carijó	R
	Colaptes melanochloros	pica-pau-verde-barrado	R
	Colaptes campestris	pica-pau-do-campo	R
Cariamidae	*Cariama cristata*	seriema	R
Falconidae	*Caracara plancus*	caracará	R
	Milvago chimachima	carrapateiro	R
	Milvago chimango	chimango	R
	Falco sparverius	quiriquiri	R
	Falco femoralis	falcão-de-coleira	R
Psittacidae	*Pyrrhura frontalis*	tiriba-de-testa-vermelha	R
	Myiopsitta monachus	caturrita	R
	Psittacara leucophthalmus	maracanã-malhada	R
Thamnophilidae	*Thamnophilus ruficapillus*	choca-de-boné-vermelho	R
	Thamnophilus caerulescens	choca-da-mata	R
	Mackenziaena leachii	brujarara-assobiador	R
Rhinocryptidae	*Scytalopus pachecoi*	tapaculo-ferreirinho	R
Dendrocolaptidae	*Sittasomus griseicapillus*	arapaçu-verde	R
	Drymornis bridgesii	arapaçu-do-espinilho	R
Furnariidae	*Furnarius rufus*	joão-de-barro	R
	Lochmias nematura	joão-porca	R
	Heliobletus contaminatus	trepadorzinho	R
	Syndactyla rufosuperciliata	trepador-quiete	R
	Phacellodomus striaticollis	tio-tio	R
	Phacellodomus ferrugineigula	joão-botina	R
	Anumbius annumbi	cochicho	R
	Schoeniophylax phryganophilus	bichoita	R

Família	Nome científico	Nome comum	*Status* RS
	Synallaxis ruficapilla	pichororé	R
	Synallaxis cinerascens	pi-puí	R
	Synallaxis frontalis	petrim	R
	Synallaxis spixi	joão-teneném	R
	Limnoctites rectirostris	junqueiro-de-bico-reto	R
	Cranioleuca obsoleta	arredio-oliváceo	R
Tityridae	*Pachyramphus viridis*	caneleirinho-verde	R
	Pachyramphus polychopterus	caneleirinho-preto	M
Rhynchocyclidae	*Phylloscartes ventralis*	borboletinha-do-mato	R
	Tolmomyias sulphurescens	bico-chato-de-orelha-preta	R
	Poecilotriccus plumbeiceps	tororó	R
Tyrannidae	*Hirundinea ferruginea*	birro	M
	Camptostoma obsoletum	risadinha	R
	Elaenia flavogaster	guaracava-de-barriga-amarela	R
	Elaenia parvirostris	guaracava-de-bico-curto	M
	Elaenia mesoleuca	tuque	M
	Elaenia obscura	tucão	R
	Serpophaga nigricans	joão-pobre	R
	Serpophaga subcristata	alegrinho	R
	Myiarchus swainsoni	irré	M
	Pitangus sulphuratus	bem-te-vi	R
	Machetornis rixosa	suriri-cavaleiro	R
	Myiodynastes maculatus	bem-te-vi-rajado	M
	Megarynchus pitangua	neinei	M
	Tyrannus melancholicus	suiriri	M
	Tyrannus savana	tesourinha	M
	Empidonomus varius	peitica	M
	Myiophobus fasciatus	filipe	R
	Pyrocephalus rubinus	príncipe	M
	Lathrotriccus euleri	enferrujado	M
	Knipolegus cyanirostris	maria-preta-de-bico-azulado	R
	Knipolegus lophotes	maria-preta-de-penacho	R
	Satrapa icterophrys	suiriri-pequeno	R
	Nengetus cinereus	primavera	R
	Xolmis irupero	noivinha	R
	Heteroxolmis dominicanus	noivinha-de-rabo-preto	R
Vireonidae	*Cyclarhis gujanensis*	pitiguari	R
	Vireo chivi	juruviara	M
Corvidae	*Cyanocorax caeruleus*	gralha-azul	R

Família	Nome científico	Nome comum	*Status* RS
	Cyanocorax chrysops	gralha-picaça	R
Hirundinidae	*Pygochelidon cyanoleuca*	andorinha-pequena-de-casa	R
	Stelgidopteryx ruficollis	andorinha-serradora	M
	Progne tapera	andorinha-do-campo	M
	Progne chalybea	andorinha-doméstica-grande	M
	Tachycineta leucorrhoa	andorinha-de-testa-branca	R
Troglodytidae	*Troglodytes musculus*	curruíra	R
	Cistothorus platensis	curruíra-do-campo	D
Polioptilidae	*Polioptila dumicola*	balança-rabo-de-máscara	R
Turdidae	*Turdus leucomelas*	sabiá-barranco	R#
	Turdus rufiventris	sabiá-laranjeira	R
	Turdus amaurochalinus	sabiá-poca	R
	Turdus subalaris	sabiá-ferreiro	M
	Turdus albicollis	sabiá-coleira	R
Mimidae	*Mimus saturninus*	sabiá-do-campo	R
	Mimus triurus	calhandra-de-três-rabos	S
Motacillidae	*Anthus lutescens*	caminheiro-zumbidor	R
	Anthus correndera	caminheiro-de-espora	R
	Anthus hellmayri	caminheiro-de-barriga-acanelada	R
Fringillidae	*Spinus magellanicus*	pintassilgo	R
	Euphonia chlorotica	fim-fim	R
Passerellidae	*Zonotrichia capensis*	tico-tico	R
	Ammodramus humeralis	tico-tico-do-campo	R
Icteridae	*Cacicus chrysopterus*	tecelão	R
	Icterus pyrrhopterus	encontro	R
	Gnorimopsar chopi	chopim	R
	Amblyramphus holosericeus	cardeal-do-banhado	R
	Chrysomus ruficapillus	garibaldi	R
	Xanthopsar flavus	veste-amarela	R
	Pseudoleistes guirahuro	chopim-do-brejo	R
	Pseudoleistes virescens	dragão	R
	Agelaioides badius	asa-de-telha	R
	Molothrus rufoaxillaris	vira-bosta-picumã	R
	Molothrus bonariensis	vira-bosta	R
	Sturnella superciliaris	polícia-inglesa-do-sul	R
Parulidae	*Setophaga pitiayumi*	mariquita	R
	Geothlypis aequinoctialis	pia-cobra	R
	Basileuterus culicivorus	pula-pula	R
	Myiothlypis leucoblephara	pula-pula-assobiador	R

Família	Nome científico	Nome comum	*Status* RS
Cardinalidae	*Piranga flava*	sanhaçu-de-fogo	M
	Cyanoloxia glaucocaerulea	azulinho	R
	Cyanoloxia brissonii	azulão-verdadeiro	R
Thraupidae	*Coereba flaveola*	cambacica	R
	Thraupis sayaca	sanhaçu-cinzento	R
	Stilpnia preciosa	saíra-preciosa	R
	Stephanophorus diadematus	sanhaçu-frade	R
	Paroaria coronata	cardeal	R
	Pipraeidea melanonota	saíra-viúva	R
	Rauenia bonariensis	sanhaçu-papa-laranja	R
	Sicalis flaveola	canário-da-terra-verdadeiro	R
	Sicalis luteola	tipio	R
	Emberizoides herbicola	canário-do-campo	R
	Emberizoides ypiranganus	canário-do-brejo	R
	Embernagra platensis	sabiá-do-banhado	R
	Volatinia jacarina	tiziu	R
	Sporophila collaris	coleiro-do-brejo	R
	Sporophila caerulescens	coleirinho	R
	Saltator similis	trinca-ferro-verdadeiro	R
	Saltator aurantiirostris	bico-duro	R
	Poospiza nigrorufa	quem-te-vestiu	R
	Microspingus cabanisi	tico-tico-da-taquara	R
	Donacospiza albifrons	tico-tico-do-banhado	R

3.4. MONITORAMENTO DA HERPETOFAUNA

Responsabilidade técnica: Jorge Sebastião Bernardo Silva – CRBio 45206-03D

Apresentação

O monitoramento da Herpetofauna foi realizado como parte integrante do Programa de Monitoramento Ambiental na Região de Influência da Usina Termelétrica de Candiota, Município de Candiota/RS. O presente relatório apresenta os dados qualitativos e quantitativos alcançados em quatro campanhas de monitoramento em cinco Estações Amostrais (EA 1 UTM 262163 / 6503935 Serra da Veleda (EA de referência – grupo externo), EA 2 UTM 241561 / 6501179 Fazenda Três Lagoas, EA 3 UTM 243736 / 6510363 Fazenda Candiota, EA 4 UTM 248153 / 6509846 Nordeste e EA 5 UTM 249292 / 6503784 Sudeste) realizadas entre dezembro de 2023 e agosto de 2024 de acordo com os mesmos métodos desde o início deste monitoramento.

Objetivos

De acordo com o termo de referência, os seguintes objetivos são listados:

a) Caracterizar a comunidade de répteis e anfíbios existentes na área de influência da Usina Termelétrica de Candiota, quanto à composição, distribuição espaço-temporal, abundância e dominância das espécies;
b) Identificar espécies ameaçadas de extinção;
c) Identificar espécies de interesse econômico;

Os objetivos com a investigação e levantamento da herpetofauna são os de identificar as ações das emissões da chaminé da Usina Termelétrica de Candiota nestas comunidades faunísticas. Verificar se existe ação das emissões que afetem a composição e abundância dos organismos nas áreas de influência direta, através das unidades amostrais predeterminadas pelo termo de referência.

Metodologia

As quatro campanhas realizadas (ver relatórios parciais) contemplam as quatro estações ocorrentes para a região subtropical (primavera (campanha de dezembro de 2023), verão (campanha de março de 2024), outono (campanha de junho de 2024) e

inverno (campanha de agosto de 2024)). A metodologia empregada contempla as estratégias amostrais segundo o plano de monitoramento.

Análise de dados

Para verificar se havia diferenças na composição e abundâncias entre Estações Amostrais foram obtidas as matrizes de riqueza e abundância para anuros e répteis para cada Estação Amostral em cada uma das quatro campanhas utilizando o método de classes de machos vocalizando (ver relatórios parciais) para anfíbios e número de indivíduos para répteis, para isso, foi feito uma medida de semelhança entre unidades amostrais (distância Euclidiana) e feito uma MANOVA em blocos com testes de aleatorizações com 100 iterações (Pillar & Orlocci, On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons of relevé groups, 1996). Para esta análise, cada período amostral foi agrupado em blocos. Foi utilizada uma análise de cluster (UPGMA) baseado na distância Euclidiana para classificar as Estações amostrais em relação a composição e abundância das espécies, (Legendre & Legendre, 1998). Metodologia empregada em todos os relatórios anteriores.

Com os mesmos dados da medida de semelhança entre as áreas foi feita uma ordenação utilizando análises de coordenadas principais (PCoA). Esta matriz foi submetida a uma análise de correspondência (Legendre & Legendre, 1998). O UPGMA foi feito através do programa Statistica 12.0 (StatSoft, 2014). O PCoA foi feito através do programa SigmaPlot 11. Todas demais analises foram feitas com a utilização do programa MULTIV 2.4 (Pillar, MULTIV: Multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling, 2004).

Resultados

Foram registradas treze espécies de anfíbios e sete de répteis para as cinco estações amostrais de trabalho. Os anfíbios encontrados estão agrupados em quatro famílias (Hylidae e Leptodactylidae, Microhylidae e Ranidae) (Tabela 118) e répteis em cinco famílias (Amphisbaenidae, Dipsadidae, Colubridae, Emydidae, Teidade e Viperidae) (Tabela 119). A análise de agrupamentos (Cluster) demonstra a relação entre as áreas baseadas na composição abundância de assembleias com $p = 1$ para anfíbios e répteis (Figura 261 e Figura 262) não demonstrando ser significativo tanto para anfíbios quanto para répteis. Esse resultado mostra o agrupamento entre as comunidades e deixa bastante claro como a EA1 e 2 (Fazenda Serra da Veleda e Fazenda Três Lagoas) são

grupo externo para os anfíbios. Os dois primeiros eixos da análise de correspondência explicam 73% da variação da frequência de espécies de anfíbios descritas pelas áreas (

Figura 263) e 73% para répteis.

Tabela 118 - Espécies de anfíbios encontrados nas estações amostrais no trabalho de monitoramento ambiental para a usina termelétrica de Candiota realizadas entre dezembro de 2023 e agosto de 2024. E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste).

Família/Espécie	Nome popular	E.A. 1	E.A. 2	E.A. 3	E.A. 4	E.A. 5
ANFÍBIOS						
HYLIDAE						
Boana pulchella	perereca-do-banhado	3	2		1	1
Dendropsophus minutus	perereca-do-banhado	2	1		2	
Pseudis minuta	rã-boiadora	3	1	1		1
Scinax fuscovarius	raspa-de-cuia	1	3			
LEPTODACTYLIDAE						
Leptodactylus chaquensis	rã-criola	1			1	
Leptodactylus gracilis	rã	2	2	2	2	
Leptodactylus latrans	rã-manteiga	2	2		2	
Leptodactylus latinasus	rã-piadora					1
Leptodactylus luctator	rã-manteiga				2	1
Physalaemus biligonigerus	rã-chorona	2	1	1	2	1
Physalaemus riograndensis	rã-chorona		2			
MICROHYLIDAE						
Elachistocleis ovalis	rã-grilo	1			2	
RANIDAE						
Lithobates catesbeianus	rã-touro				2	

Tabela 119 - Espécies de répteis encontrados nas estações amostrais no trabalho de monitoramento ambiental para a usina termelétrica de Candiota realizadas entre dezembro de 2023 e agosto de 2024. E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste).

Família/Espécie	Nome popular	E.A. 1	E.A. 2	E.A. 3	E.A. 4	E.A. 5
RÉPTEIS						
AMPHISBAENIDAE						
Amphisbaena darwini	cobra-cega					2
DIPSADIDAE						
Erythrolamprus poecilogyrus	jararaquinha d'água	1				
COLUBRIDAE						
Chironius bicarenatus	cobra-cipó-verde				1	
EMYDIDAE						
Trachemys dorbigni	tigre-d'água		1		1	
TEIDAE						
Salvator merianae	teíu	1	3	1	1	
Teius oculatus	teiú-verde		1			1
VIPERIDAE						
Bothrops alternatus	cruzeira		1			1

Figura 261 - Dendrograma (UPGMA) das cinco Estações amostrais descritas pelas espécies de anfíbios. Através da autoreamostragem (Bootstrap) **(*p* = 1)**. Áreas; 1= E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); 2=E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); 3=E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); 4=E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); 5=E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste).

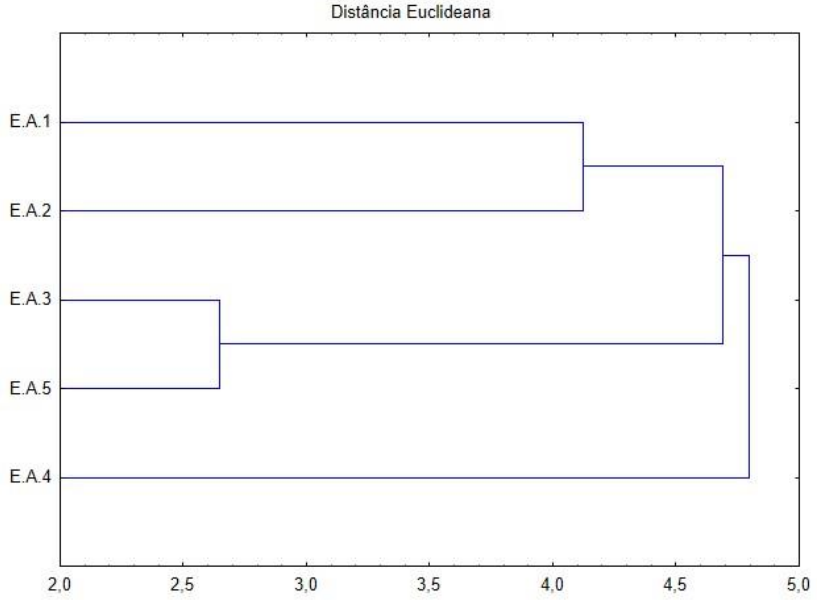


Figura 262 - Dendrograma (UPGMA) das cinco Estações amostrais descritas pelas espécies de répteis. Através da autoreamostragem (Bootstrap) **(*p* = 1)**. Áreas; 1= E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); 2=E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); 3=E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); 4=E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); 5=E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste).

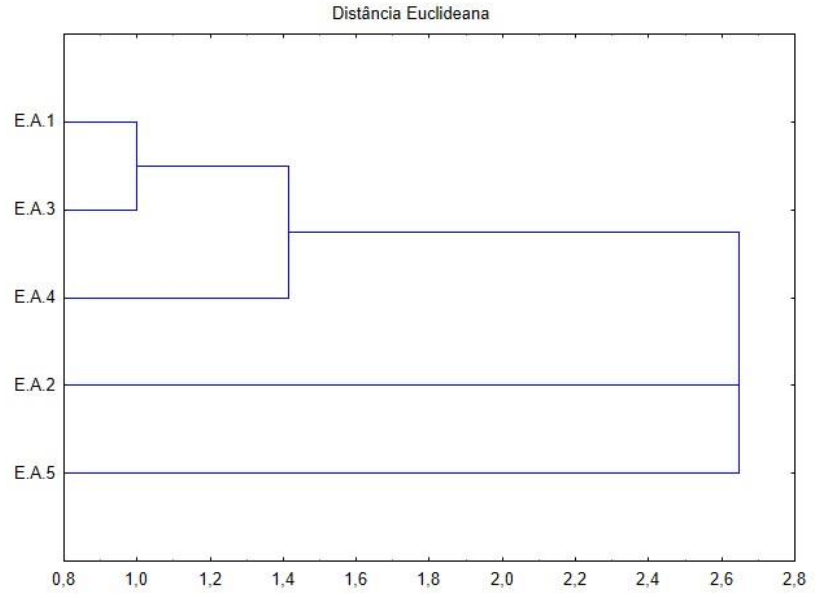
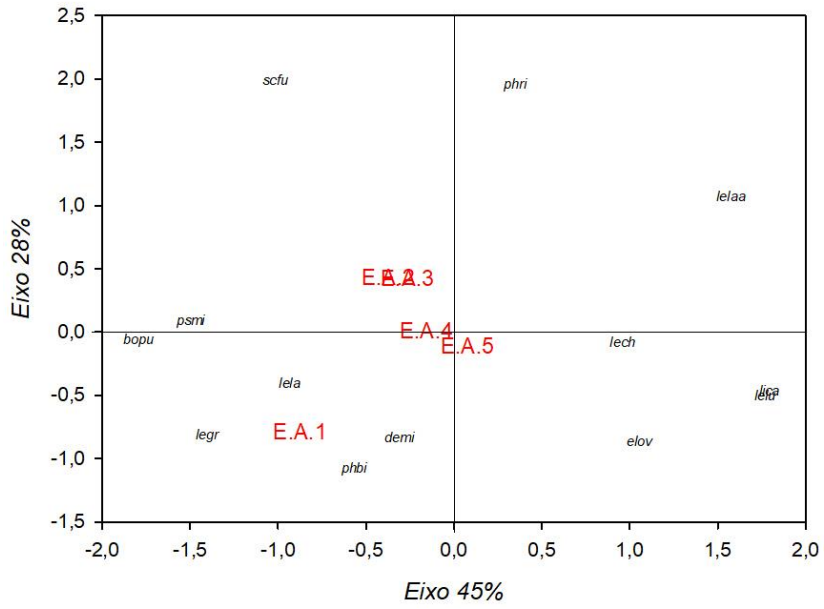


Figura 263 - Análise de correspondência baseada nos dois primeiros eixos classificando as áreas baseado na riqueza e abundância de anfíbios: Areas; Estação amostral 1: E.A.1, Estação amostral 2: E.A.2, Estação amostral 3: E.A.3, Estação amostral 4: E.A.4, Estação amostral 5: E.A5. Anfíbios; ***Bopu***: *Boana pulchella*, ***Demi***: *Dendropsophus minutus*, ***Psmi***: *Pseudis minutus*, ***Scfu*** *Scinax fuscovarius*, ***Lech****: Leptodactylus chaquensis*, ***Legr****: Leptodactylus gracilis*, ***Lela****: Leptodactylus latrans*, ***Lelaa****: Leptodactylus latinasus*, ***Lelu****: Leptodactylus luctator*, ***Phbi****: Physalaemus riograndensis*. ***Phri****: Physalaemus biligonigerus*, ***Elov****: Elachistocleis ovalis* e ***Lica***: *Lithobates catesbeianus*.



