FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI CANDIOTA RIO GRANDE DO SUL.

MONITORAMENTO DE BIOINDICADORES AMBIENTAIS, AQUÁTICO E TERRESTRE, E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI, EM CANDIOTA, RIO GRANDE DO SUL.

1. Objeto do Estudo

O Programa de Monitoramento para o Ambiente Aquático, Terrestre e Águas Subterrâneas constitui-se pelo 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 novembro de 2020 a agosto de 2021.

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).

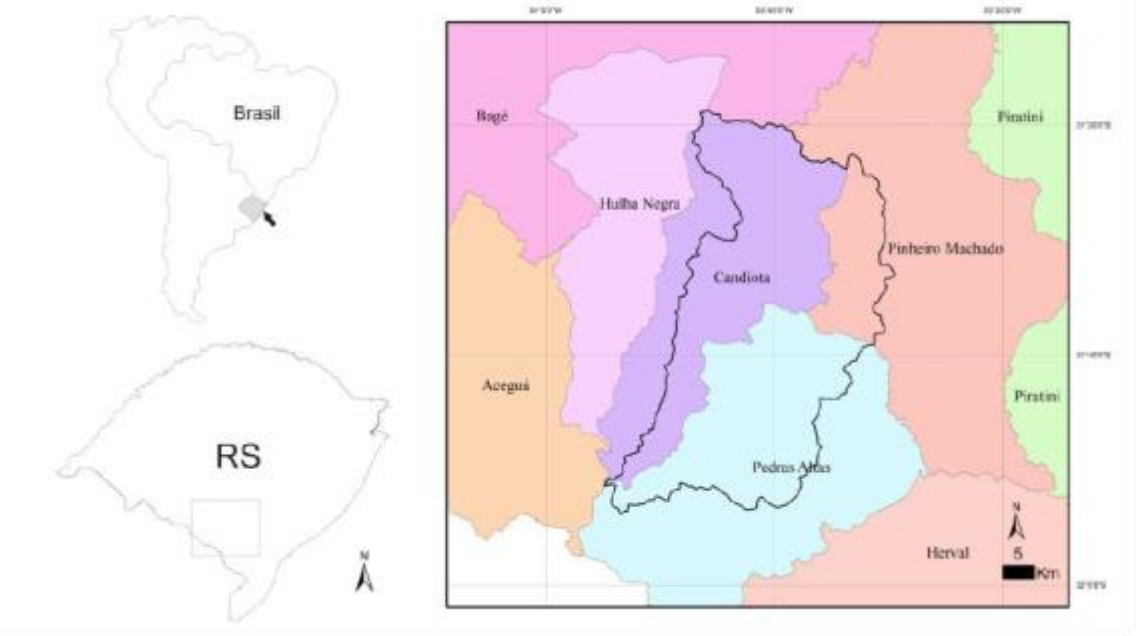
Para o ambiente terrestre, a rede de monitoramento, sempre que possível, é comum para os campartimentos: Fauna Local (Herpetofauna e Avifauna), Flora Local, Bioindicadores para a Qualidade do Ar e Solo com seu Estrato Vegetal para atividades pecuárias.

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 2020 e 2021, com intervalos de três meses.

2. 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. No Mapa 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.