Novamente nenhuma espécie ameaçada de extinção ou de interesse econômico foi registrada (Costa H.C., 2008) (Haddad, 2008) (IUCN, 2024) tanto em nosso monitoramento quanto em um trabalho completo de levantamento para anfíbios realizado no município de Candiota em 2004 (Di-Bernardo M. O., 2004). Através da figura 4 podemos observar que as espécies estão distribuídas de forma homogênea pelas unidades amostrais, com exceção de *Lithobates catesbeianus* (rã-touro) com registro apenas na E.A.4 novamente como em monitoramentos de anos anteriores para o mesmo projeto.

Figura 264 - Análise de correspondência baseada nos dois primeiros eixos classificando as áreas baseado na riqueza e abundância de anfíbios: Areas; Estação amostral 1: E.A.1, Estação amostral 2: E.A.2, Estação amostral 3: E.A.3, Estação amostral 4: E.A.4, Estação amostral 5: E.A5. Répteis; ***Amda***: *Amphisbaena darwini*, ***Erpo***: *Erytrolamprus poecilogyrus*, ***Chbi***: *Chironius bicarenatus*, ***Trdo*** *Trachemys dorbigni*, ***Same***: *Salvator merianae*, ***Teoc***: *Teius oculatus*, ***Boal***: *Bothrops alternatus*.

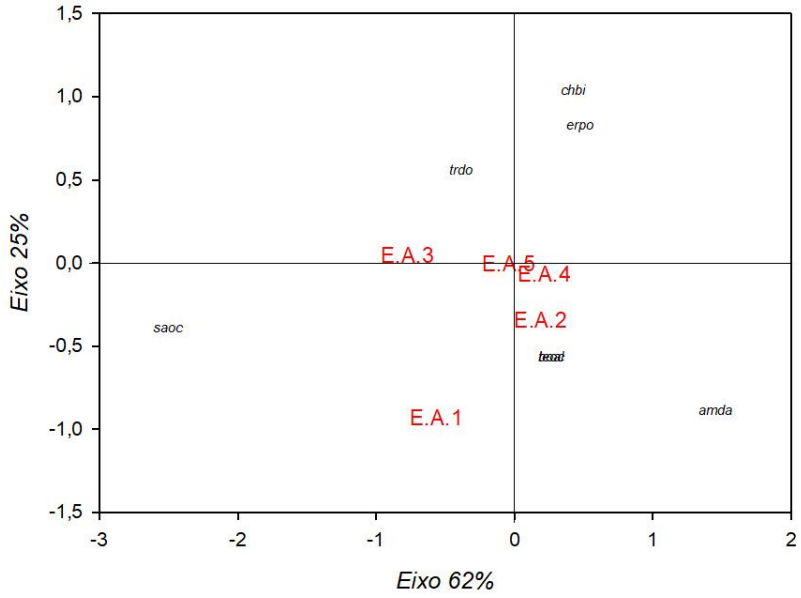


Figura 265 - Número de espécies de anfíbios registradas em cada Estação amostral para cada campanha; E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste).

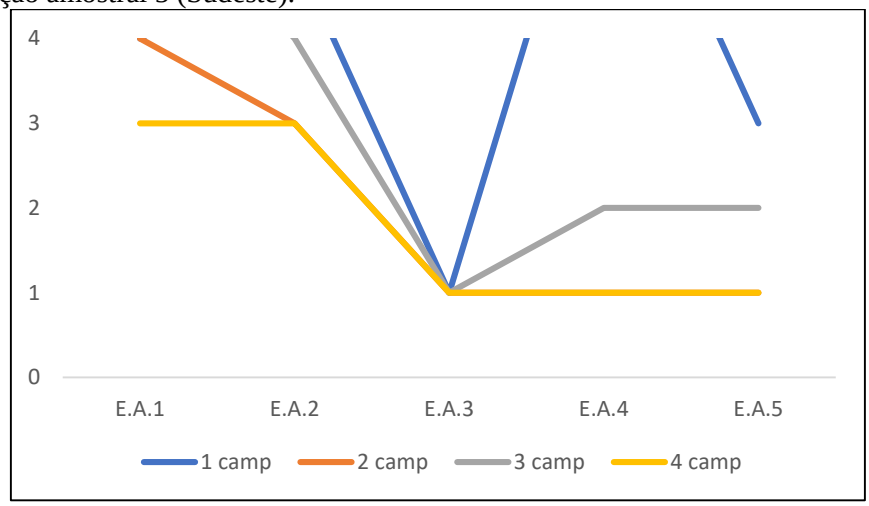
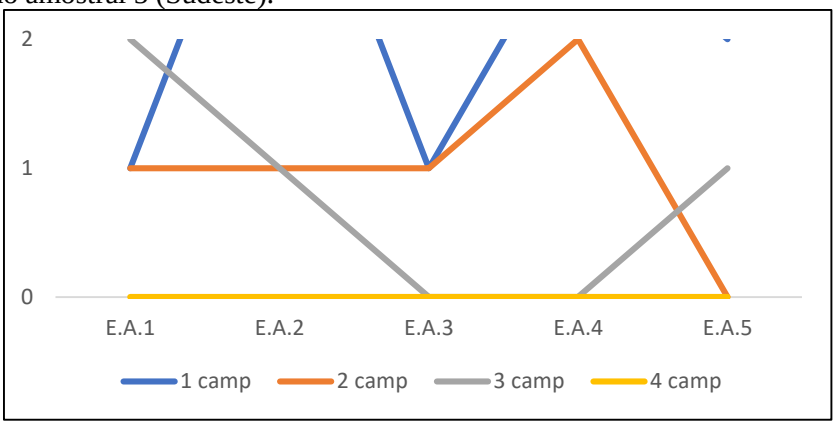


Figura 266 - Número de espécies de répteis registrados em cada Estação amostral para cada campanha; E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste).



Discussão

Em contraste marcante com o ano de 2023, que se destacou como o ano mais quente desde o início dos registros (INMET - Instituto Nacional de Meteorologia 2023), 2024 trouxe intensas chuvas e o mais grave desastre ambiental já registrado no Rio Grande do Sul. Essa elevação da temperatura média, seguida por um aumento nas precipitações, impacta diretamente a biota, especialmente a fauna. Ao analisarmos os dados de monitoramento deste projeto, o ano de 2023 apresentou claramente a menor diversidade e quantidade de organismos que compõem a herpetofauna. Em 2024, observou-se um aumento significativo nesta diversidade, em função das maiores chuvas. Logo após a última campanha de monitoramento de 2023, a primeira campanha do novo contrato (2024) já mostrou uma riqueza e abundância elevadas, influenciadas pelas chuvas anteriores e pela chegada da primavera. Assim, além dos problemas ambientais que naturalmente afetam a região, o clima teve um papel crucial na diversidade e na abundância observadas neste ciclo de monitoramento.

Ao considerarmos os fatores que impactam a biodiversidade, a fragmentação de habitats se destaca como um dos principais responsáveis pelo declínio global, representando um dos grandes desafios que enfrentamos na atualidade. Várias espécies estão desaparecendo devido às atividades humanas, e o Brasil, conhecido por sua rica biodiversidade, não foge a essa realidade. Até agora, o estado do Rio Grande do Sul conta com aproximadamente cem espécies de anfíbios (ver referências em: (Garcia, 2003) (Kwet, Frörsch im brasilianischen Araukarienwald – Anurengemeinschaft des Araukarienwaldes von Rio Grande do Sul: Diversität, Reproduktion und

Ressourcenaufteilung, 2001) (Kwet, Aktuelle Artenliste der der amphibien, 2005) (UFRGS, 2024). Novas espécies foram identificadas até 2019, o que evidencia que a nossa anurofauna ainda é pouco explorada e que há potencial para futuras descobertas nos próximos anos. Na região de Candiota, uma lista atualizada das espécies de anfíbios presentes aponta a existência de vinte e duas espécies (Di-Bernardo M. B.-M., 2004). Durante nosso monitoramento, identifiquei dezenove espécies, que correspondem ao total coletado em todas as campanhas realizadas ao longo dos quatorze contratos de monitoramento. Vale ressaltar que o levantamento realizado por Di-Bernardo abrangeu todas as áreas adequadas para a presença de anfíbios no município, enquanto nossa avaliação se restringiu a apenas cinco unidades amostrais conforme estipulado pelo termo de referência do monitoramento.

Atualmente, cento e trinta e duas espécies de répteis foram identificadas no estado, incluindo um jacaré, oito cobras-de-duas-cabeças, dez tartarugas, vinte e três lagartos e oitenta e nove serpentes (Lema, 1994; (Di-Bernardo M. O., 2004) (UFRGS, 2024). Algumas discussões sobre as ocorrências dessas espécies ainda permanecem em aberto (Di-Bernardo M. B.-M., 2004). Em nossa pesquisa, foram registradas apenas vinte espécies nas cinco estações de amostragem ao longo de quatorze contratos de monitoramento, indicando que é provável que mais espécies estejam presentes na região, mas não foram capturadas devido à metodologia adotada e às características ecológicas do grupo, já que a coleta de dados sobre répteis é complicadíssima devido aos hábitos das espécies. A amostragem seguiu o Plano de Monitoramento; no entanto, mesmo com um esforço de campo elevado, as assembleias amostrais podem não ter sido totalmente representativas, visto que investigações sobre a história natural de répteis, mesmo após anos de coleta, frequentemente ainda revelam novas espécies. A descoberta mais notável deste ano de monitoramento foi a grande diferença em relação ao ano anterior, resultante das variações climáticas extremas que enfrentamos. Novamente, áreas degradadas apresentaram uma certa diversidade, devido à colonização por espécies generalistas e adaptadas, ou seja, espécies que demandam habitats menos específicos costumam ocupar zonas impactadas mais facilmente do que aquelas que são mais exigentes em relação à qualidade ambiental (fenômeno já observado nos últimos quatro anos). Contudo, isso não indica que essas áreas estão se tornando mais ricas devido a uma melhora ambiental. O que ocorre, na verdade, é que as espécies estão sem alternativas de habitat e se tornam mais vulneráveis. Essa situação é uma consequência direta da degradação ambiental, assim como já foi notado em anos anteriores e novamente constatado neste

monitoramento. Um exemplo evidente desse fenômeno é a região ao redor da fazenda Três Lagoas (EA2) e da fazenda Santa Clara (EA5). O ambiente circundante a essas duas áreas de amostragem está passando por um significativo impacto ambiental devido à exploração do carvão mineral para a queima. Entre todas as estações de amostragem analisadas, estas são, sem dúvida, as que enfrentam o maior impacto direto da extração de carvão. As grandes minas de extração estão localizadas a menos de um quilômetro dessas propriedades, resultando em uma drástica perda de habitat para as espécies de répteis e anfíbios, que naturalmente são mais frequentemente observadas nessas áreas devido à migração forçada da área de extração tão próxima. É possível notar visualmente o considerável impacto em relação à fragmentação do habitat.

Figura 267 - Área de extração de carvão ao lado da unidade amostral Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas).



Figura 268 - Área de extração de carvão ao lado da unidade amostral Estação amostral 5 (Fazenda Santa Rita).



A expectativa é que, ao longo do tempo, haja uma redução nos registros mesmo nessas áreas, em virtude do isolamento que os indivíduos enfrentarão. Esse mesmo conteúdo foi abordado em anos passados e, mais uma vez, os dados atuais destacam a mesma questão preocupante. Esse tema já havia sido citado nos dois relatórios anteriores e a situação continua a se agravar. Neste relatório, apresento imagens do Google Earth, tendo anteriormente enviado imagens capturadas por drone da mesma localidade.

A estação três, caracterizada com a menor riqueza entre todas nas avaliações realizadas, mantém a mesma relação em comparação com as outras estações amostrais. Essa condição decorre da degradação do ambiente natural, resultando em um menor número de corpos d'água. A E.A.3 possui uma extensa área cultivada com *Eucalyptus* sp. e a propriedade é destinada à silvicultura. Os dados indicam que o grupo controle externo (E.A.1), selecionado no plano de monitoramento, não apresenta diferenças significativas em termos de riqueza e abundância de espécies de anuros quando avaliado em relação às estações ambientais ao redor da Usina.

As análises confirmam algumas suposições iniciais feitas durante o trabalho de campo ao descrever a fisionomia de cada área de estudo. A metodologia utilizada, novamente, não permite concluir que a emissão de gases pela chaminé da usina seja um fator responsável pela diminuição populacional da anurofauna. Como já mencionado em

relatórios anteriores, a fragmentação do habitat, resultante da extração de carvão, da agricultura e, em menor grau, da pecuária, desempenha um papel crucial na diminuição da diversidade e da quantidade de répteis e anfíbios. A E.A.1 se destaca por suas características associadas às formações típicas da Serra do Sudeste, diferenciando-se das outras áreas de estudo. A análise restrita aos dados, sem um enfoque mais cuidadoso nos grupos analisados, pode levar a interpretações equívocas sobre as quedas populacionais ou os riscos eminentes às espécies. Contudo, algumas intervenções indiretas são, sem dúvida, responsáveis pela ausência de registros de espécies na E.A.3, como a degradação do habitat devido ao cultivo de *Eucalyptus* sp. Essas plantas têm uma alta capacidade de absorção de água do solo, resultando na perda de áreas úmidas, que são essenciais para a reprodução de anfíbios e na disponibilidade de habitat para répteis.

Os dados sobre répteis mostram uma diminuição ao longo dos períodos de monitoramento. Durante o monitoramento de 2014-2015, foram documentadas onze espécies de répteis; em 2015-2016, o número caiu para sete; no ano de 2016-2017, apenas quatro espécies foram registradas; em 2017-2018, o número diminuiu para três; no período de 2018-2019, também foram três espécies; em 2020-2021, o total subiu novamente para quatro; e finalmente, entre 2022-2023, foram registradas duas espécies, mas neste último período, houve um aumento, resultando em um total de sete espécies observadas. O que se evidenciou novamente em campo e nos dados é a intensa interação de diversos fatores que afetam a diversidade e a quantidade de espécies, como já apontado em relatórios anteriores. A proximidade das atividades de plantio e extração, especialmente nas estações de amostragem dois e cinco, juntamente com a presença de gado e outras formas de uso da terra, certamente impactam a fauna de anfíbios.

Não é viável apontar um único ou até mesmo o principal responsável pelos declínios identificados neste monitoramento. A degradação do ambiente ao redor da E.A.2 e E.A.5 intensifica-se a cada nova campanha. Essa mudança no habitat certamente resultará em uma significativa perda de habitat para diversas espécies da herpetofauna. No entanto, em razão da migração de animais de áreas adjacentes em processo de mineração, o número de registros pode crescer nessas propriedades, o que pode indicar um aumento nos registros que serve como um aviso sobre a degradação ambiental.

As áreas e suas proximidades enfrentam diversas influências, tanto diretas quanto indiretas, que resultam em degradação ambiental, e esses aspectos são restritivos para a diversidade e a quantidade de espécies de répteis e anfíbios. Essa situação, sem dúvida, resulta em uma alteração na estrutura das comunidades observadas nessas áreas

amostrais. Isso pode até levar a um aumento nos registros dessas propriedades, uma vez que os organismos buscam abrigo e encontram nesses locais. Assim, o crescimento no número de espécies e indivíduos pode, de fato, indicar uma significativa degradação ambiental nas proximidades. Dentro desse cenário, é importante considerar não apenas as áreas amostrais, mas também seu ambiente e contexto circundante. Todas as regiões ao redor das áreas amostrais enfrentam diversas fontes de degradação ambiental, e essas múltiplas origens devem ser monitoradas desde a sua fonte, abrangendo desde a mineração até os efluentes liberados por empresas, incluindo suas emissões atmosféricas. Além do monitoramento rotineiro, é fundamental acompanhar as fontes das emissões de agentes poluidores.

Sugiro novamente uma revisão completa do termo de referência para este monitoramento. Os critérios utilizados para avaliar a composição e a abundância de répteis e anfíbios nas unidades amostrais não devem ser os únicos a levar em conta os efeitos diretos e indiretos das emissões da chaminé da Usina Termelétrica de Candiota. É fundamental considerar o pH dos corpos hídricos que abrigam anfíbios, a quantidade de áreas alagadas naturais e as características da paisagem, pois esses fatores influenciam mais na presença das espécies do que a direção do vento em relação às emissões. Em várias áreas que deveriam ser propícias para a presença de anuros, não foram encontrados registros, o que pode ser explicado pela inadequação desses ambientes aquáticos para os anfíbios, como pH desfavorável ou a presença de poluentes. Recomendo ainda o uso de imagens de satélite, tanto históricas quanto recentes, das áreas de estudo para comparar a fragmentação da paisagem, algo que já foi sugerido em relatórios finais dos contratos anteriores.

3.5. BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO AR- FLORA

Responsabilidade técnica: Carolina Trindade Perry – CRBio Nº 058286/03-D

Datas das Coletas:
primavera - 15 e 16 de dezembro de 2023;
verão -14 e 15 de fevereiro de 2024;
outono -14 e 15 de junho de 2024;
inverno - 30 e 31 de agosto de 2024.

Metodologia

O presente relatório tem o objetivo de demonstrar a distribuição espacial dos teores de metais, enxofre e flúor nas herbáceas bioindicadoras (biomonitoramento passivo) e nos liquens expostos (biomonitoramento ativo) na área de influência da usina termoelétrica em Candiota. Esses elementos estão presentes no material particulado emitido pela chaminé da usina.