Mapa 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

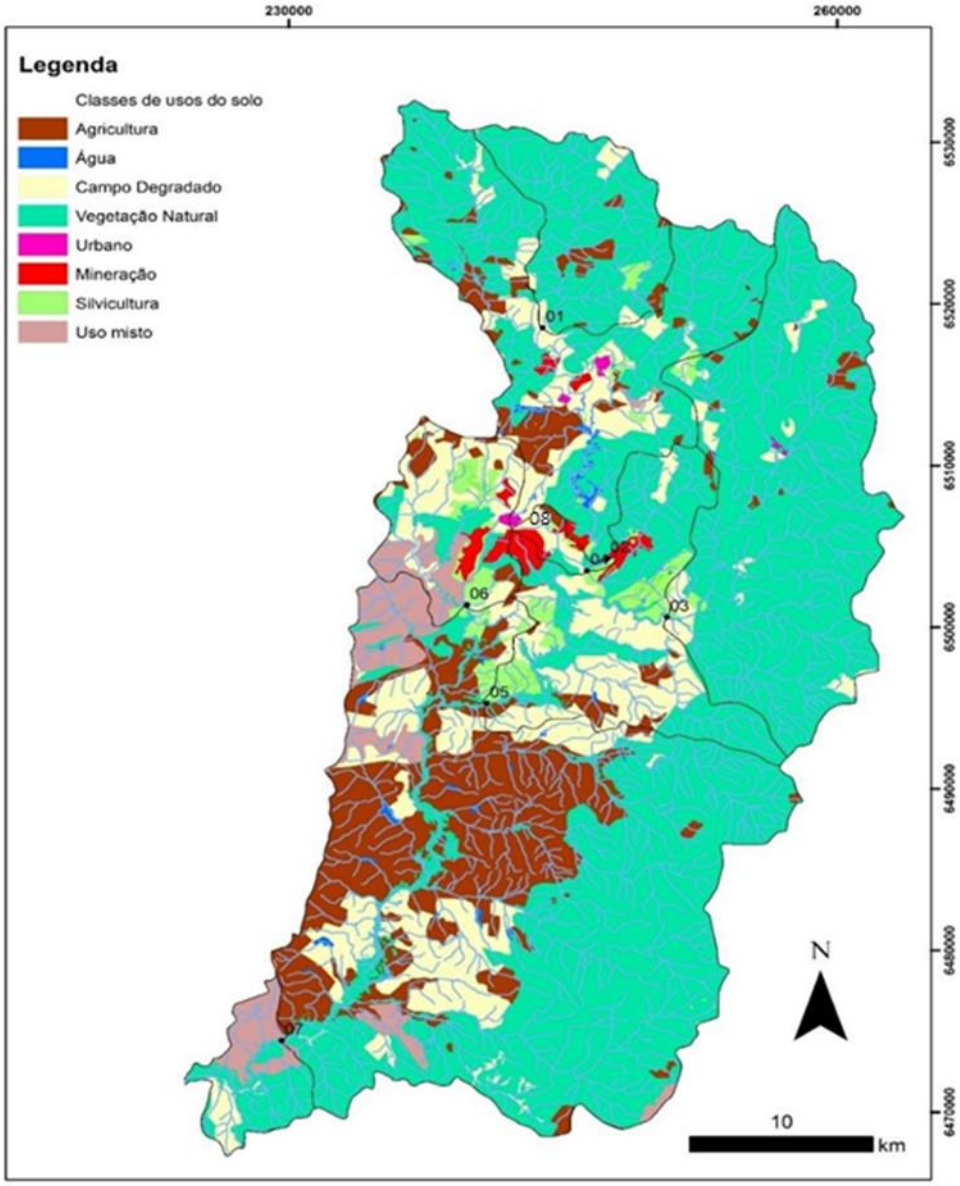
enquanto nos meses de fevereiro, junho e novembro há picos de chuva, havendo pouca variação espacial na pluviometria da região.

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).

3. Rede de Monitoramento Ambiental para o Ambiente Aquático

A localização das Estações Amostrais foi definida no PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL. A Figura 3.1 e o Quadro 3.1 apresentam os pontos de monitoramento do ambiente aquático.

Figura 3.1: 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.



No Quadro 3.1 abaixo, estão apresentadas as estações amostrais e sua respectiva localização geográfica.

Quadro 3.1: 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, 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

4. AMBIENTE AQUÁTICO

4.1 Água Superficial

Esse relatório final apresenta os resultados compilados relativos às coletas realizadas entre os meses de novembro de 2020 e agosto de 2021, bem como a interpretação destes no monitoramento da água superficial da área de influência direta da Usina Termelétrica de candiota.