Foram coletadas amostras de folhas de E*lephantopus mollis*, *Paspalum notatum* e caules alados de *Baccharis crispa* em todas as estações de amonstragem. A herbácea *E. mollis* foi encontrada na Vila Operária somente na coleta de outono. A coleta de solo para verificação dos teores também foi realizada na primavera conforme o plano de trabalho. As espécies de fungos liquenizados escolhidas para a exposição foram *Parmotrena tinctorum* e *Ramalina celastri.* A extração da espécie *P. tinctorum* foi realizada nos dias 25 e 26 de novembro de 2023 em São Lourenço do Sul, RS (UTM407659/6528115), enquanto *R. celastri* foi extraída em uma área distante no balneário Cassino, Rio Grande, RS (UTM387115/6435368), nos dias 17 e 18 de novembro de 2023. Os critérios da escolha das áreas tanto como das espécies estão descritos no plano de trabalho. A exposição das redes foi realizada na primavera e a coleta no inverno, totalizando em torno de 283 dias de exposição. Os liquens foram recolhidos em todas as estações de amostragem, sem perda de material. As amostras foram encaminhadas ao laboratório para a análise dos teores dos elementos conforme o disposto no Plano de Monitoramento para os Bioindicadores da Qualidade do Ar.

3.5.1. Resultados

Tabela 120 - Teores dos elementos no solo.

EA	Cd	Pb	Zn	S	F^-
EA1	< 0,26	9,14	8,70	0,03	< 0,07
EA2	< 0,34	39,29	27,47	0,04	< 0,07
EA3	< 0,27	7,46	14,33	0,03	< 0,07
EA4	< 0,28	**42,35**	16,90	0,04	< 0,07
EA5	< 0,28	10,30	13,93	0,05	0,25
EA7	< 0,26	9,62	10,59	0,03	0,08
EA8	< 0,30	19,40	23,17	0,04	**0,39**
EA9	< 0,26	12,25	**259,73**	0,001	< 0,07
EA11	< 0,48	20,12	36,34	**0,07**	< 0,07
EA12	< 0,30	9,14	18,43	0,03	< 0,07

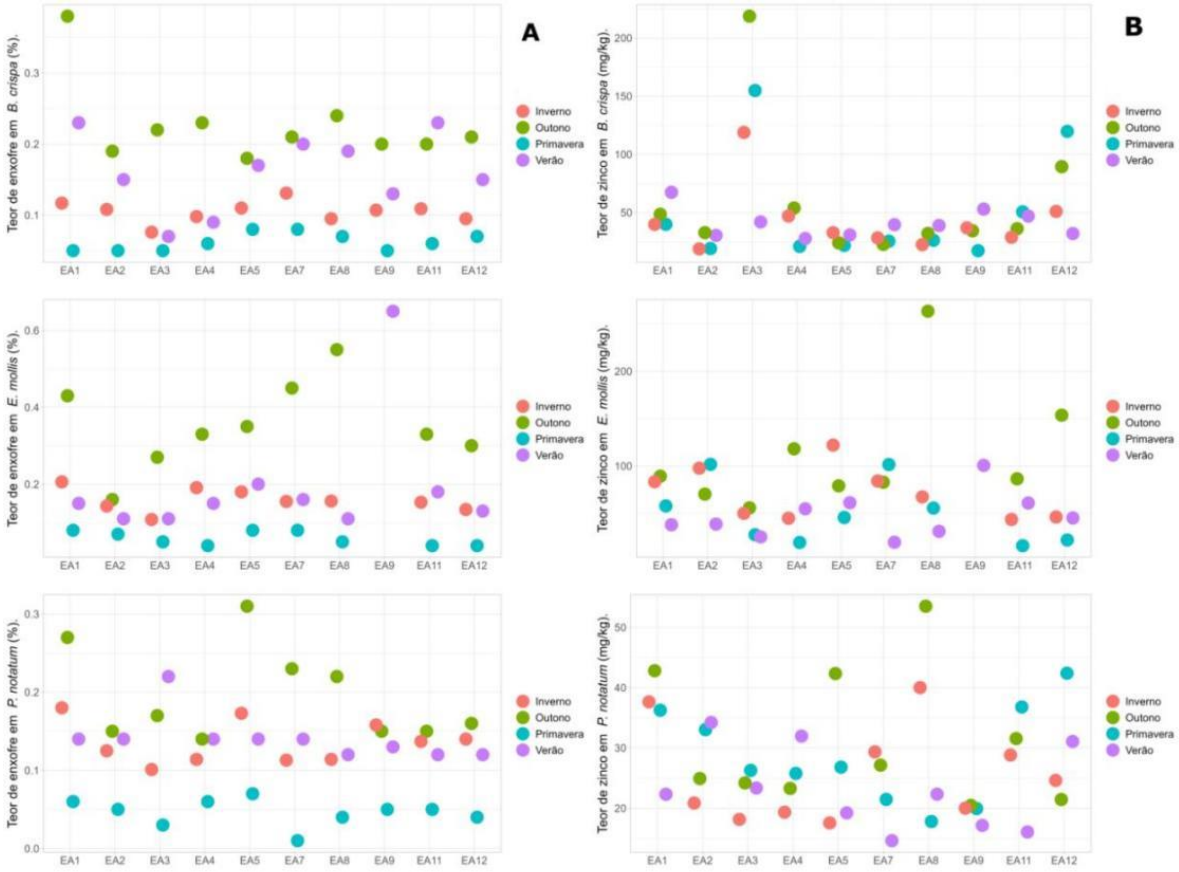
Teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn), enxofre (S), e flúor (F-) no solo em dez estações de amostragem na região adjacente à usina termoelétrica de Candiota. Teores em mg /kg, **valores máximos**, valores mínimos, valores precedidos do sinal < são menores que o limite de detecção.

A Tabela 120 apresenta os teores encontrados no solo, é possível verificar a presença de chumbo e ausência de cádmio, o que indica que a presença de cádmio nas plantas é provavelmente de origem atmosférica.

Na

Figura 269, são apresentados os teores de enxofre e zinco nas três herbáceas biomonitoras ao longo das quatro campanhas amostrais. Observa-se um aumento significativo dos teores de enxofre durante a coleta realizada no outono. O tempo necessário para que as plantas acumulem poluentes da atmosfera pode variar bastante dependendo de diversos fatores, poluente gasosos como dióxido de enxofre (SO_2) podem ser absorvidos diretamente pelas folhas através dos estômatos em um período de horas a dias (Guderian, 2012). No caso específico da região de Candiota, é possível que algum evento local tenha contribuído para o aumento observado nos teores de enxofre durante o outono. Sobre o zinco observa-se valores maiores na estação EA 8 (AFUCAN).

Figura 269 - Teores nas três herbáceas biomonitoras: (A) enxofre; (B) zinco.



Na

Figura 270, são apresentados os resultados para os teores de cádmio em *E. mollis* e de flúor em *P. notatum*. Os valores de cádmio ultrapassaram o limite recomendado pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 1998) que é de 0,3 mg/kg, mas estão abaixo do indicativo de toxicidade para plantas que é de 5 mg/kg (Kabara-Pendias, 2011). Por outro lado, os teores de flúor ficaram bem abaixo do intervalo indicativo de poluição atmosférica (30 a 40 mg/kg) conforme reportado por Martins *et al*, 1992. Já na Figura 271, observa-se que os valores de chumbo nas herbáceas apresentaram uma tendência de acumulação durante o inverno, com o maior valor observado na EA 2 (Três Lagoas). Contudo, esses valores permaneceram abaixo do limite recomendado pela OMS para chumbo em plantas medicinais, que é de 10 mg/kg.

Figura 270 -Teores: (A) cádmio em *E. mollis*; (B) flúor em *P. notatum*.

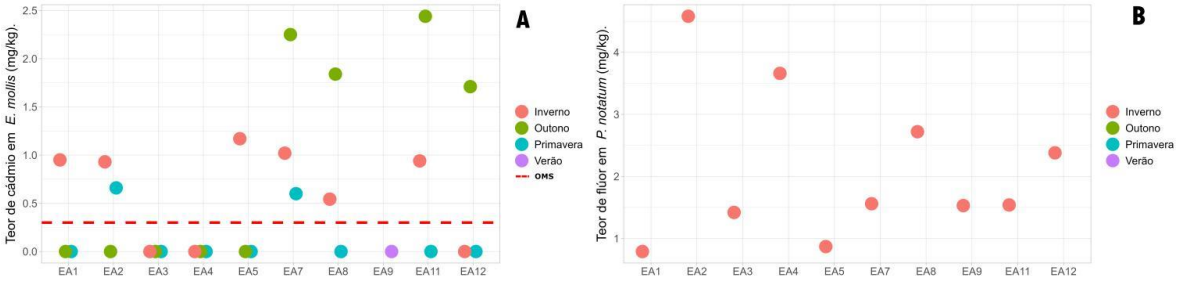
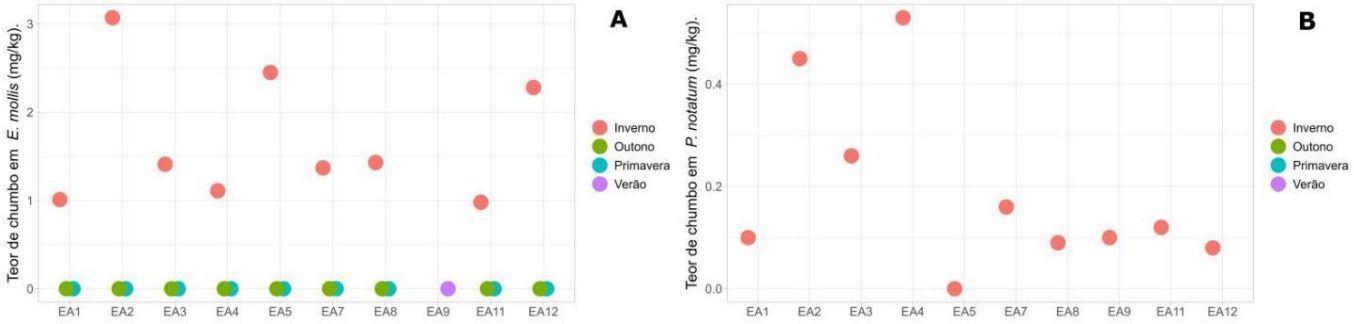
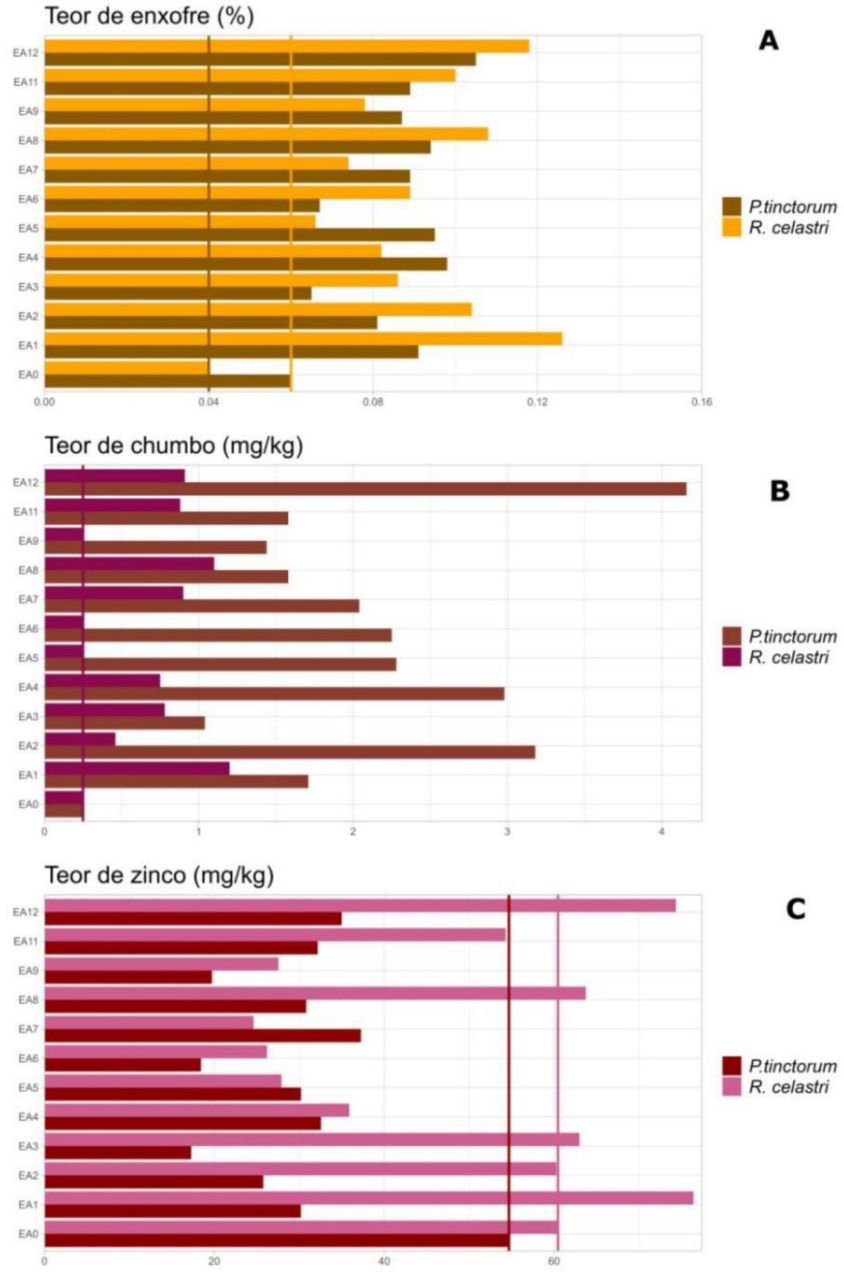


Figura 271 - Teores de chumbo: (A) *E. mollis*; (B) *P. notatum*.



Por fim, a Figura 271 resume os valores acima do limite de detecção identificados no biomonitoramento ativo realizado com os liquens. Tanto os teores de enxofre quanto de chumbo apresentaram incrementação em relação a EA 0 (liquens não expostos), o que corrobora para a comprovar a eficácia do método de transplantes de liquens para o biomonitoramento da poluição atmosférica. Somente os valores de zinco não demonstraram incrementação em relação a EA 0, podendo ser uma caraterística específica da área onde foram extraídos.

Figura 272 -Teores nos liquens: (A) enxofre; (B) chumbo; (C) zinco



Conclusão

A Usina Termoelétrica de Candiota ficou parada para a manutenção entre 1 de abril a 25 de agosto de 2024, não havendo emissões atmosféricas nesse período. Mas as emissões atmosféricas produzidas pelas diversas atividades antrópicas na região de Candiota (agricultura, mineração, geração de energia pela queima de carvão, fabricação de cimento) são fonte de elementos inorgânicos metálicos e metaloides (enxofre) para a atmosfera (Migliavacca et al., 2004). Em geral o corpo receptor primário é a vegetação, campestre ou florestal, porém os elementos inorgânicos podem se depositar sobre o solo

ou percolar este até atingir águas subterrâneas ou corpos hídricos superficiais. A contaminação ambiental pode persistir por longo período mesmo após a cessação das atividades poluidoras antrópicas seja via absorção pelas raízes de poluentes acumulados no solo ou por sua ressuspensão e subsequente deposição sobre a superfície foliar (Nagajyoti et al., 2010). A presença de metais nessa coleta foi pontual, mas presente, isto pode ser devido tanto pela absorção a partir do solo como resultado da continuidade das atividades mineradoras de carvão próximo à EA 2 (Fazenda Três Lagoas) ou calcário na EA 5 (Fazenda Eugênio Fagundes) como da atividade cimenteira na região. Há um claro indicativo de que mesmo com a inatividade da usina termoelétrica outras fontes poluidoras podem ter contribuído para a contaminação da biota terrestre; ao que tudo indica, essas fontes podem ser a mineração de carvão junto à Fazenda Três Lagoas (EA 2) e a cimenteira próxima à AFUCAN (EA 8). Não foram encontradas evidências que os teores de elementos-traço encontrados ultrapassem os níveis considerados tóxicos para a ampla maioria das plantas e animais (Bowen, 1979; Kabara-Pendias, 2011).

3.6. ANEXOS

Anexo 2- Coleta passivo primavera.

B. crispa	**EA**	**Cd**	**Pb**	**Zn**	**S**	**F⁻**
	EA1	< 0,25	< 0,25	39,90	0,05	_
	EA2	< 0,25	< 0,25	19,06	0,05	_
	EA3	< 0,25	< 0,25	**154,86**	0,05	_
	EA4	< 0,25	< 0,25	20,93	0,06	_
	EA5	< 0,25	< 0,25	21,76	**0,08**	_
	EA7	< 0,25	< 0,25	25,36	**0,08**	_
	EA8	< 0,25	< 0,25	26,18	0,07	_
	EA9	< 0,25	< 0,25	17,23	0,05	_
	EA11	< 0,25	< 0,25	50,59	0,06	_
	EA12	< 0,25	< 0,25	119,75	0,07	_
E. mollis	**EAs**	**Cd**	**Pb**	**Zn**	**S**	**F⁻**
	EA1	< 0,25	< 0,25	57,72	**0,08**	_
	EA2	**0,66**	< 0,25	**101,68**	0,07	_
	EA3	< 0,25	< 0,25	27,32	0,05	_
	EA4	< 0,25	< 0,25	19,1	0,04	_
	EA5	< 0,25	< 0,25	45,55	0,08	_
	EA7	0,60	< 0,25	101,51	0,08	_
	EA8	< 0,25	< 0,25	55,45	0,05	_
	EA9	_	_	_	_	_
	EA11	< 0,25	< 0,25	15,75	0,04	_
	EA12	< 0,25	< 0,25	21,75	0,04	_
P. notatum	**EAs**	**Cd**	**Pb**	**Zn**	**S**	**F⁻**
	EA1	< 0,25	< 0,25	36,25	0,06	< 0,07
	EA2	< 0,25	< 0,25	33,03	0,05	< 0,07
	EA3	< 0,25	< 0,25	26,27	0,03	< 0,07
	EA4	< 0,25	< 0,25	25,77	0,06	< 0,07
	EA5	< 0,25	< 0,25	26,80	**0,07**	< 0,07
	EA7	< 0,25	< 0,25	21,46	0,01	0,07
	EA8	< 0,25	< 0,25	17,79	0,04	**0,10**
	EA9	< 0,25	< 0,25	19,93	0,05	< 0,07
	EA11	< 0,25	< 0,25	36,79	0,05	< 0,07
	EA12	< 0,25	< 0,25	**42,39**	0,04	< 0,07

Teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn) e enxofre (S) na matéria seca de folhas de *Elephantopus mollis*, caules alados de *Baccharis crispa* e *Paspalum notatum* (F- apenas em *P. notatum*) em dez estações de amostragem nas adjacências da usina termoelétrica em Candiota. Teores em mg/kg, enxofre em %, **valores máximos**, valores mínimos. Valores precedidos do sinal < indicam valores menores que o limite de quantificação.

Anexo 3 - Coleta passivo verão.