As estações amostrais foram identificadas no Quadro 3.1, apresentado anteriormente.

A Tabela 4.1.1 apresenta as concentrações máximas e mínimas dos resultados analíticos, obtidas para cada parâmetro físico, químico, microbiológico.

Os resultados brutos de cada época amostral são apresentados nos relatórios parciais trimestrais.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.1.1: Valores máximos e mínimos registrados para as variáveis físicas e químicas realizadas nas amostras coletadas na bacia hidrográfica do Arroio Candiota no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Condutividade Elétrica (µS.cm^{-1})	72	72	110	147,2	166	1199	527	504
	46,4	62,6	66,2	71,4	110,1	590,1	162,8	427,0
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	724	187	488	179	687	228	222	980
	285	18	120	10	155	< 1	130	20,1
Cor Aparente (U.C)	70	75	> 90	70	80	50	> 90	40
	30	30	30	40	40	10	30	20
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O_2.L^{-1})	< 2	2,61	3,01	2,21	4	< 2	2	8,34
	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	0,0015	0,0059	0,0017	< 0,001	< 0,001	0,003	< 0,001	< 0,001
	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,029	0,089	0,062	0,099	0,1104	0,1023	0,0704	0,706
	0,012	0,025	0,026	0,03	0,03	0,009	0,037	0,358
Nitrogênio Amoniacal (mg NH3-N.L^{-1})	0,6	3,69	1,64	1,61	1,07	5,4	0,7	2,81
	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	0,43	< 0,30	< 0,30
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,33	1,37	0,23	0,549	0,37	0,64	0,95	1,12
	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,25	< 0,5	0,43	< 0,5	0,26
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	1,176	0,67	3,163	0,661	1,302	0,129	0,9	0,5
	0,127	0,104	0,053	0,138	0,064	0,059	0,122	0,114
Arsênio Total (mg As.L-1)	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,005
	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	< 0,006	< 0,006	0,112	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,003	< 0,006	< 0,006
	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,566	1,083	1,016	0,82	0,668	0,402	0,563	0,192
	0,254	0,118	0,348	0,187	0,212	< 0,006	0,18	< 0,006
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,4064	0,232	0,109	0,102	0,324	1,119	0,074	0,243
	0,072	0,0296	0,031	0,026	0,102	0,472	0,0455	0,065
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,0005	0,0003	< 0,0002
	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	< 0,001	< 0,001	0,002	0,001	0,003	0,024	0,003	0,00785
	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,017	< 0,001	< 0,001
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,042	0,034	0,033	0,037	0,062	0,063	0,044	0,101
	< 0,006	0,006	< 0,006	0,015	0,0128	0,015	< 0,006	0,088
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	9,16	12,5	9,04	10,2	106	10,2	10,7	8,8
	6,26	5,33	6,46	7,18	4,92	6,46	5,44	5,33
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
pH	8,6	8,5	9,3	8,9	9,3	10	8,18	8,2
	7,4	7,3	7,5	7,1	4,6	5,7	6,5	7,3
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	74	124	176	158	268	970	226	322
	42	78	82	58	112	400	138	260
Sulfetos (mg.L^{-1})	0,0013	< 0,001	0,0011	0,0012	< 0,001	0,0561	< 0,001	0,0031
	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	< 0,2	0,23	0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,3	< 0,2
	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Temperatura (°C)	22	27	25	31	29	25	22	29
	12	15	15	18	16	15	15	19
Turbidez (NUT)	29,1	18,4	31,1	18,8	28,9	18,6	27,9	25,2
	5,8	7,6	5,1	7	8,9	6,32	8,8	9,53

Obs.: as concentrações máximas estão na primeira linha e as mínimas na segunda linha.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Todos os resultados foram comparados com os Padrões de Qualidade para Águas Superficiais estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 de 2005 (Tabela 4.1.2).