B. crispa	**EA**	**Cd**	**Pb**	**Zn**	**S**	**F-**
	EA1	< 0,25	< 0,46	**67,40**	**0,23**	_
	EA2	< 0,25	< 0,46	30,36	0,15	_
	EA3	< 0,25	< 0,46	41,93	0,07	_
	EA4	< 0,25	< 0,51	27,67	0,09	_
	EA5	< 0,25	< 0,45	30,78	0,17	_
	EA7	< 0,25	< 0,46	39,57	0,20	_
	EA8	< 0,25	< 0,50	38,83	0,19	_
	EA9	< 0,25	< 0,46	52,99	0,13	_
	EA11	< 0,25	< 0,45	46,95	**0,23**	_
	EA12	< 0,25	< 0,46	31,92	0,15	_
E. mollis	**EAs**	**Cd**	**Pb**	**Zn**	**S**	**F-**
	EA1	< 0,25	< 0,42	37,87	0,15	_
	EA2	< 0,25	< 0,42	38,56	0,11	_
	EA3	< 0,25	< 0,49	25,05	0,11	_
	EA4	< 0,25	< 0,44	54,70	0,15	_
	EA5	< 0,25	< 0,42	**61,13**	**0,20**	_
	EA7	< 0,25	< 0,42	19,37	0,16	_
	EA8	< 0,25	< 0,43	30,89	0,11	_
	EA9	_	_	_	_	_
	EA11	< 0,25	< 0,50	60,81	0,18	_
	EA12	< 0,25	< 0,45	45,02	0,13	_
P. notatum	**EAs**	**Cd**	**Pb**	**Zn**	**S**	**F-**
	EA1	< 0,25	< 0,46	22,31	0,14	< 0,08
	EA2	< 0,25	< 0,42	**34,22**	0,14	< 0,07
	EA3	< 0,25	< 0,45	23,34	**0,22**	< 0,14
	EA4	< 0,25	< 0,44	31,96	0,14	< 0,13
	EA5	< 0,25	< 0,25	19,22	0,14	< 0,09
	EA7	< 0,25	< 0,51	14,61	0,14	< 0,20
	EA8	< 0,25	< 0,47	22,32	0,12	< 0,17
	EA9	< 0,25	< 0,46	17,14	0,13	< 0,21
	EA11	< 0,25	< 0,51	16,05	0,12	< 0,21
	EA12	< 0,25	< 0,42	31,07	0,12	< 0,17

Teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn) e enxofre (S) na matéria seca de folhas de *Elephantopus mollis*, caules alados de *Baccharis crispa* e *Paspalum notatum* (F- apenas em *P. notatum*) em dez estações de amostragem nas adjacências da usina termoelétrica em Candiota. Teores em mg/kg, enxofre em %, **valores máximos**, valores mínimos. Valores precedidos do sinal < indicam valores menores que o limite de quantificação.

Anexo 4 - Coleta passivo outono.

B. crispa	EA	Cd	Pb	Zn	S	F-
	EA1	< 0,463	< 0,250	48,53	**0,38**	_
	EA2	< 0,463	< 0,250	32,69	0,19	_
	EA3	< 0,463	< 0,250	**218,71**	0,22	_
	EA4	< 0,500	< 0,250	53,91	0,23	_
	EA5	< 0,490	< 0,250	23,96	0,18	_
	EA7	< 0,424	< 0,250	22,59	0,21	_
	EA8	< 0,446	< 0,250	32,03	0,24	_
	EA9	< 0,500	< 0,250	34,26	0,20	_
	EA11	< 0,500	< 0,250	36,3	0,20	_
	EA12	< 0,481	< 0,250	89,42	0,21	_
E. mollis	**EAs**	**Cd**	**Pb**	**Zn**	**S**	**F-**
	EA1	< 0,463	< 0,250	89,16	0,43	_
	EA2	< 0,431	< 0,250	70,23	0,16	_
	EA3	< 0,431	< 0,250	55,75	0,27	_
	EA4	< 0,500	< 0,250	**118,15**	0,33	_
	EA5	< 0,472	< 0,250	78,98	0,35	_
	EA7	2,25	< 0,250	82,82	0,45	_
	EA8	1,84	< 0,250	263,56	0,55	_
	EA9	< 2,50	< 0,500	100,6	**0,65**	_
	EA11	**2,44**	< 0,250	86,41	0,33	_
	EA12	1,71	< 0,250	153,66	0,30	_
P. notatum	**EAs**	**Cd**	**Pb**	**Zn**	**S**	**F-**
	EA1	< 0,250	< 0,250	**42,81**	0,27	< 1,14
	EA2	< 0,250	< 0,250	24,92	0,15	< 0,80
	EA3	< 0,250	< 0,250	24,19	0,17	< 0,85
	EA4	< 0,250	< 0,250	23,28	0,14	< 0,81
	EA5	< 0,250	< 0,250	42,33	**0,31**	< 1,79
	EA7	< 0,250	< 0,250	27,14	0,23	< 0,87
	EA8	< 0,250	< 0,250	53,51	0,22	< 1,11
	EA9	< 0,250	< 0,250	20,46	0,15	< 1,11
	EA11	< 0,250	< 0,250	31,55	0,15	< 1,82
	EA12	< 0,250	< 0,250	21,44	0,16	< 1,11

Teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn) e enxofre (S) na matéria seca de folhas de *Elephantopus mollis*, caules alados de *Baccharis crispa* e *Paspalum notatum* (F- apenas em *P. notatum*) em dez estações de amostragem nas adjacências da usina termoelétrica em Candiota. Teores em mg/kg, enxofre em %, **valores máximos**, valores mínimos. Valores precedidos do sinal < indicam valores menores que o limite de quantificação.

Anexo 5 - Coleta Passivo inverno.

B. crispa	EA	Cd	Pb	Zn	S	F-
	EA1	< 0,47	**0,942**	39,81	**0,117**	_
	EA2	< 0,47	< 0,47	18,77	0,108	_
	EA3	< 0,47	< 0,47	**118,87**	0,076	_
	EA4	< 0,45	< 0,45	47,00	0,098	_
	EA5	< 0,45	< 0,45	32,73	0,110	_
	EA7	< 0,44	< 0,44	28,25	0,131	_
	EA8	< 0,48	< 0,48	22,4	0,095	_
	EA9	< 0,49	< 0,49	36,86	0,107	_
	EA11	< 0,45	< 0,45	28,73	0,109	_
	EA12	< 0,49	< 0,49	50,98	0,095	_
E. mollis	**EAs**	**Cd**	**Pb**	**Zn**	**S**	**F-**
	EA1	0,95	1,01	83,33	**0,206**	_
	EA2	0,93	**3,07**	97,65	0,143	_
	EA3	< 0,43	1,41	49,91	0,108	_
	EA4	< 0,45	1,11	44,73	0,191	_
	EA5	1,17	2,45	**122,00**	0,180	_
	EA7	1,02	1,37	84,10	0,155	_
	EA8	0,543	1,43	67,31	0,156	_
	EA9	_	_	_	_	_
	EA11	0,94	0,98	43,43	0,153	_
	EA12	< 0,48	2,28	46,06	0,134	_
P. notatum	**EAs**	**Cd**	**Pb**	**Zn**	**S**	**F-**
	EA1	< 0,47	0,79	37,64	**0,180**	0,1
	EA2	< 0,47	**4,58**	20,85	0,125	**0,45**
	EA3	< 0,49	1,42	18,14	0,101	0,26
	EA4	< 0,48	3,66	19,33	0,114	0,53
	EA5	< 0,47	0,87	17,55	0,173	< 0,07
	EA7	< 0,47	1,56	29,34	0,113	0,16
	EA8	< 0,43	2,72	**40,00**	0,114	0,09
	EA9	< 0,48	1,53	20,00	0,158	0,1
	EA11	< 0,49	1,54	28,82	0,137	0,12
	EA12	< 0,49	2,38	24,61	0,140	0,08

Teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn) e enxofre (S) na matéria seca de folhas de *Elephantopus mollis*, caules alados de *Baccharis crispa* e *Paspalum notatum* (F- apenas em *P. notatum*) em dez estações de amostragem nas adjacências da usina termoelétrica em Candiota. Teores em mg/kg, enxofre em %, **valores máximos**, valores mínimos. Valores precedidos do sinal < indicam valores menores que o limite de quantificação.

Anexo 6 - Biomonitoramento Ativo.

R. celastri	**EA**	**Cd**	**Pb**	**Zn**	**S**
	EA0	< 0,25	< 0,25	60,45	0,040
	EA1	< 0,50	**1,2**	**76,4**	**0,126**
	EA2	< 0,43	0,46	60,26	0,104
	EA3	< 0,48	0,78	62,98	0,086
	EA4	< 0,49	0,75	35,88	0,082
	EA5	< 0,45	< 0,45	27,91	0,066
	EA6	< 0,46	< 0,46	26,2	0,089
	EA7	< 0,47	0,90	24,62	0,074
	EA8	< 0,49	1,1	63,73	0,108
	EA9	< 0,47	< 0,47	27,55	0,078
	EA11	< 0,49	0,88	54,31	0,100
	EA12	< 0,47	0,91	74,34	0,118
P. tinctorum	**EAs**	**Cd**	**Pb**	**Zn**	**S**
	EA0	< 0,25	< 0,25	**54,68**	0,06
	EA1	< 0,48	1,71	30,19	0,091
	EA2	< 0,48	3,18	25,77	0,081
	EA3	< 0,44	1,04	17,28	0,065
	EA4	< 0,49	2,98	32,55	**0,098**
	EA5	< 0,49	2,28	30,2	0,095
	EA6	< 0,49	2,25	18,43	0,067
	EA7	< 0,47	2,04	37,26	0,089
	EA8	< 0,45	1,58	30,82	0,094
	EA9	< 0,45	1,44	19,73	0,087
	EA11	< 0,47	1,58	32,17	0,089
	EA12	< 0,43	**4,16**	35	0,105

Teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn) e enxofre (S) na matéria seca de folhas de *R. celastri* e *P. tinctorum* em onze estações de amostragem nas adjacências da usina termoelétrica em Candiota. Teores em mg/kg enxofre em %, **valores máximos**, valores mínimos. Valores precedidos do sinal < indicam valores menores que o limite de quantificação.

3.7. MONITORAMENTO DA ATIVIDADE PECUÁRIA

Responsabilidade técnica: Médica Veterinária Drª. Verônica Schmidt - CRMV/RS Nº 3544

O monitoramento da atividade pecuária tem como objetivo geral caracterizar os impactos das emissões da Usina Termelétrica (UTE) Presidente Médice, em Candiota, na atividade pecuária local. Para tanto, solo, extrato vegetal e animais são monitorados.

Para atingir o objetivo geral, foram estabelecidos como objetivos específicos:

Avaliar o índice de alterações dentárias em ovinos e bovinos produzidos e criados em áreas adjacentes à usina;

Determinar a quantidade de sílica e flúor no solo e plantas de unidades produtivas de ovinos;

Estabelecer correlação entre as alterações dentárias (mosqueamento e desgaste excessivo) e a quantidade de sílica e flúor determinadas em amostras de solo e planta.

Metodologia

Esse relatório refere-se às atividades realizadas no período de outubro de 2023 a setembro de 2024.

Para coleta de solo, utilizou-se amostragem ao acaso[54], selecionando-se de cada EA uma área homogênea onde se encontravam animais em pastoreio[55]. O procedimento para amostragem do solo se constitui na coleta de um mínimo de 25 unidades amostrais de solo superficial, de 0 a 20 cm de profundidade, com auxílio de instrumento apropriado, as quais foram colocadas em um recipiente para homogeneização e formação da amostra composta (totalizando cerca de 500g de solo). As amostras foram armazenadas em sacos plásticos identificados por EA e encaminhadas ao Laboratório CEIMIC Regional Sul Análises Químicas e Toxicológicas Ltda. para quantificação de fluoretos e sílica, respectivamente pelos métodos analíticos SM 4500 F-D e cálculo Estequiométrico.

Para coleta de vegetação, em cada EA foi coletada uma amostra representativa constituída por, no mínimo, 18 unidades amostrais de *Paspalum notatum* Flueggé (grama

54 COELHO, A. M. Amostragem de Solos: a base para aplicação de corretivos e fertilizantes. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, [*s. l.*], v. 73, Comunicado Técnico, 2003.

55 SQUIBA, L. M.; SERRAT, B. M.; LIMA, M. R. de. **Aprenda como coletar adequadamente amostras de solos para análises**. Curitiba: [*s. n.*], 2002.

forquilha, Poaceae), armazenadas em bolsas plásticas identificadas e mantidas sob refrigeração até o processamento em laboratório (CEIMIC Regional Sul Análises Químicas e Toxicológicas Ltda.) para avaliação dos teores de fluoreto e sílica na planta inteira, pelos métodos analíticos SM 4500 F-D e cálculo Estequiométrico, respectivamente.

A escolha de *Paspalum notatum* Flügge para amostragem justifica-se uma vez que esta gramínea é uma espécie originária das regiões bem providas de umidade, com precipitações efetivas na estação quente e diversidade de solos da faixa subtropical da América do Sul, é bem adaptada ao pastejo, formam pastagens densas, bem enraizadas, com plantas propagando-se tanto por sementes como vegetativamente, mantendo crescimento ativo até a ocorrência de baixas temperaturas, secas ou geadas. Além disso, é uma espécie abundantemente encontrada nas formações campestres do Rio Grande do Sul, tem seu desenvolvimento favorecido pelo hábito de crescimento, facilidade de adaptação ao pastejo e ao pisoteio do gado[56].

Para constituírem o grupo amostral de animais, avaliaram-se ovinos preferencialmente com mais de dois anos de idade e criados por, no mínimo, dois anos na propriedade ou nascidos nesta. Avaliou-se a totalidade do rebanho ou o grupo de animais separados/selecionados pelo produtor.

Foram amostrados 538 ovinos de diferentes raças. Entre estas, Corriedale, Sufolk, Crioula, Ideal, Texel e suas cruzas. A avaliação consistiu no exame da cavidade oral para estimativa da idade[57] (Tabela 121) e alterações dentárias.

A estimativa de idade pela dentição ocorre uma vez que dados precisos sobre as datas dos nascimentos são pouco frequentes na produção tradicional de ovinos[58].

[56] GRAMINHO, L.A. **Resposta de híbridos de *Paspalum notatum* a fertilização nitrogenada e a consorciação com leguminosas**. 96f. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Pograma de pós-graduação em Zootecnia, Porto Alegre, 2018. p. 19.
[57] SANDOVAL Jr, P. (Coord). **Manual de criação de caprinos e ovinos**. Brasília: Codevasf, 2011. p. 37
[58] SANDOVAL Jr, P. (Coord). **Manual de criação de caprinos e ovinos**. Brasília: Codevasf, 2011. p. 36

Tabela 121 - Estimativa de idade em ovinos, pela dentição.

Idade (anos)	Dentição	Denominação
< 1,5	Dentes de leite	DL
1,5 a 2,0	Substituição de 2 pinças (incisivos)	2 dentes
3	Substituição dos primeiros médios	4 dentes
4	Substituição dos segundos médios	6 dentes
5	Substituição dos cantos	8 dentes (Boca cheia)

Fonte: Adaptado de Sandoval (2011).

As alterações dentárias observadas são: a) Área de mosqueamento: que consiste na presença de manchas de cor amarela, castanha ou negro esverdeada[59]; b) Atritamento excessivo: dentes curtos em decorrência do desgaste rápido[5]; d) Cárie[60]; e) Desgaste: em face oclusal ou labial, em meia lua, em escada[61]; f) Exposição de polpa e fratura[7]; g) Inserção oblíqua[7]; h) Persistência: presença de dentes de leite com erupção dos permanentes[7].

Os dados foram anotados em planilha e os animais tiveram seus dentes incisivos fotografados para posterior determinação do índice de mosqueamento[62]. A presença quanti-qualitativa de mosqueamento nos dentes incisivos dos animais amostrados está fundamentado em descrição anterior[63] , utilizando a seguinte escala: 1= sem alteração, 2= poucas manchas, 3=várias manchas, 4= muitas manchas e lesão no esmalte dentário, 5= manchas, lesão no esmalte dentário e desgaste dentário excessivo (

59 JONES, T.C.; HUNT, R.D.; KIMG, N.W. **Patologia Veterinária**. 6 ed. São Paulo: Manole, 2000. p. 753

60 JONES, T.C.; HUNT, R.D.; KIMG, N.W. **Patologia Veterinária**. 6 ed. São Paulo: Manole, 2000. p. 1072.

61 OLLHOFF, R.D.; PEREIRA, I.R.A.; LUZ, N.C.; MACHADO, F.C. Incidência de alterações dentárias em um rebanho bovino leiteiro. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 2, p. 95-100, 2005.

62 RIET-CORREA, F.; MENDEZ, M.D.C.; SCHILD, A.L.; OLIVEIRA, J.A.; ZENEBON, O. Lesões dentárias em bovinos e ovinos devidas à poluição industrial causada pela combustão de carvão. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.6, n.1, p.23-31, 1986.

63 RIET-CORREA, F.; OLIVEIRA, J.A.; MENDEZ, M.D.C.; SCHILD, A.L. Poluição industrial como causa de intoxicação por flúor em bovinos no município de Rio Grande, RS. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.3, n.4, p.107-114, 1983.

Figura 273).

Figura 273. Escala para determinação do índice de mosqueamento.



Fonte: Adaptado[9].

Quanto aos bovinos, verificou-se que os bovinos presentes nas UPs são animais em fase de terminação, ou seja, animais adquiridos em outras unidades ou município (não nascidos na EA) não atendendo, desta forma, aos requisitos para constituírem unidade amostral. Isto porque, a fluorose é observada em animais com exposição crônica ao flúor a partir de 2 anos e, neste caso, a presença de fluorose poderia ser decorrente de exposição prévia em área não pertencente ao objeto do presente monitoramento.

Durante o período de monitoramento, além da pesquisa de campo realizou-se pesquisa bibliográfica em base de dados (*Science Direct*, *Scopus*, *Web of science*, Google acadêmico, entre outros), para dar suporte às discussões e interpretações dos resultados.

Resultados e discussão:

A Jazida de Candiota (RS) possui 38% de todo o carvão nacional. Como se trata de um carvão de qualidade inferior, é utilizado apenas na geração de energia termoelétrica e no próprio local da jazida[64].

É durante a queima do carvão que são liberadas partículas que carreiam compostos de flúor e sílica[8]. Para a geração de energia elétrica por usinas termelétricas, a combustão de carvão contendo fluoreto libera o ácido fluorídrico (HF), sendo estimada uma emissão em torno de 0,01 a 0,12 kg de HF por miligrama de carvão[65].