Tabela 4.1.2: Variação da Qualidade das águas nas estações de amostragem na bacia hidrográfica do Arroio Candiota, baseado na resolução do COMANA, no. 357/2005, no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	2	1	2	1	2	2	2	2
	2	1	1	1	1	1	1	1
Cor Aparente (U.C)	1	1	4	1	4	1	4	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	3
	1	1	1	1	1	1	1	1
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	1	3	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	2	4	3	4	4	4	2	4
	1	1	2	2	2	1	2	4
Nitrogênio Amoniacal (mg $NH_3.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	3	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	4	4	4	4	4	3	4	4
	3	1	1	3	1	1	1	1
Arsênio Total (mg As.L-1)	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	1	1	4	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	3	3	3	3	3	3	3	1
	1	1	3	1	1	1	1	1
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	3	3	1	1	3	4	1	3
	1	1	1	1	1	3	1	1
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	3	1	1	1	1	3	3	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
Oxigênio Dissolvido (mg $O_2.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	2	1	1	3	1	2	2
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
pH	1	1	1	1	4	4	1	1
	1	1	1	1	4	4	1	1
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	1	1	1	1	1	4	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
Sulfetos (mg.L^{-1})	1	1	1	1	1	2	1	2
	1	1	1	1	1	1	1	1
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
Turbidez (NTU)	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1
Legenda: classes de qualidade segundo o CONAMA 357								
Classe 1								
Classe 2								
Classe 3								
Classe 4								

Obs.: a pior classificação está na primeira linha e a melhor na segunda linha, exceto para o oxigênio dissolvido.

No período de novembro de 2020 a agosto de 2021, do ponto de vista da classificação das águas, utilizando-se a resolução no. 357/2005 do CONAMA, foi possível observar uma melhora na qualidade de água do sistema, principalmente no que se refere aos valores para coliformes termotolerantes, Níquel, Zinco, turbidez e Surfactantes quando comparamos estes resultados com aqueles do período de monitoramento anterior. Já o fósforo total classificou as estações P2, P4, P5, P6 e P8 como de classe 4.

Também o teor de fenóis, como pode ser visto na Tabela 4.1.2 acima, na sua situação mais crítica (ou seja, valor máximo encontrado) classificou somente a estação P2 como de classe 3, sendo as demais com uma melhor qualidade (Classe 1).

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.

Quanto à DBO_5, apenas P8, apresentou valor crítico de classe 3, em agosto de 2021.

Apenas a estação amostral P6 mostrou classe 3 para o Nitrogênio Amoniacal em maio de 2021. Todas as demais estações foram classificadas como de classe 1.

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).

No sistema, observa-se a ocorrência frequente desse metal, tendo classificado todo o sistema como de classe 4, nas suas condições mais críticas, exceto P6 (classe 3).

Além desses, também Ferro Dissolvido e o Manganês total foram novamente importantes, classificando os ambientes como de classe 3 ou 4 (novamente o P6). 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.