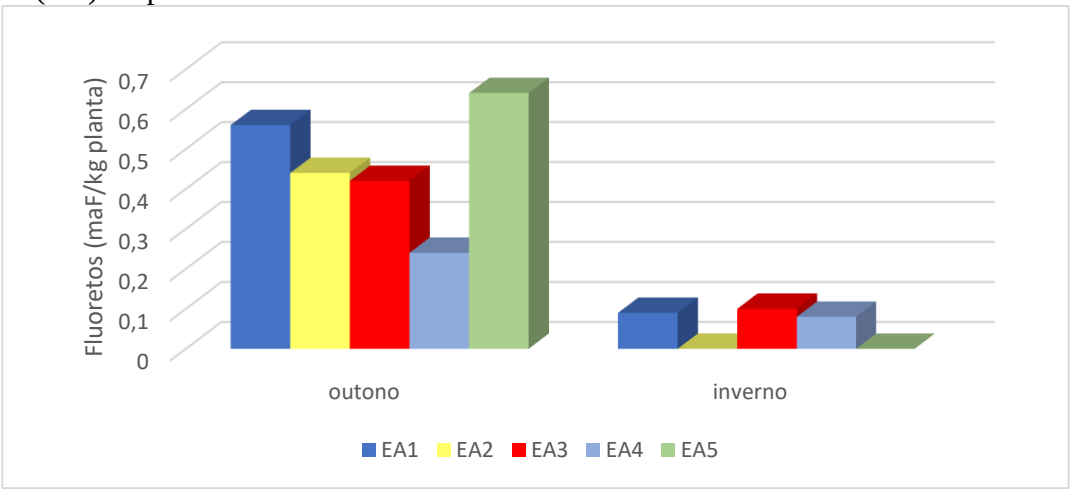
Os fluoretos são encontrados na atmosfera de áreas rurais e urbanas na forma gasosa ou de particulado. Pode ser transportado a longas distâncias e ser removido da atmosfera por deposição seca ou úmida ou hidrólise. No solo, a concentração de fluoretos aumenta com a profundidade. Na superfície do solo, a quantidade de fluoreto pode aumentar pela aplicação de fertilizantes à base de fosfato que contenham fluoreto, por

64 CPRM – Serviço Geológico do Brasil: Carvão Mineral. 2014. [on line].
65 COLASSO, C. Ácido fluorídrico e fluoreto – aspectos toxicológicos. Chemikal Risk, 2018. Disponível em: <https://www.chemicalrisk.com.br/acido-fluoridrico-e-fluoreto-aspectos-toxicologicos/>.

agrotóxicos, água de irrigação ou pela deposição de gases e emissão de material particulado. O fluoreto acumula-se em algumas plantas e nos ossos de animais terrestres que consomem folhas contendo fluoreto[66]. A fluorose é resultante da concentração excessiva de flúor na dieta durante a odontogênese (de 6 a 36 meses de idade), podendo resultar na incorporação do flúor no esmalte da dentina do dente permanente[67].

Neste período de monitoramento as quantidades de fluoretos determinadas no estrato vegetal (pastagem) variaram entre de <0,007 a 0,64 mg.Kg^{-1} apresentando apenas uma vez (na EA5 e na EA1 no outono) valor de acordo com às quantidades mínimas descritas como causadoras de patologia nos animais - 0,5 a 1,7 mgF/kg de amostra [68]. Lembrando que a exposição ao flúor, para causar fluorose necessita exposição crônica[69], ou seja, exposição contínua aos valores mínimos ou maiores. Como as quantificações de flúor apresentaram alta variabilidade (Figura 274). No outono, exceto na EA4, os valores de fluoretos determinados na pastagem estiveram dentro do limite mínimo para causar fluorose. No inverno, as quantidades observadas foram bem abaixo do limite mínimo.

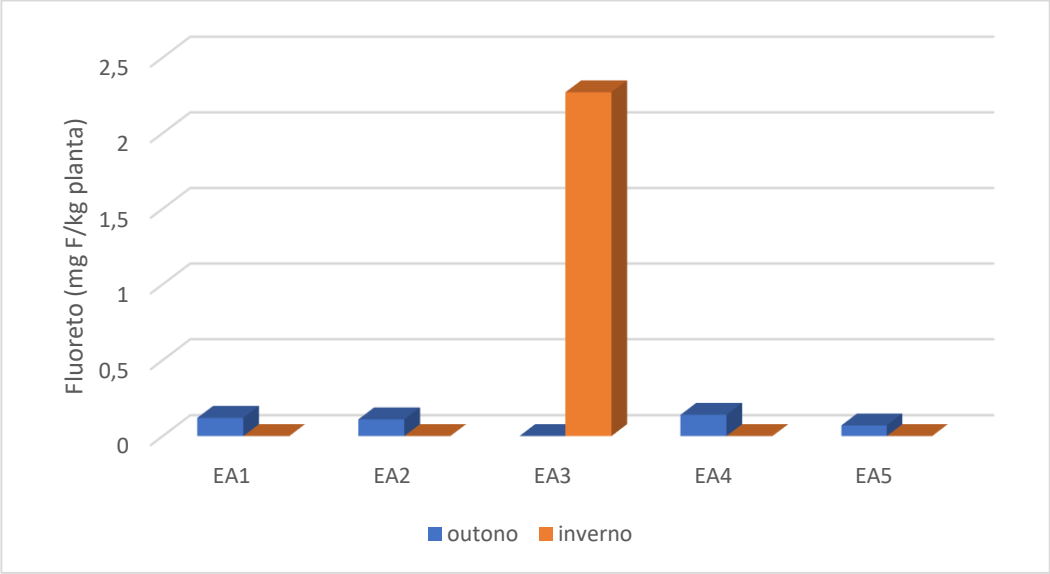
Figura 274. Quantificação de Flúor em pastagem (vegetação), segundo a Estação Amostral (EA) no período de monitoramento.



Nas amostras de solo, os valores de fluoretos estavam abaixo do limite mínimo para causar patologia crônica, exceto na EA3 no inverno (Figura 275).

66 CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde ambiental. Flúor e fluoretos. Ficha de Informação toxicológica. 2014.
67 MCGAVIN, M.D.; ZACHARY, J.F. **Bases da patologia em veterinaria**. 4ed. Amsterdam: Elsevier, 2009. p. 313.
68 JONES, T.C.; HUNT, R.D.; KIMG, N.W. **Patologia Veterinária**. 6 ed. São Paulo: Manole, 2000. p. 1072.
69 RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, D.C.; HINCHCLIFF, K.W. (ed). **Clínica veterinária**. 9ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. p.1437.

Figura 275. Quantidade de Flúor no solo, segundo a Estação Amostral (EA) no período de monitoramento.



O elemento químico de símbolo Si, aparece geralmente na forma de dióxido de silício (SiO2) – também conhecido como sílica – e silicatos, que são compostos contendo silício, oxigênio e metais. O silício tem um papel importante nas relações planta-ambiente, porque pode dar à cultura melhores condições para suportar adversidades climáticas, do solo e biológicas, tendo como resultado final um aumento na produção com melhor qualidade do produto[70].

Em vários países o silício é utilizado como fertilizantes e é aplicado na forma de silicato de cálcio e magnésio. Podendo agir na correção da acidez do solo e auxiliar na disponibilidade de cálcio e magnésio. Além disso, o silício atua como elemento benéfico às plantas e pode acarretar aumento de produtividade das forrageiras[71].

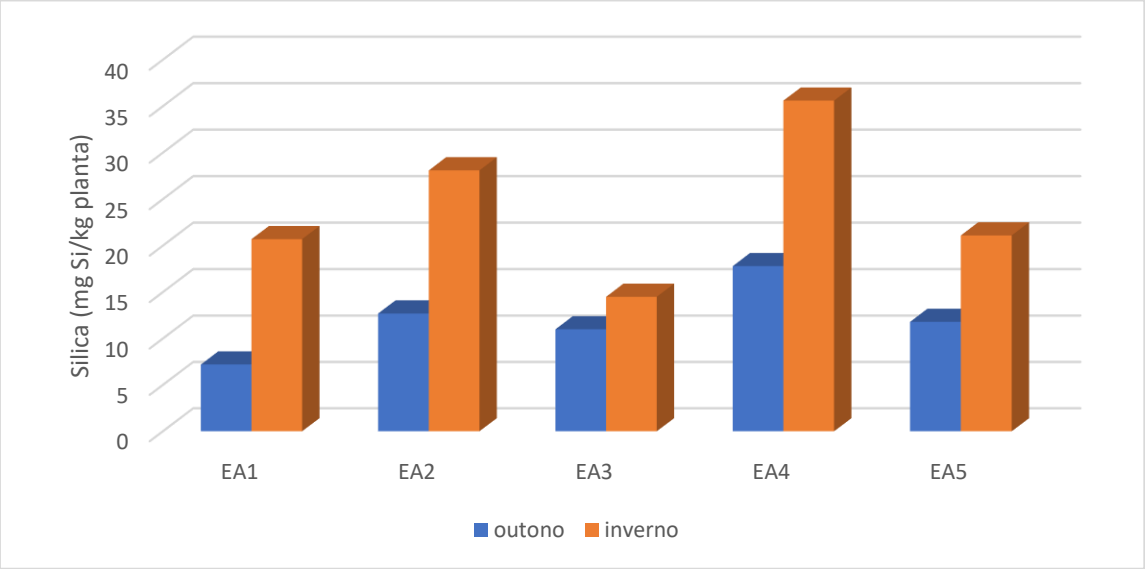
A quantificação de sílica nas plantas foi quantificada entre 7,2 a 35,6 mgS.L^{-1} estando, dentro dos parâmetros considerados para disponibilização às plantas (

[70] FIGUEIRAS, O. Silício na agricultura. **Pesquisa Fapesp** – Agronomia, ed.140, 2007

[71] MEIRELES, G.C.; SANTOS, I.T. dos; LIRA, M.V. da S.; ARRUDA, V.M.; SANTOS Jr, A. dos; MIRANDA, L.D.L. Utilização de silício em pastagens. In: ARRUDA, V.; SANTOS Jr, A.; MIRANDA, L.D.L. (org) **Forragicultura: Pesquisa e Ensino**. Ponta Grossa: Atena, 2021. p. 113.

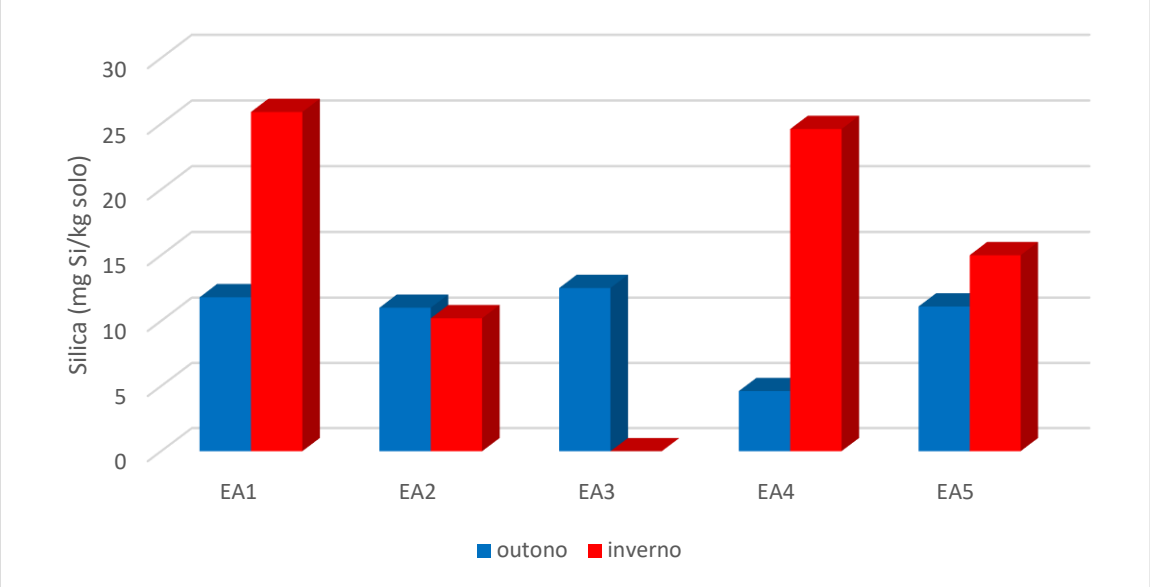
Figura 276) -média de silício solúvel (disponível para as plantas) pode variar de 3 a 40 mg/L.

Figura 276. Quantidade de sílica (mg/L) em pastagem, segundo as Estações de monitoramento (EA) no período de monitoramento



A quantificação de sílica no solo apresentou grande variabilidade (Figura 277), sendo maior no inverno, exceto na EA3 e na EA2.

Figura 277. Quantidade de sílica em amostras de solo, segundo a estação de monitoramento (EA) no período de monitoramento.

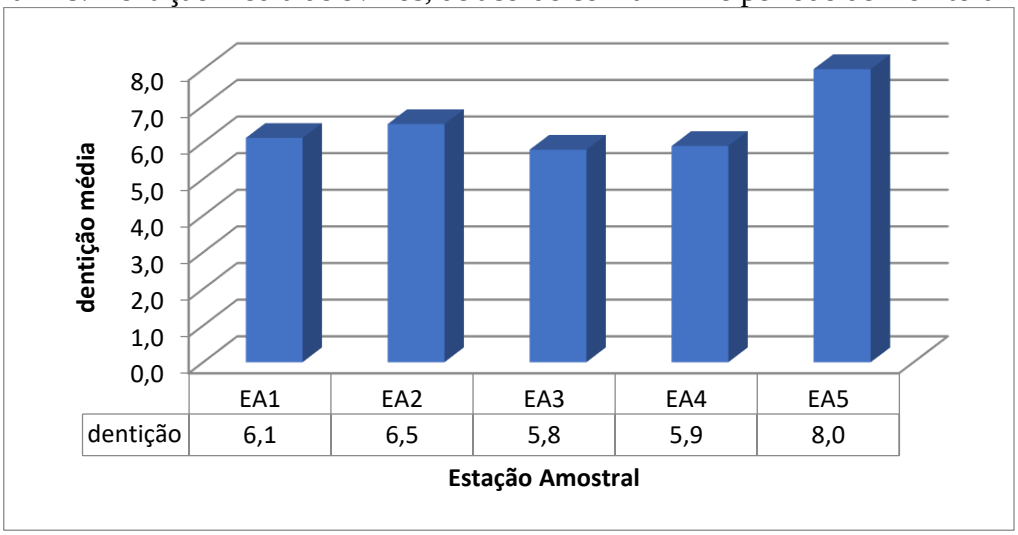


Além disso, considerando o período intenso de chuvas observado no período, o nutriente nesta forma pode ter sido lixiviado, pois é um dos elementos que mais se

deslocam no perfil do solo[72]. O silício (na forma de sílica) é absorvido pelas raízes e a quantidade absorvida pelo vegetal varia conforme a espécie e o tipo de solo em que a planta vive[73]. Estes fatores podem estar relacionados à variabilidade na quantificação de sílica determinada nas amostras ao longo do tempo de monitoramento.

A dentição dos animais variou de 2 a 8 dentes. A dentição média (Figura 278) variou de 6 a 8 dentes. Este é um reflexo da manutenção de animais mais velhos (produção de lã) e venda de animais jovens (para abate).

Figura 278. Dentição média de ovinos, de acordo com a EA no período de monitoramento

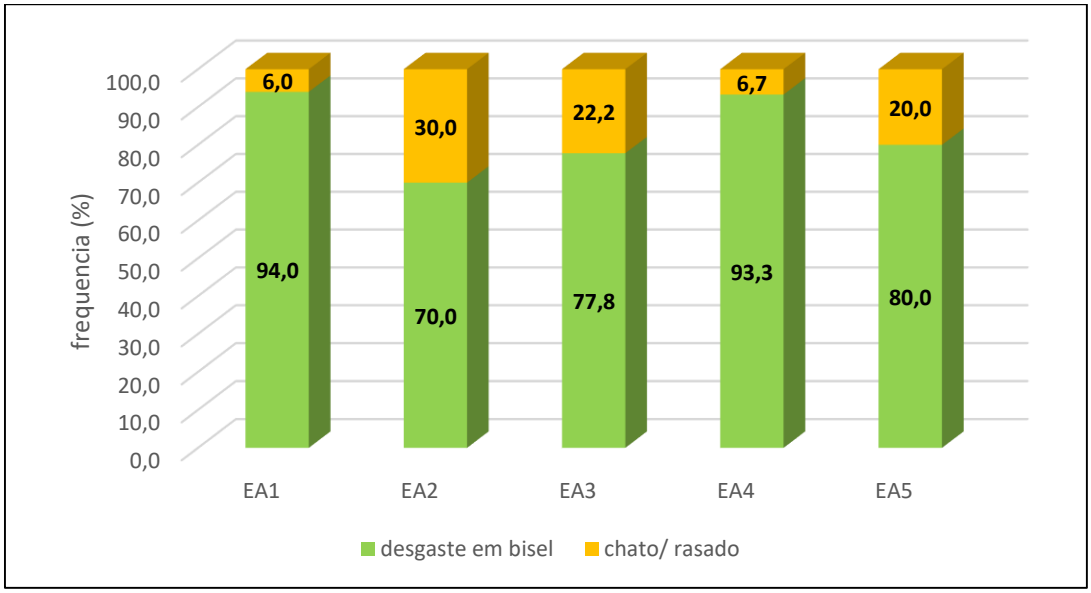


Não foram observados animais com desgaste em bisel labial (desgaste errôneo) mas, a maior frequência observada foi de desgaste em bisel (Figura 279). Embora com idade média elevada, em todas as EAs, apenas a EA2 e EA3 apresentam mais de 30 e 20%, respectivamente, dos animais amostrados com desgaste dentário excessivo, com casos de desgaste em meia lua (precursor do desgaste rasado) em todas as EAs. Na EA1 (Estação amostral controle) os animais apresentam o menor percentual de desgaste rasado, uma vez que os animais monitorados fazem parte do rebanho de cria (reprodução) da unidade produtiva. (Figura 280).

[72] MACHADO, A.W. Silício nas plantas. Agrolink, 2022. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes/silicio-nas-plantas---tudo-o-que-voce-precisa-saber_468906.html#2

[73] RODRIGUES, L.C.; SANTANA, M.A.E. Metodologia para determinação do teor de sílica em materiais lignocelulósicos via espectrometria no Ultravioleta-visível**. Floresta & Ambiente**, v.12, n.1, p. 57 - 62, 2005

Figura 279 - Frequência do tipo de desgaste dos dentes



O processo de rasamento pode se tornar patológico quando assume um grau maior de destruição do tecido dentário além do esperado para a idade[74]. Contudo, apesar da idade (determinada pela dentição), a maioria dos animais apresentou desgaste em bisel – considerado como desgaste fisiológico. A maior frequência de desgaste excessivo/rasado, observado na EA2 (Figura 279), pode estar associado aos lotes selecionados pelos produtores em cada monitoramento realizado e, neste caso, um dos lotes selecionados pelo produtor pode ter sido um lote de descarte (para venda). Entre os critérios de seleção para descarte de ovinos do rebanho produtivo estão animais mais velhos ou com desgaste excessivo ou perdas dos dentes.

O desgaste dentário anormal tem como principal causa, nos ovinos, a mastigação de solo quando a altura da forragem é baixa[75]. O desgaste dentário acentuado nos animais de Candiota[76] deve-se ao efeito abrasivo dos particulados eliminados com o efluente da combustão de carvão (especialmente o silício) e a diminuição da resistência do esmalte como consequência da intoxicação por flúor.