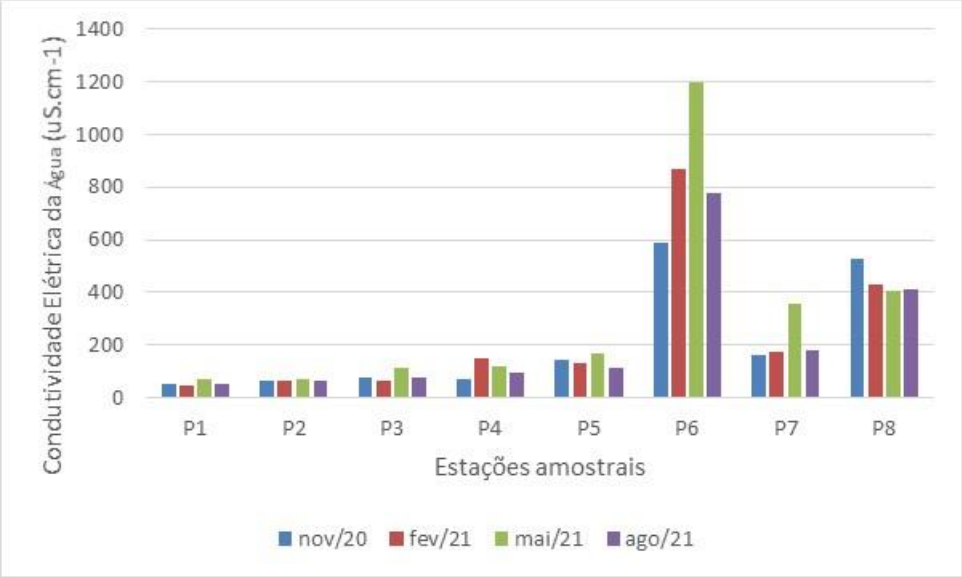
Já Mercúrio foi detectado nas estações P1, P6 e P7 (classe 3). Nos demais locais amostrados, não foi detectado.

Segundo AZEVEDO (2003), uma parcela do mercúrio encontrado na água é de origem natural, embora possa parcialmente ser de origem atmosférica e ter sido gerado, também por atividades antropogênicas. Portanto, é difícil avaliar, quantitativamente, as contribuições relativas á atividade antropogênica e à natural em relação aos mercuriais que sofrem lixiviação do solo para a água.

Nesse período, óleos e graxas classificaram todas as estações amostrais como de qualidade 1 não tendo sido detectado no sistema. Os limites de detecção do método foram modificados conforme sugestão do sistema metrológico.

As Figuras a seguir apresentadas (de 4.1.1 a 4.1.6) mostram aqueles parâmetros importantes para a compreensão das características marcantes do sistema hídrico estudado e que diferenciam as estações amostrais.

Figura 4.1.1: Variação da condutividade elétrica da água no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

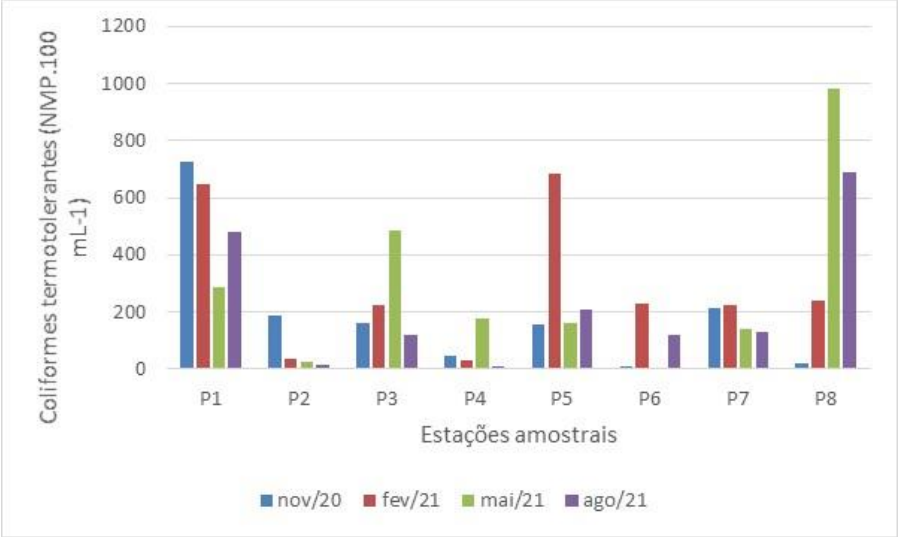


Nesse período, a condutividade elétrica da água foi maior em todas as amostragens na estação P6, como já observado nos períodos de monitoramento anteriores. Já na estação P8, que representa o efluente final líquido na usina no sistema, os valores também foram elevados, porém não influenciaram as estações amostrais em sequência no corpo hídrico, uma vez que P4, P5 e P7 mostraram menores valores.