74 VITOR, J.S. **Desgaste dentário em ovinos**. 55p. Monografia (Graduação – Medicina Veterinária Universidade de Brasília, 2018. p. 19.

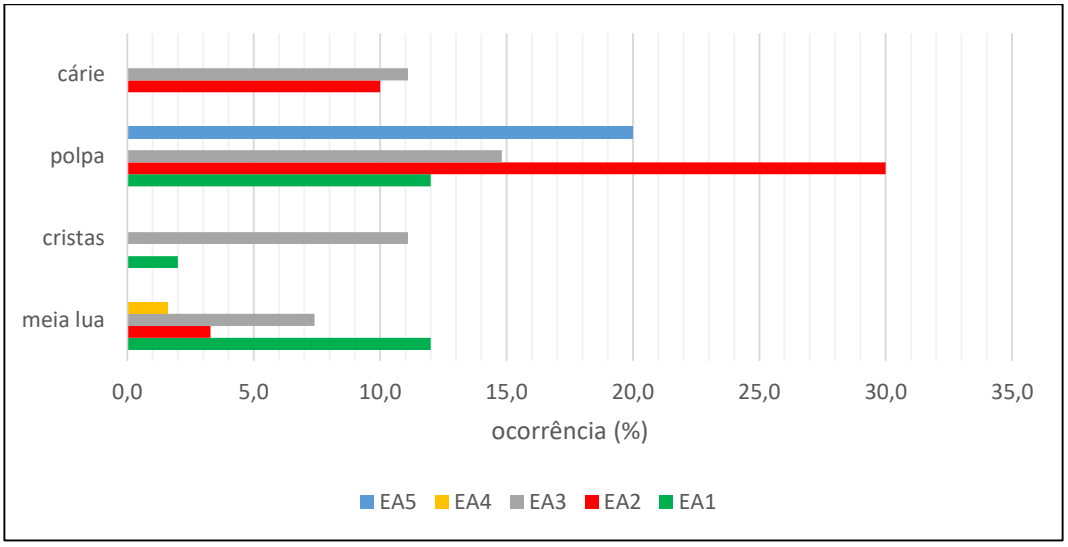
75 NAVARRE, C.B.; LOWDER, M.Q. Enfermidades da boca e do esôfago. PUGH, D.G. In: PUGH, D.G. **Clínica de ovinos e caprinos**. São Paulo: ROCA, 2004. p. 69.

76 RIET-CORREA, F.; MENDEZ, M.D.C.; SCHILD, A.L.; OLIVEIRA, J.A.; ZENEBON, O. Lesões dentárias em bovinos e ovinos devidas à poluição industrial causada pela combustão de carvão. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.6, n.1, p.23-31, 1986.

Em uma revisão sobre desgaste excessivo de dentes, são pontados outros fatores causais[77]: a) da ingestão de gramíneas com alta fertilidade: este caso é pouco provável nas EAs acompanhadas, uma vez que estas unidades produtivas utilizam campo nativo, sem melhoramento; b) ação abrasiva do solo: considerando a alta taxa de ocupação das áreas de campo nativo, a vegetação encontra-se baixa (com menos de 5cm) em alguma épocas do ano, além da exposição do solo em várias áreas; e c) ácidos presentes no solo: independente da forma de extração, a mineração de carvão gera uma quantidade enorme de rejeitos, que são depositados em pilhas ou barragens próximas às áreas mineradas. O principal problema associado a esses materiais é que normalmente com o carvão mineral ocorrem também depósitos de pirita e outros minerais sulfetados. Esses minerais, quando expostos ao oxigênio e umidade, oxidam-se facilmente, gerando, entre outros produtos, ácido sulfúrico, sendo este responsável pela chamada "drenagem ácida de mina" [78].

O desgaste excessivo (rasamento) traz, como consequência a exposição da polpa dentária. Este fato pode ser decorrente da excessiva presença de capim-annoni (*Eragrostis plana Nees*), gramínea da família Poaceae e considerada uma praga no RS. No monitoramento realizado, foi observado maior ocorrência de exposição de polpa na dentária na EA2 (Figura 280).

Figura 280 - Ocorrência de patologias da cavidade oral

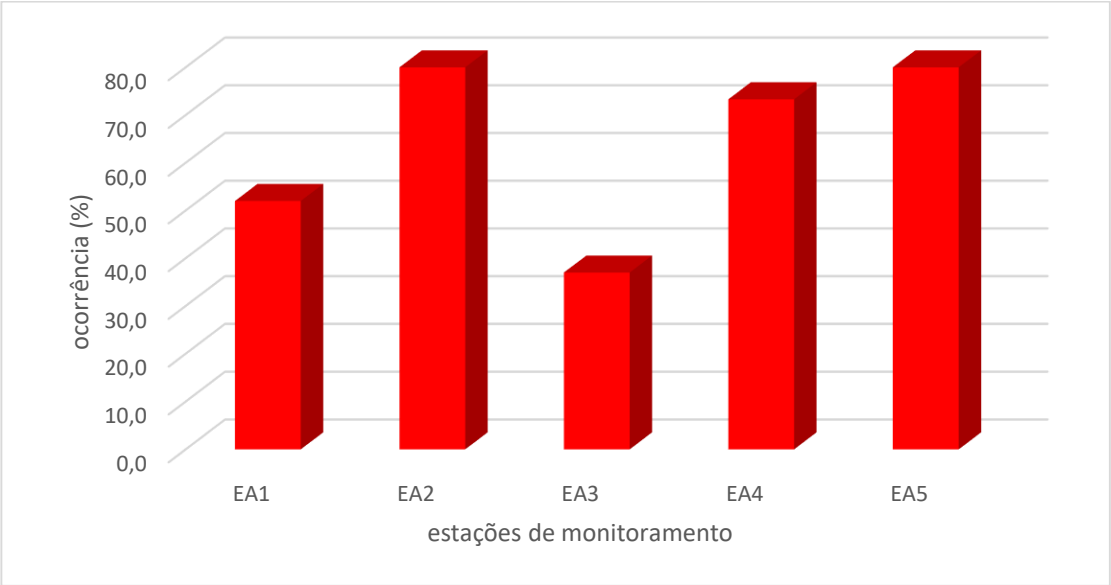


[77] AGOSTINHO, S.D. **Periodontite e desgaste dentário em ovinos**. 78f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária Preventiva) UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP CÂMPUS DE JABOTICABAL, 2017. p. 20

[78] CAMPOS, M.L. et al. Impactos no solo provocados pela mineração e depósito de rejeitos de carvão mineral. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.9, n.2, p.198-205, 2010.

Nos ovinos, os dentes devem brancos e translúcidos. A intoxicação por flúor pode resultar em áreas dentárias friáveis e moles. São comuns a coloração amarronzada e o acúmulo de tártaro, porém a manifestação de doença ocorre quando a intoxicação é grave[79]. O mosqueamento pode ser observado em todas as EAs amostradas (Figura 281) com maior frequência na EA2, seguida pela EA4.

Figura 281 - Ocorrência de mosqueamento



O índice de mosqueamento mais grave (IM5) não foi observado em nenhuma das Estações Amostrais no período de monitoramento (

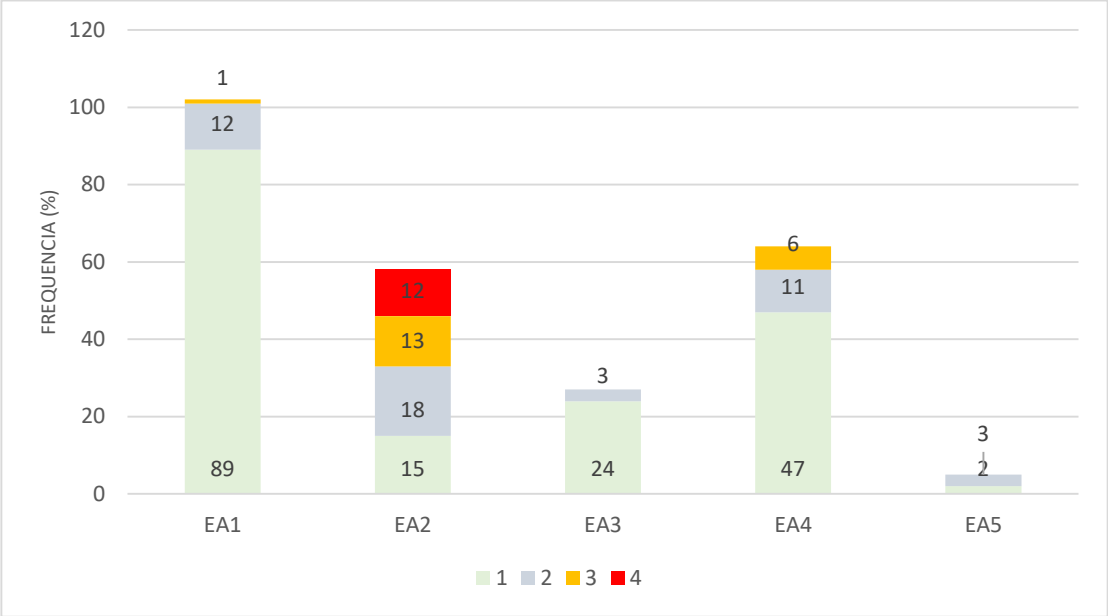
[79] NAVARRE, C.B.; LOWDER, M.Q. Enfermidades da boca e do esôfago. PUGH, D.G. In: PUGH, D.G. **Clínica de ovinos e caprinos**. São Paulo: ROCA, 2004. p. 69.

Figura 282). A EA2 apresentou frequências próximas entre os índices IM1 A IM4. Na EA1(estação controle), como era esperada, observou-se maior frequência de IM1. Embora a dentição média dos animais da EA3 seja elevada, os índices observados foram IM1 e IM2.

Deve-se ressaltar que o mosqueamento pode ser decorrente da poluição atmosférica causada por diversos tipos de fábricas: produção de adubo, aço e ferro, tijolos e cerâmica[80].

[80] RIET-CORREA, F.; OLIVEIRA, J.A.; MENDEZ, M.D.C.; SCHILD, A.L. Poluição industrial como causa de intoxicação por flúor em bovinos no município de Rio Grande, RS. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.3, n.4, p.107-114, 1983.

Figura 282. Frequência do Índice de Mosqueamento (IM), segundo a Estação Amostral (EA)



O mosqueamento pode ser resultado de outros fatores além da intoxicação crônica por flúor, como já mencionado. Os valores quantitativos de flúor em planta e solo, como apresentado ao longo deste relatório, embora por vezes acima do limite mínimo para causar mosqueamento (fluorose), não são constantes e, com isso, os animais não têm exposição crônica ao poluente para que este, isoladamente, cause lesão dentária nos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROLINK. SILÍCIO NAS PLANTAS - TUDO O QUE VOCÊ PRECISA SABER. [S. L.], 2022. DISPONÍVEL EM: HTTPS://WWW.AGROLINK.COM.BR/FERTILIZANTES/NUTRIENTES/SILICIO-NAS-PLANTAS---TUDO-O-QUE-VOCE-PRECISA-SABER_468906.HTML. ACESSO EM: 23 FEV. 2024.

ALBA-TERCEDOR, J. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RIOS. EM: IV SIMPOSIO SOBRE EL AGUA EN ANDALUCÍA: ALMERÍA, DICIEMBRE 1996. ALMERIA: SIAGA, 1996.

ALEIXO, A.; VIELLIARD, J. M. E. COMPOSIÇÃO E DINÂMICA DA AVIFAUNA DA MATA DE SANTA GENEBRA, CAMPINAS, SÃO PAULO, BRASIL. REVISTA

BRASILEIRA DE ZOOLOGIA, [S. L.], V. 12, N. 3, P. 493–511, 1995. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1590/S0101-81751995000300004

ANJOS, L. BIRD COMMUNITIES IN FIVE ATLANTIC FOREST FRAGMENTS IN SOUTHERN BRAZIL. ORNITOLOGÍA NEOTROPICAL, [S. L.], V. 12, N. 1, 2001. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DIGITALCOMMONS.USF.EDU/ORNITOLOGIA_NEOTROPICAL/VOL12/ISS1/3

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. DECRETO N. 51.797/2014. DECLARA AS ESPÉCIES DA FAUNA SILVESTRE AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 8 SET. 2014. DISPONÍVEL EM: HTTPS://WWW.AL.RS.GOV.BR/FILEREPOSITORY/REPLEGIS/ARQUIVOS/DEC%2051.797.PDF

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/NBR 9898: PLANEJAMENTO DE AMOSTRAGEM DE EFLUENTES LÍQUIDOS E CORPOS RECEPTORES – PROCEDIMENTO. RIO DE JANEIROASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, , 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/NBR 12648: ECOTOXICOLOGIA AQUÁTICA - TOXICIDADE CRÔNICA - MÉTODO DE ENSAIO COM ALGAS (CHLOROPHYCEAE). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, , 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/NBR 13373: ECOTOXICOLOGIA AQUÁTICA — TOXICIDADE CRÔNICA — MÉTODO DE ENSAIO COM CERIODAPHNIA SPP (CRUSTACEA, CLADOCERA). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, , 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/NBR 15470: ECOTOXICOLOGIA AQUÁTICA - TOXICIDADE AGUDA E CRÔNICA - MÉTODO DE ENSAIO COM HYALELLA SPP (AMPHIPODA) EM SEDIMENTOS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, , 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/NBR 15499: ECOTOXICOLOGIA AQUÁTICA - TOXICIDADE CRÔNICA DE CURTA DURAÇÃO - MÉTODO DE ENSAIO COM PEIXES. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, , 2022.

BAPTISTA, D. F. MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. [S. L.]: TECHNICAL BOOKS, 2010.

BELTON, W. AVES DO RIO GRANDE DO SUL: DISTRIBUIÇÃO E BIOLOGIA. SÃO LEOPOLDO, RS, BRASIL: EDITORA UNISINOS, 1994.

BENCKE, GLAYSON A. ET AL. REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DA LISTA DAS AVES DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL. IHERINGIA. SÉRIE ZOOLOGIA, [S. L.], V. 100, N. 4, P. 519–556, 2010. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1590/S0073-47212010000400022

BENCKE, GLAYSON ARIEL. LISTA DE REFERÊNCIA DAS AVES DO RIO GRANDE DO SUL. PORTO ALEGRE: FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA DO RIO GRANDE DO SUL, 2001.

BIBBY, C. J.; BURGESS, N. D.; HILL, D. A. BIRD CENSUS TECHNIQUES. LONDON: SAN DIEGO ACADEMIC PRESS, 1992.

BICUDO, C. E. DE; MENEZES, M. (ORG.). GÊNEROS DE ALGAS DE ÁGUAS CONTINENTAIS DO BRASIL: CHAVE PARA IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÕES. TERCEIRA EDIÇÃO [REVISTA E AMPLIADA]ED. SÃO CARLOS, SP: RIMA, 2017.

BIRCH, G.; OLMOS, M. SEDIMENT-BOUND HEAVY METALS AS INDICATORS OF HUMAN INFLUENCE AND BIOLOGICAL RISK IN COASTAL WATER BODIES. ICES JOURNAL OF MARINE SCIENCE, [S. L.], V. 65, 2008. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1093/ICESJMS/FSN139

BLONDEL, J.; FERRY, C.; FROCHOT, B. POINT COUNTS WITH UNLIMITED DISTANCE. ESTIMATING NUMBERS OF TERRESTRIAL BIRDS, [S. L.], V. 6, N. LAWRENCE: COOPER ORNITHOLOGICAL SOCIETY, P. 414–420, 1981.

BOWEN, H. J. ENVIRONMENTAL CHEMISTRY OF THE ELEMENTS. LONDON: ACADEMIC PRESS, 1979.

BRANDÃO, C. J. ET AL. (ORG.). GUIA NACIONAL DE COLETA E PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS: ÁGUA, SEDIMENTO, COMUNIDADES AQUÁTICAS E EFLUENTES LÍQUIDOS. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. BRASÍLIA: ANA, 2011.

BRINCKHURST, R. O.; MARCHESE, M. R. GUIDE OF AQUATIC OLIGOCHAETA OF SUL AND CENTRAL AMERICA. SANTA FÉ, ARGENTINA: COLEC. CLIMAX, 1989.

BURLIGA, A. L.; SCHWARZBOLD, A.; TORGAN, L. C. ECOLOGIA DO PERIFITON. [S. L.]: RIMA, 2016.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT | LE CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONMENT. [S. L.], [S. D.]. DISPONÍVEL EM: HTTPS://CCME.CA/EN/CURRENT-ACTIVITIES/CANADIAN-ENVIRONMENTAL-QUALITY-GUIDELINES. ACESSO EM: 4 AGO. 2024.

CHEN, H. ET AL. ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONTAMINATION IN THE SURFACE SEDIMENTS: A REEXAMINATION INTO THE OFFSHORE ENVIRONMENT IN CHINA. MARINE POLLUTION BULLETIN, [S. L.], V. 113, N. 1–2, P. 132–140, 2016. DISPONIVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.MARPOLBUL.2016.08.079

COBELO-GARCÍA, A.; PREGO, R. HEAVY METAL SEDIMENTARY RECORD IN A GALICIAN RIA (NW SPAIN): BACKGROUND VALUES AND RECENT CONTAMINATION. MARINE POLLUTION BULLETIN, [S. L.], V. 46, N. 10, P. 1253–1262, 2003. DISPONIVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/S0025-326X(03)00168-1

COELHO, A. M. AMOSTRAGEM DE SOLOS: A BASE PARA APLICAÇÃO DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, [S. L.], V. 73, COMUNICADO TÉCNICO, 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO CONAMA NO 344, DE 25 DE MARÇO DE 2004. ESTABELECE AS DIRETRIZES GERAIS E OS PROCEDIMENTOS MÍNIMOS PARA A AVALIAÇÃO DO MATERIAL A SER DRAGADO EM ÁGUAS JURISDICIONAIS BRASILEIRAS, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. 2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO CONAMA NO 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. DISPÕE SOBRE A CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA E DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA O SEU ENQUADRAMENTO, BEM COMO ESTABELECE AS CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO CONAMA NO 396, DE 3 DE ABRIL DE 2008 — 4A CÂMARA - MEIO AMBIENTE E PATRIMÔNIO CULTURAL. DISPÕE SOBRE A CLASSIFICAÇÃO E DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA O ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. 2008. DISPONÍVEL EM: HTTPS://WWW.MPF.MP.BR/ATUACAO-TEMATICA/CCR4/DADOS-DA-ATUACAO/PROJETOS/QUALIDADE-DA-AGUA/LEGISLACAO/RESOLUCOES/RESOLUCAO-CONAMA-NO-396-DE-3-DE-ABRIL-DE-2008/VIEW. ACESSO EM: 26 JUL. 2024.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO CONAMA NO 454, DE 1 DE NOVEMBRO DE 2012. ESTABELECE AS DIRETRIZES GERAIS E OSPROCEDIMENTOS REFERENCIAIS PARA OGERENCIAMENTO DO MATERIAL A SERDRAGADO EM ÁGUAS SOB JURISDIÇÃONACIONAL. 2012.

CUMMINS, K.; MERRITT, R. AN INTRODUCTION TO THE AQUATIC INSECTS OF NORTH AMERICA. THE JOURNAL OF ANIMAL ECOLOGY, [S. L.], V. 50, 1996. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.2307/1467288

DAJOZ, R. ECOLOGIA GERAL. PETROPOLIS/ SAO PAULO: VOZES/EDUSP, 1973.

DI-BERNARDO, M. ET AL. ANFÍBIOS ANUROS DA REGIÃO DE EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO DE CARVÃO DE CANDIOTA, RS, BRASIL. EM: ESTUDOS

AMBIEMTAIS EM CANDIOTAS: CARVÃO E SEUS IMPACTOS. [S. L.]: FEPAM, 2005.

DIRETRIZ TÉCNICA NO. 04/2021 - DIRTEC. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL,

ELMOOR-LOUREIRO, L. MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO DE CLADÓCEROS LÍMNICOS DO BRASIL. [S. L.: S. N.], 1997.

EMENIKE, P. C. ET AL. AN INTEGRATED ASSESSMENT OF LAND-USE CHANGE IMPACT, SEASONAL VARIATION OF POLLUTION INDICES AND HUMAN HEALTH RISK OF SELECTED TOXIC ELEMENTS IN SEDIMENTS OF RIVER ATUWARA, NIGERIA. ENVIRONMENTAL POLLUTION (BARKING, ESSEX: 1987), [S. L.], V. 265, N. PT B, P. 114795, 2020. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.ENVPOL.2020.114795

FEITOSA, F. HIDROGEOLOGIA: CONCEITOS E APLICAÇÕES. RIO DE JANEIRO: CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2008.

FONTANA, C. S. ET AL. (ORG.). LIVRO VERMELHO DA FAUNA AMEAÇADA DE EXTINÇÃO NO RIO GRANDE DO SUL. PORTO ALEGRE: EDIPUCRS : MUSEU DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL, 2003.

FRANZ, I. ET AL. FOUR DECADES AFTER BELTON: A REVIEW OF RECORDS AND EVIDENCES ON THE AVIFAUNA OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL. IHERINGIA. SÉRIE ZOOLOGIA, [S. L.], V. 108, N. 0, 2018. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1590/1678-4766E2018005. ACESSO EM: 23 FEV. 2024.

FRAU, D. ET AL. PLANKTON COMMUNITY RESPONSES IN PAMPEAN LOWLAND STREAMS LINKED TO INTENSIVE AGRICULTURAL POLLUTION. ECOLOGICAL INDICATORS, [S. L.], V. 120, P. 106934, 2021. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.ECOLIND.2020.106934

GRABER, J. W.; GRABER, J. W.; GRABER, R. R. ENVIRONMENTAL EVALUATIONS USING BIRDS AND THEIR HABITATS. URBANA: STATE OF ILLINOIS DEPT. OF REGISTRATION AND EDUCATION, NATURAL HISTORY

SURVEY DIVISION, 1976. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.5962/BHL.TITLE.15041

HAKANSON, L. AN ECOLOGICAL RISK INDEX FOR AQUATIC POLLUTION CONTROL.A SEDIMENTOLOGICAL APPROACH. WATER RESEARCH, [S. L.], V. 14, N. 8, P. 975–1001, 1980. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/0043-1354(80)90143-8

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.; QUERINO, R. INSETOS AQUÁTICOS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: TAXONOMIA, BIOLOGIA E ECOLOGIA. [S. L.: S. N.], 2019.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.; RYAN, P. D. PAST: PALEONTOLOGICAL STATISTICS SOFTWARE PACKAGE FOR EDUCATION AND DATA ANALYSIS. , 2001. DISPONÍVEL EM: HTTPS://PALAEO-ELECTRONICA.ORG/2001_1/PAST/ISSUE1_01.HTM

HANIF, N. ET AL. GEO-ACCUMULATION AND ENRICHMENT OF TRACE METALS IN SEDIMENTS AND THEIR ASSOCIATED RISKS IN THE CHENAB RIVER, PAKISTAN. JOURNAL OF GEOCHEMICAL EXPLORATION, [S. L.], V. 165, P. 62–70, 2016. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.GEXPLO.2016.02.006

HAPPEY-WOOD, C. M. ECOLOGY OF FRESHWATER PLANKTONIC GREEN ALGAE. EM: SANDGREN, C. D. (ORG.). GROWTH AND REPRODUCTIVE STRATEGIES OF FRESHWATER PHYTOPLANKTON. CAMBRIDGE NEW ROCHELLE NEW YORK: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 1988.

HU, B. ET AL. OCCURRENCE AND DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SURFACE SEDIMENTS OF THE CHANGHUA RIVER ESTUARY AND ADJACENT SHELF (HAINAN ISLAND). MARINE POLLUTION BULLETIN, [S. L.], V. 76, N. 1–2, P. 400–405, 2013. DISPONIVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.MARPOLBUL.2013.08.020

ISLAM, M. S. ET AL. HEAVY METAL POLLUTION IN SURFACE WATER AND SEDIMENT: A PRELIMINARY ASSESSMENT OF AN URBAN RIVER IN A

DEVELOPING COUNTRY. ECOLOGICAL INDICATORS, [S. L.], V. 48, P. 282–291, 2015. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.ECOLIND.2014.08.016

JAMSHIDI, S.; BASTAMI, K. METAL CONTAMINATION AND ITS ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT IN THE SURFACE SEDIMENTS OF ANZALI WETLAND, CASPIAN SEA. MARINE POLLUTION BULLETIN, [S. L.], V. 113, 2016. DISPONIVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.MARPOLBUL.2016.08.049

JÚNIOR, W. B.; MALABARBA, L. R.; JOSÉ FRANCISCO P. DA SILVA. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS RIACHOS ATRAVÉS DAS TAXOCENOSES DE PEIXES. EM: CENTRO DE ECOLOGIA -UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (ORG.). CARVÃO E MEIO AMBIENTE. 1. ED. PORTO ALEGRE, RS: EDITORA DA UNIVERSIDADE, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 2000.

KABATA-PENDIAS, A. TRACE ELEMENTS IN SOILS AND PLANTS. 0. ED. [S. L.]: CRC PRESS, 2010. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1201/B10158. ACESSO EM: 31 JAN. 2024.

KELLY, M. G. ET AL. RECOMMENDATIONS FOR THE ROUTINE SAMPLING OF DIATOMS FOR WATER QUALITY ASSESSMENTS IN EUROPE. JOURNAL OF APPLIED PHYCOLOGY, [S. L.], V. 10, N. 2, P. 215–224, 1998. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1023/A:1008033201227

KOSTE, W.; VOIGT, M. ROTATORIA: DIE RÄDERTIERE MITTELEUROPAS : ÜBERORDNUNG MONOGONONTA : EIN BESTIMMUNGSWERK. [S. L.]: GEBRÜDER BORNTRAEGER, 1978.

LI, Y. ET AL. EVALUATION OF THE POSSIBLE SOURCES AND CONTROLLING FACTORS OF TOXIC METALS/METALLOIDS IN THE FLORIDA EVERGLADES AND THEIR POTENTIAL RISK OF EXPOSURE. ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY, [S. L.], V. 49, N. 16, P. 9714–9723, 2015. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1021/ACS.EST.5B01638

LOBO, E. A.; ARUGA, Y.; KATOH, K. RESPONSE OF EPILITHIC DIATOM ASSEMBLAGES TO WATER POLLUTION IN RIVERS IN THE TOKYO METROPOLITAN AREA, JAPAN. FRESHWATER BIOLOGY, [S. L.], V. 34, 1995.

DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1111/J.1365-2427.1995.TB00435.X. ACESSO EM: 25 FEV. 2024.

LOBO, E.; LEIGHTON, G. ESTRUCTURAS COMUNITARIAS DE LAS FITOCENOSIS PLANCTONICAS DE LOS SISTEMAS DE DESEMBOCADURAS DE RIOS Y ESTEROS DE LA ZONA CENTRAL DE CHILE. REV. BIOL. MAR, [S. L.], V. 22, N. 1, P. 1–29, 1986.

MADZIN, Z.; SHAI-IN, M. F.; KUSIN, F. M. COMPARING HEAVY METAL MOBILITY IN ACTIVE AND ABANDONED MINING SITES AT BESTARI JAYA, SELANGOR. PROCEDIA ENVIRONMENTAL SCIENCES, [S. L.], V. 30, P. 232–237, 2015. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.PROENV.2015.10.042

MCCAFFERTY, W. P. AQUATIC ENTOMOLOGY: THE FISHERMEN'S AND ECOLOGISTS' ILLUSTRATED GUIDE TO INSECTS AND THEIR RELATIVES. [S. L.]: JONES & BARTLETT LEARNING, 1983.

MEDEIROS SANTOS, H. J. ET AL. FLÚOR: ELEMENTO POTENCIALMENTE TÓXICO PARA PLANTAS, ANIMAIS E SERES HUMANOS. EDUCAMAZÔNIA, [S. L.], V. 10, N. 1, P. 78–92, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. PORTARIA NO 148. ALTERA OS ANEXOS DA PORTARIA NO 443, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2014, DA PORTARIA NO 444, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2014, E DA PORTARIA NO 445, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2014, REFERENTES À ATUALIZAÇÃO DA LISTA NACIONAL DE ESPÉCIES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE,

MONTÚ, M.; GOEDEN, I. M. ATLAS DOS CLADOCERA E COPEPODA (CRUSTACEA) DO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS (RIO GRANDE, BRASIL). REVISTA NERÍTICA, [S. L.], V. 1, N. 2, 1986. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.5380/RN.V1I2.41190. ACESSO EM: 26 JUL. 2024.

MÜLLER, G. INDEX OF GEO ACCUMULATION IN SEDIMENTS OF THE RHINE RIVER. GEOJOURNAL, [S. L.], V. 2, 1969.

OTTO M. RADOSTITS ET AL. CLÍNICA VETERINÁRIA - UM TRATADO DE DOENÇAS DOS BOVINOS, OVINOS, SUÍNOS, CAPRINOS E EQÜINOS. 9. ED. RIO DE JANEIRO: GUANABARA KOOGAN, 2009. E-BOOK.

P. A. ZAGATTO, M. L. L. APERFEIÇOAMENTO DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUAS. APERFEIÇOAMENTO DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUAS, [S. L.], V. 11, N. 2, P. 111–126, 1999.

PACHECO, J. F. ET AL. ANNOTATED CHECKLIST OF THE BIRDS OF BRAZIL BY THE BRAZILIAN ORNITHOLOGICAL RECORDS COMMITTEE—SECOND EDITION. ORNITHOLOGY RESEARCH, [S. L.], V. 29, N. 2, P. 94–105, 2021. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S43388-021-00058-X

PORTARIA N° 1.469 - CONTROLE E VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E SEU PADRÃO DE POTABILIDADE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2001.

QUEIROZ, D. L. DE ET AL. ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO DE SILÍCIO EM MUDAS DE EUCALYPTUS CAMALDULENSIS. CIÊNCIA FLORESTAL, [S. L.], V. 28, P. 632–640, 2018. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.5902/1980509832053

RALPH, C. J.; SAUER, J. R.; DROEGE, S. MONITORING BIRD POPULATIONS BY POINT COUNTS. ALBANY, CA: U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, FOREST SERVICE, PACIFIC SOUTHWEST RESEARCH STATION, 1995. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.2737/PSW-GTR-149. ACESSO EM: 23 FEV. 2024.

RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC NO 722 DE 01/07/2022. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA, DISPONÍVEL EM: HTTPS://ANTIGO.ANVISA.GOV.BR/LEGISLACAO#/VISUALIZAR/487328. ACESSO EM: 25 ABR. 2024.

RIDGWAY, J.; SHIMMIELD, G. ESTUARIES AS REPOSITORIES OF HISTORICAL CONTAMINATION AND THEIR IMPACT ON SHELF SEAS. ESTUARINE, COASTAL AND SHELF SCIENCE, [S. L.], V. 55, N. 6, P. 903–928, 2002. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1006/ECSS.2002.1035

RODRIGUES, L. C.; SANTANA, M. A. E. METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SÍLICA EM MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS VIA ESPECTROMETRIA NO ULTRAVIOLETA-VISÍVEL. FLORESTA E AMBIENTE, [S. L.], V. 12, P. 57–62, 2024.

ROMEIRO, A. R.; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (ORG.). AVALIAÇÃO E CONTABILIZAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS. CAMPINAS, SP, BRASIL : SÃO PAULO, SP, BRASIL: EDITORA UNICAMP ; IMPRENSA OFICIAL, 2004.

ROUND, F. A REVIEW AND METHODS FOR THE USE OF EPILITHIC DIATOMS FOR DETECTING AND MONITORING CHANGES IN RIVER WATER QUALITY 1993. [S. L.], 1993.

RUTTNER-KOLISKO, A. PLANKTON ROTIFERS: BIOLOGY AND TAXONOMY. STUTTGART: E. SCHWEIZERBART'SCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG, 1974. E-BOOK.

SAKAN, S. ET AL. ASSESSMENT OF HEAVY METAL POLLUTANTS ACCUMULATION IN THE TISZA RIVER SEDIMENTS. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT, [S. L.], V. 90, P. 3382–3390, 2009. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.JENVMAN.2009.05.013

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. THE MATHEMATICAL THEORY OF COMMUNICATION. URBANA: UNIV. OF ILLINOIS PRESS, 1998.

SQUIBA, L. M.; SERRAT, B. M.; LIMA, M. R. DE. APRENDA COMO COLETAR ADEQUADAMENTE AMOSTRAS DE SOLOS PARA ANÁLISES. CURITIBA: [S. N.], 2002.

SUTHERLAND, R. A. ET AL. CHARACTERIZATION OF SELECTED ELEMENT CONCENTRATIONS AND ENRICHMENT RATIOSIN BACKGROUND AND ANTHROPOGENICALLY IMPACTED ROADSIDE AREAS. ARCHIVES OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION AND TOXICOLOGY, [S. L.], V. 38, N. 4, P. 428–438, 2000. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S002440010057

TAYLOR, J. C.; COCQUYT, C. DIATOMS FROM THE CONGO AND ZAMBEZI BASINS – METHODOLOGIES ANDA IDENTIFICATION OF THE GENERA. BÉLGICA: THE BELGIAN DEVELOPMENT COOPERATION, 2016.

TAYLOR, S. R.; MCLENNAN, S. M. THE GEOCHEMICAL EVOLUTION OF THE CONTINENTAL CRUST. REVIEWS OF GEOPHYSICS, [S. L.], V. 33, N. 2, P. 241–265, 1995. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1029/95RG00262

TUREKIAN, K. K.; WEDEPOHL, K. H. DISTRIBUTION OF THE ELEMENTS IN SOME MAJOR UNITS OF THE EARTH'S CRUST. GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA BULLETIN, [S. L.], V. 72, N. 2, P. 175, 1961. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1130/0016-7606(1961)72[175:DOTEIS]2.0.CO;2

UTERMÖHL, H. ZUR VERVOLLKOMMNUNG DER QUANTITATIVEN PHYTOPLANKTON-METHODIK. STUTTGART: SCHWEIZERBART, 1958. (MITTEILUNGEN).

VIELLIARD, J. M. E. BIRD COMMUNITY AS AN INDICATOR OF BIODIVERSITY: RESULTS FROM QUANTITATIVE SURVEYS IN BRAZIL. ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, [S. L.], V. 72, N. 3, P. 323–330, 2000. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1590/S0001-37652000000300006

VIELLIARD, J. M. E. ET AL. LEVANTAMENTO QUANTITATIVO POR PONTOS DE ESCUTA E O ÍNDICE PONTUAL DE ABUNDÂNCIA. EM: MATTER, S. VON (ORG.). ORNITOLOGIA E CONSERVAÇÃO: CIÊNCIA APLICADA, TÉCNICAS DE PESQUISA E LEVANTAMENTO. 1A EDED. RIO DE JANEIRO: TECHNICAL BOOKS EDITORA, 2010.

VIRTANEN, L.; SOININEN, J. THE ROLES OF ENVIRONMENT AND SPACE IN SHAPING STREAM DIATOM COMMUNITIES. EUROPEAN JOURNAL OF PHYCOLOGY, [S. L.], V. 47, N. 2, P. 160–168, 2012. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1080/09670262.2012.682610

WANG, A.-J. ET AL. ASSESSMENT OF HEAVY METAL POLLUTION IN SURFICIAL SEDIMENTS FROM A TROPICAL RIVER-ESTUARY-SHELF SYSTEM: A CASE STUDY OF KELANTAN RIVER, MALAYSIA. MARINE

POLLUTION BULLETIN, [S. L.], V. 125, N. 1–2, P. 492–500, 2017. DISPONIVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.08.010

WELTGESUNDHEITSORGANISATION (ORG.). QUALITY CONTROL METHODS FOR MEDICINAL PLANT MATERIALS. GENEVA: WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1998.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. LIMNOLOGICAL ANALYSES. 3RD EDED. NEW YORK: SPRINGER, 2000.

XIA, P. ET AL. EVALUATION OF POTENTIAL ECOLOGICAL RISK, POSSIBLE SOURCES AND CONTROLLING FACTORS OF HEAVY METALS IN SURFACE SEDIMENT OF CAOHAI WETLAND, CHINA. THE SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, [S. L.], V. 740, P. 140231, 2020. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.SCITOTENV.2020.140231

XU, F. ET AL. ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONTAMINATION IN URBAN RIVER SEDIMENTS IN THE JIAOZHOU BAY CATCHMENT, QINGDAO, CHINA. CATENA, [S. L.], V. 150, 2017. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.CATENA.2016.11.004

YU, G. ET AL. INCONSISTENCY AND COMPREHENSIVENESS OF RISK ASSESSMENTS FOR HEAVY METALS IN URBAN SURFACE SEDIMENTS. CHEMOSPHERE, [S. L.], V. 85, P. 1080–1087, 2011. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2011.07.039

ZHANG, J.; LIU, C. L. RIVERINE COMPOSITION AND ESTUARINE GEOCHEMISTRY OF PARTICULATE METALS IN CHINA—WEATHERING FEATURES, ANTHROPOGENIC IMPACT AND CHEMICAL FLUXES. ESTUARINE, COASTAL AND SHELF SCIENCE, [S. L.], V. 54, N. 6, P. 1051–1070, 2002. DISPONÍVEL EM: HTTPS://DOI.ORG/10.1006/ECSS.2001.0879

4. ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22087**

CONTRATADO

2.Nome: CAROLINA TRINDADE PERRY		3.Registro no CRBio: 058286/03-D	
4.CPF: 956.287.890-20	5.E-mail: carolperrybio@gmail.com		6.Tel: (53)3236-3438
7.End.: PANAMBI 616		8.Compl.:	
9.Bairro: CASSINO	10.Cidade: RIO GRANDE	11.UF: RS	12.CEP: 96208-080

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT			
14.Registro Profissional: 058286		15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 964			
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE	
20.UF: RS	21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site: fle@fle.org.br / htpp://www.fle.org.br	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços;

24.Identificação : VEGETAÇÃO- ESTUDOS AMBIENTAIS NA REGIÃO DE CANDIOTA, RS. MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO ADJACENTE À USINA TERMOELÉTRICA DE CANDIOTA COM VISTAS A AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR ELEMENTOS TRAÇOS POR VIA ATMOSFÉRICAS E ORIUNDOS DA QUEIMA DO CARVÃO.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS E GEÓLOGOS
29.Área do Conhecimento: Botânica;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : COLETA DE AMOSTRAS DE PLANTAS E LIQUENS PARA ANÁLISE DE ELEMENTOS TRAÇOS ORIUNDOS DA QUEIMA DO CARVÃO. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS E ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS TÉCNICO CIENTÍFICO COM VISTA A AVALIAÇÃO DA NATUREZA E EXTENSÃO DO IMPACTO DA GERAÇÃO DE ENERGIA TERMOELÉTRICA SOBRE A VEGETAÇÃO ADJACENTE.