Com relação aos coliformes termotolerantes (Figura 4.1.2), no mês de maio ocorreu o maior índice, principalmente em P8, depois seguido pelos pontos P1 e P5 (em novembro e em fevereiro, respectivamente). Neste quesito, observa-se na

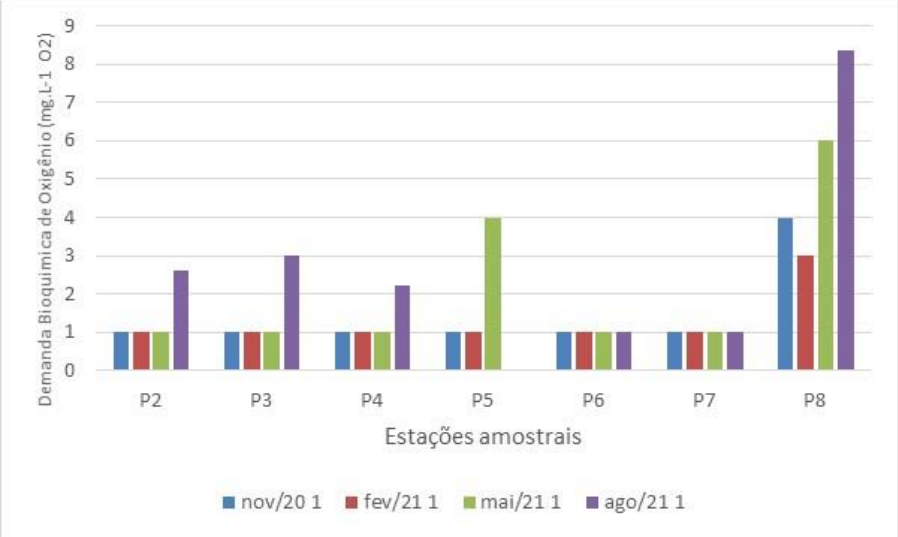
estação amostral P8, mesmo com valores relativamente maiores, não ultrapassou a classificação de classe 2.

Figura 4.1.2: Variação de coliformes termotolerantes na água no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.



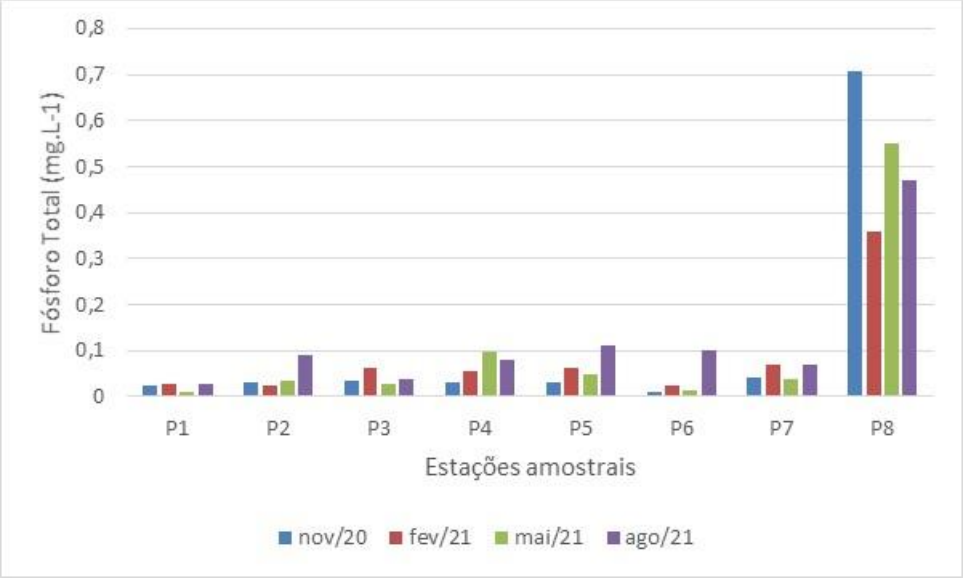
Para a demanda bioquímica de oxigênio (Figura 4.2.3 abaixo), agosto de 2021 foi o período em que se observa o maior valor em todo o sistema, seguido de maio de 2021 nas estações P8 e P5. Os valores registrados na estação P8 estão relacionados á natureza deste local, que recebe o efluente final líquido da usina termelétrica.

Figura 4.1.3: Variação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) na água no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.



Quanto ao fósforo total, ressalta-se o resultado elevado em todas as épocas na estação P8, que, como ressaltado anteriormente, recebe o efluente final líquido da usina. Nesta, novembro de 2020 também mostrou o mais alto valor (Figura 4.1.4).

Figura 4.1.4: Variação de Fósforo Total na água no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.



Outros parâmetros que sempre apresentam forte variação no sistema são o alumínio e o ferro dissolvido. Nas Figuras 4.1.5 o alumínio é observado principalmente entre as estações P3, P5 e P1 em fevereiro de 2021, e com um valor bem acima em P3. Já o ferro dissolvido (Figura 4.1.6), aparece em todo o sistema, com exceção nas estações P6 e P8 em fevereiro de 2021.

Figura 4.1.5: Variação do Alumínio na água no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

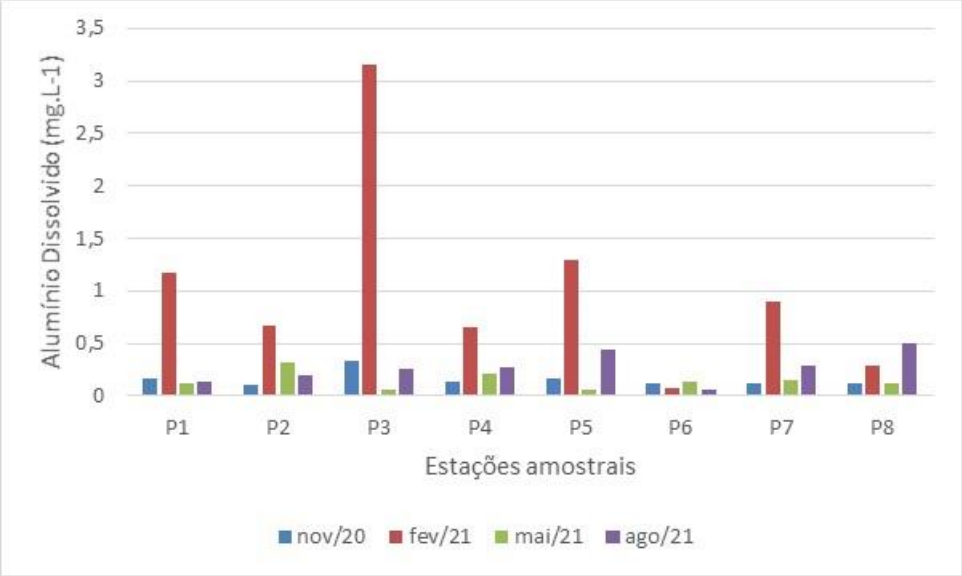
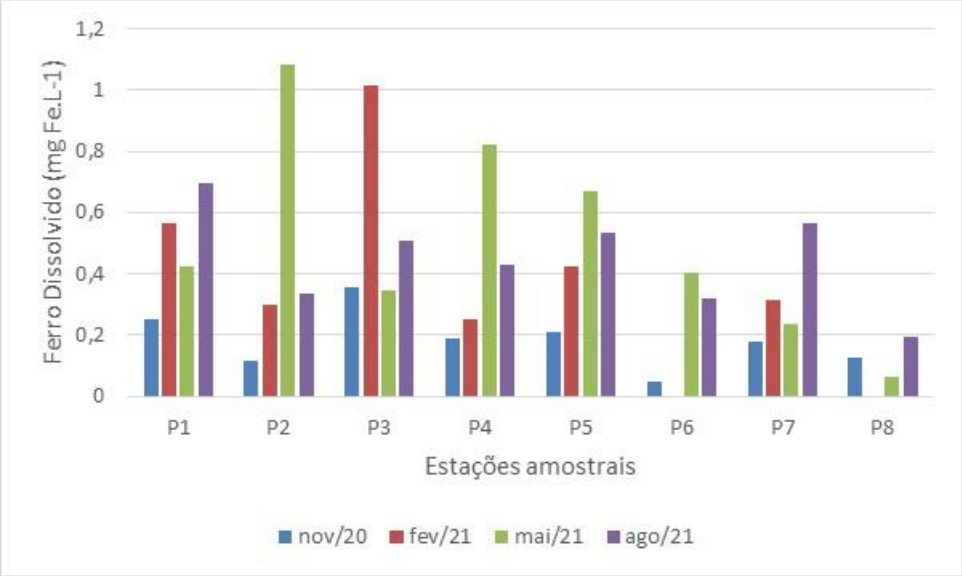