32.Valor: R$ 120.000,00	33.Total de horas: 1440	34.Início: OUT/2022	35.Término: SET/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 4/11/22
Assinatura do Profissional

Data:
Assinatura e Carimbo do Contratante
André Cezar Zingano
Presidente
Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: 4/11/22
Assinatura do Profissional

Data: / /
Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /
Assinatura do Profissional

Data: / /
Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS
NÚMERO DE CONTROLE: 6713.7027.7027.7027

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/21972**

CONTRATADO

2.Nome: CATARINA DA SILVA PEDROZO		3.Registro no CRBio: 009471/03-D	
4.CPF: 346.286.730-04	5.E-mail: catarina.pedrozo@ufrgs.br		6.Tel: (51)32451260
7.End.: RUA MANAJÓ, 70 CASA 14		8.Compl.:	
9.Bairro: VILA ASSUNÇÃO	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 91900-620

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT			
14.Registro Profissional:		15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 964			
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE	
20.UF: RS	21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site:	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços;

24.Identificação : PLÂNCTO - MONITORAMENTO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI - CANDIOTA - RS.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS, GEÓLOGOS, QUÍMICOS
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Zoologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : SERÃO REALIZADAS COLETAS TRIMESTRAIS DE ORGANISMOS DO PLÂNCTON NO PERÍODO DE 24 MESES, PARA A CARACTERIZAÇÃO DA FAUNA AQUÁTICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CANDIOTA - RS.

32.Valor: R$ 178.000,00	33.Total de horas: 1152	34.Início: NOV/2022	35.Término: OUT/2024

36. ASSINATURAS		37. LOGO DO CRBio
Declaro serem verdadeiras as informações acima		
Data:	Data:	
Assinatura do Profissional	Assinatura e Carimbo do Contratante André Cezar Zingano Presidente Fundação Luiz Englert	CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO		39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO	
Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.			
Data: / /	Assinatura do Profissional	Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 1344.1972.2286.2286

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Âmbar ENERGIA

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
ENTIDADE DE APOIO A UFRGS DESDE 1965

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22260**

CONTRATADO

2.Nome: DANIELA DE CARVALHO LEITE RIBEIRO		3.Registro no CRBio: 110208/03-D	
4.CPF: 000.150.170-44	5.E-mail: daniela.ribeiro@ufrgs.br		6.Tel: (51)8537-7588
7.End.: DEPUTADO HUGO MARDINI 1212		8.Compl.: 103A	
9.Bairro: PASSO DAS PEDRAS	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 91230-758

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT			
14.Registro Profissional:		15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364			
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE	
20.UF: RS	21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site:	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : PLANCTON-MONITORAMENTO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DA USINA TERMELÉTRICA DE CANDIOTA

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGA
29.Área do Conhecimento: Ecologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : SERÃO REALIZADAS COLETAS A CADA TRÊS MESES DURANTE O PERÍODO DE 24 MESES, DE AMOSTRAS DE FITOPLANCTON, PERIFITON E ZOOPLANCTON PARA A CARCTERIZAÇÃO DA FAUNA E FLORA AQUÁTICA NA ÁREA DE INFLUENCIA DA TERMELÉTRICA DE CANDIOTA, RELACIONANDO-O COM AS CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CANDIOTA.

32.Valor: R$ 144.000,00	33.Total de horas: 1152	34.Início: NOV/2022	35.Término: OUT/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 07/11/22	Data:
Assinatura do Profissional	Assinatura e Carimbo do Contratante
Daniela Ribeiro	André Cezar Zingano Presidente Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /	Assinatura do Profissional	
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 2590.2904.2904.3218

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Âmbar ENERGIA

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
ENTIDADE DE APOIO A UFRGS DESDE 1965

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
12224117

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO
Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO
Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: RS241891 **Profissional:** FÁBIO HERBERT JONES **E-mail:** fabioherbertjones@gmail.com
RNP: 2219036944 **Título:** Geólogo
Empresa: NENHUMA EMPRESA **Nr.Reg.:**

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT **E-mail:** fle@fle.org.br
Endereço: RUA MATIAS JOSÉ BINS 364 **Telefone:** (51) 32864333 **CPF/CNPJ:** 92971845000142
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro.:** TRÊS FIGUEIRAS **CEP:** 91330290 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: CGT ELETROSUL
Endereço da Obra/Serviço: Rua MIQUEL ARLINDO CÂMERA 3601 **CPF/CNPJ:**
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** VILA RESIDENCIAL **CEP:** 96495000 **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 3.136.254,00 **Honorários(R$):** 120.000,00
Data Início: 01/10/2022 **Prev.Fim:** 01/10/2024 **Ent.Classe:**

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Monitoramento Ambiental	Controle Ambiental - Água Subterrânea/Solo		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 04/11/2022

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima FABIO HERBERT JONES:00268638047 Assinado de forma digital por FÁBIO HERBERT JONES:00268638047 Dados: 2022.11.07 16:03:24 -03'00' FÁBIO HERBERT JONES	De acordo André Lezar Zingano FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22249**

CONTRATADO

2.Nome: FABIO SILVEIRA VILELLA		3.Registro no CRBio: 025827/03-D	
4.CPF: 670.285.350-53	5.E-mail: fabio@simbiota.com.br		6.Tel: (51)99968-6909
7.End.: EMILIANO DE MACEDO 1425		8.Compl.:	
9.Bairro: CIDADE ALTA	10.Cidade: VENÂNCIO AIRES	11.UF: RS	12.CEP: 95800-000

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT			
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42		
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364			
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE	
20.UF: RS	21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site: fle@fle.org.br / https://www.fle.org.br/	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços; Realização de consultorias/assessorias técnicas; Emissão de laudos e pareceres;

24.Identificação : MONITORAMENTO DA ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA E BIOINDICADORES AMBIENTAIS, AQUÁTICOS E TERRESTRES NA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMOELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI, CANDIOTA, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA			26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS, GEÓLOGOS, VETERINÁRIOS, ENGENHEIROS, QUÍMICOS		
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Zoologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente		

31.Descrição sumária : EXECUÇÃO DO MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA (COMPOSIÇÃO, RIQUEZA, DIVERSIDADE, EQUIDADE, IQA E AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE TECIDOS CORPORAIS POR ELEMENTOS TRAÇO E METAIS PESADOS) ATRASVÉS DA CAPTURA, TRANSPORTE E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS EM LABORATÓRIO PARA ENVIO DE TECIDOS PARA ANÁLISE LABORATORIAL DE CONTAMINANTES, ANÁLISE DE RESULTADOS E ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS ANALÍTICOS E DISCUSSÕES TÉCNICAS.

32.Valor: R$ 120.000,00	33.Total de horas: 960	34.Início: NOV/2022	35.Término: OUT/2024

36. ASSINATURAS | **37. LOGO DO CRBio**

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data:	Data:
Assinatura do Profissional	Assinatura e Carimbo do Contratante
SIMBIOTA CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA:08308717000107 Assinado de forma digital por SIMBIOTA CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA:08308717000107 Dados: 2022.11.07 18:03:12 -03'00'	André Cezar Zingano Presidente Fundação Luiz Englert

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO
Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /	Assinatura do Profissional	
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 7623.7937.7937.8250

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22154**

CONTRATADO

2.Nome: JAN KAREL FELIX MAHLER JUNIOR		3.Registro no CRBio: 009872/03-D	
4.CPF: 575.716.600-25	5.E-mail: janmahlerjr@gmail.com		6.Tel: (51)98317-4274
7.End.: FELIZARDO 1021		8.Compl.: 301	
9.Bairro: JARDIM BOTANICO	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 90690-200

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364		
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS / 21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site:	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : AVIFAUNA - LEVANTAMENTO E MONITORAMENTO AMBIENTAL NA SERRA DO SUDESTE E PAMPA.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Zoologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA USINA TERMOELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI À AVIFAUNA.

32.Valor: R$ 120.000,00	33.Total de horas: 900	34.Início: OUT/2022	35.Término: SET/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data:	Data:
Assinatura do Profissional	Assinatura e Carimbo do Contratante
	André Cezar Zingano Presidente Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: 01/10/22	Assinatura do Profissional	
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 4632.4632.4632.4632

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22021**

CONTRATADO

2.Nome: JORGE SEBASTIAO BERNARDO SILVA		3.Registro no CRBio: 045206/03-D	
4.CPF: 918.170.720-72	5.E-mail: bernardo.silvaj@gmail.com		6.Tel: (51)3276-3924
7.End.: AV. CEL. LUCAS DE OLIVEIRA 211/302		8.Compl.:	
9.Bairro: PETROPOLIS	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 90440-011

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364		
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS / 21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site: fle.fle.org.br / https://www.fle.org.br/	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : ESTUDO DE MONITORAMENTO DA HERPETOFAUNA PARA ESTAÇÃO USINA PRESIDENTE MÉDICI EM CANDIOTA E ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS, GEÓLOGOS E VETERINÁRIOS
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Zoologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : MONITORAMENTO DA FAUNA DE RÉPTEIS E ANFÍBIOS PARA A ESTAÇÃO USINA PRESIDENTE MÉDICI EM CANDIOTA E AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES DAS CHAMINÉS NAS POPULAÇÕES

32.Valor: R$ 120.000,00	33.Total de horas: 1000	34.Início: NOV/2022	35.Término: OUT/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 03/11/2022
Assinatura do Profissional

Data:
Assinatura e Carimbo do Contratante
André Cezar Zingano
Presidente
Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03
Conselho Regional de Biologia - 3ª Região

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /
Assinatura do Profissional

Data: / /
Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /
Assinatura do Profissional

Data: / /
Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 7348.7348.7348.7662

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
12224888

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO
Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO
Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: RS048595 **Profissional:** NELSON AUGUSTO FLORES MACHADO **E-mail:** nelson.machado@ufrgs.br
RNP: 2206545535 **Título:** Geólogo
Empresa: NENHUMA EMPRESA **Nr.Reg.:**

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT **E-mail:**
Endereço: MATIAS JOSE BINS 364 **Telefone:** 51-32864333 **CPF/CNPJ:** 92971845/0001-42
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro.:** TRES FIGUEIRAS **CEP:** 91330290 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Endereço da Obra/Serviço: MATIAS JOSE BINS 364 **CPF/CNPJ:**
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** TRES FIGUEIRAS **CEP:** 91330290 **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 3.136.254,00 **Honorários(R$):** 168.000,00
Data Início: 04/11/2022 **Prev.Fim:** 04/11/2024 **Ent.Classe:** APSG

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Monitoramento Ambiental	Controle Ambiental - Áreas de Risco		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 04/11/2022

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
POA 07/11/2022	NELSON AUGUSTO FLORES MACHADO	André Cezar Zingano Presidente Fundação Luiz Englert
	Profissional	FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22139**

CONTRATADO

2.Nome: PAULO LUIZ DE OLIVEIRA		3.Registro no CRBio: 017220/03-D	
4.CPF: 123.943.860-53	5.E-mail: ploliva@yahoo.com.br		6.Tel: (51)3261-2090
7.End.: RUA PEDRO DE OLIVEIRA FRANÇA, 240		8.Compl.:	
9.Bairro: BELEM VELHO	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 91787-291

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364		
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS / 21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site:	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Proposição de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços; Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : MONITORAMENTO DE BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS E TERRESTRES.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: DOIS BIÓLOGOS
29.Área do Conhecimento: Botânica; Ecologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : MONITORAR A COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DAS COMUNIDADES VEGETAIS CAMPESTRES, DETECTANDO POSSÍVEIS MODIFICAÇÕES RELACIONADAS À ATIVIDADE DO EMPREENDIMENTO E. DESTA FORMA, SUBSIDIAR AÇÕES DE PLANEJAMENTO, GESTÃO, CONTROLE, RECUPERAÇÃO, PRESERVAÇÃO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL.

32.Valor: R$ 144.000,00	33.Total de horas: 800	34.Início: OUT/2022	35.Término: SET/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 05/11/2022

Assinatura do Profissional

Data:

Assinatura e Carimbo do Contratante

André Cezar Zingano
Presidente
Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03
Conselho Regional de Biologia - 3ª Região

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / / Assinatura do Profissional

Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 7518.7518.7518.7832

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/21993**

CONTRATADO

2.Nome: ROGERIO BOTH		3.Registro no CRBio: 034219/03-D	
4.CPF: 373.759.460-00	5.E-mail: rogerboth@yahoo.com.br		6.Tel: (51)34757091
7.End.: RUA CONCÓRDIA, 98		8.Compl.:	
9.Bairro:	10.Cidade: CANOAS	11.UF: RS	12.CEP: 92120-000

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: AVENIDA OSVALDO ARANHA 99		
17.Compl.: 7 ANDAR	18.Bairro: BOM FIM	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS / 21.CEP: 90035-190	22.E-mail/Site:	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Proposição de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços; Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : MONITORAMENTO DE BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS E TERRESTRES

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: DOIS BIÓLOGOS
29.Área do Conhecimento: Botânica; Ecologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : MONITORAR A COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DAS COMUNIDADES VEGETAIS CAMPESTRES, DETECTANDO POSSÍVEIS MODIFICAÇÕES RELACIONADAS À ATIVIDADE DO EMPREENDIMENTO E, DESTA FORMA, SUBSIDIAR AÇÕES DE PLANEJAMENTO, GESTÃO, CONTROLE, RECUPERAÇÃO, PRESERVAÇÃO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL.

32.Valor: R$ 120.000,00	33.Total de horas: 600	34.Início: OUT/2022	35.Término: SET/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 03/11/2022

Assinatura do Profissional

gov.br Documento assinado digitalmente
ROGERIO BOTH
Data: 03/11/2022 14:37:46-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Data:

Assinatura e Carimbo do Contratante

André Cezar Zingano
Presidente
Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / / Assinatura do Profissional

Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 4730.5043.5043.5357

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2022/22064**

CONTRATADO

2.Nome: SUZANA MARIA FAGONDES DE FREITAS		3.Registro no CRBio: 028851/03-D	
4.CPF: 508.263.440-20	5.E-mail: suzana.freitas@ufrgs.br		6.Tel: (51)3337-9241
7.End.: ANITA GARIBALDI 1160		8.Compl.: 801	
9.Bairro: MONT SERRAT	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 90450-000

CONTRATANTE

13.Nome: FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 92.971.845/0001-42	
16.End.: RUA MATIAS JOSE BINS 364		
17.Compl.:	18.Bairro: TRES FIGUEIRAS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS / 21.CEP: 91330-290	22.E-mail/Site: fle@fle.org.br	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços;

24.Identificação : COORDENADORA/EXECUTORA DO SUBPROJETO MACROFAUNA BENTÔNICA NO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE BIOINDICADORES AMBIENTAIS, AQUÁTICOS E TERRESTRES, ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI, CANDIOTA, RIO GRANDE DO SUL.

25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA			26.UF: RS
27.Forma de participação: INDIVIDUAL		28.Perfil da equipe:	
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Zoologia;		30.Campo de Atuação: Meio Ambiente	

31.Descrição sumária : AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE BIOINDICADORES DA MACROFAUNA, COLETAS SAZONAIS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USINA PRESIDENTE MÉDICI, EM CANDIOTA.

32.Valor: R$ 144.000,00	33.Total de horas: 3360	34.Início: OUT/2022	35.Término: OUT/2024

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data:
Assinatura do Profissional

Data:
Assinatura e Carimbo do Contratante
André Cezar Zingano
Presidente
Fundação Luiz Englert

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /
Assinatura do Profissional

Data: / /
Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / / Assinatura do Profissional

Data: / / Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 6846.7159.7159.7159

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Âmbar ENERGIA

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
ENTIDADE DE APOIO A UFRGS DESDE 1965

Serviço Público Federal
Conselho Federal de Medicina Veterinária
Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado do Rio Grande do Sul
Anotação de Responsabilidade Técnica - Documento Privado

1 - Dados do profissional

Nome do profissional	*Número CRMV*	*Formação*	*email*
VERONICA SCHMIDT	RS-03544-VP	Veterinário	veronica.schmidt@ufrgs.br

2 - Dados do estabelecimento

Razao social			*CPF/CNPJ*
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT			92971845000142
Nome fantasia			*Insc. Est.*
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT			ISENTO
Celular	*Telefone*	*CRMV*	*email*
()	(51) 32864333	RS-51938-SJ	fle@fle.org.br

3 - Endereço da contratante

Endereço
RUA MATIAS JOSÉ BINS, 364 - TRÊS FIGUEIRAS - CIDADE: PORTO ALEGRE, UF: RS CEP: 91330290

4 - Local de atuação

Local de atuação
Rua Matias José Bins,, 364 - Vila Operária - CIDADE: Candiota, UF: RS CEP: 96495970

5- Informações da ART

Ramo de atividade principal
Pública/Municipal/OUTROS

Atvidade secundária
Pública/Municipal/OUTROS

Descrição dos serviços
Será dada continuidade à pesquisa de indicadores no monitoramento ambiental da região adjacente à termoelétrica de Candiota, determinando o impacto à atividade agropecuária através da avaliação da ocorrência de patologias podais e da cavidade oral de ovinos (bioindicadores).

Data de início	*Data de finalização*	*Carga horária semanal*	*Tipo de ART*
01/10/2023	30/09/2024	8 h/s	CONTRATO/SERVIÇO
Data do cadastro	***Número da ART***	***Data da homologação***	***Origem***
10/10/2023	900278	13/10/2023	WEB
Renovação	***Remuneração***	***Validação***	
Sim (Original= 840832)	R$ 6.000,00	DX75.EN.PNZZL.0EG	

Horários que estará no estabelecimento
[X] - Sábado (07:30 às 17:30)

Declaração de responsabilidade
Declaro qu... s, e estão de acordo com as normas que regem o exercício de responsab...

gov.br Documento assinado digitalmente
VERONICA SCHMIDT
Data: 16/10/2023 15:09:41-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

ANDRE CEZAR ZINGANO:43851495004
Assinado de forma digital por ANDRE CEZAR ZINGANO:43851495004
Dados: 2023.10.16 15:57:24 -03'00'

Ass. Profissional

Ass. Contratante