Figura 4.1.6: Variação do Ferro dissolvido na água no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.



Índices de Qualidade das Águas - IQA

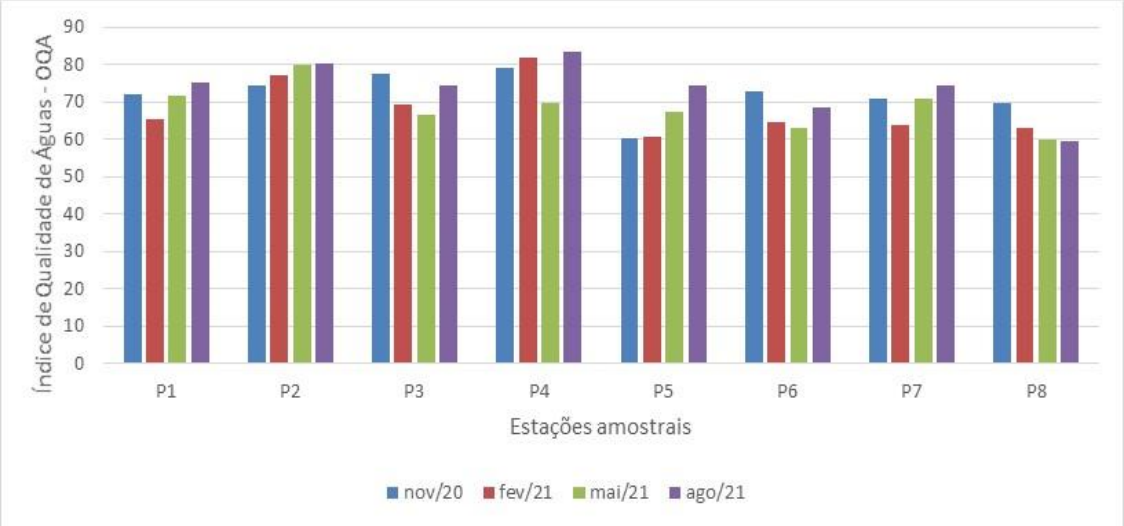
Para o cálculo do IQA, foi utilizado o método desenvolvido pela NSF (National Sanitation Foundation), modificado pelo COMITÊSINOS em 1990 para ser utilizado na Região Sul, que incorpora 8 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento (pH, saturação de oxigênio, Demanda bioquímica de oxigênio, Sólitos 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 4.1.7 abaixo. Nota-se que as estações P5 e P8 foram as que mostraram os valores mais baixos, embora ainda com classificação de boa qualidade.

Figura 4.1.7: Valores registrados do IQA (Índice de Qualidade de Água) para o período de novembro de 2020 a agosto de 2021 no sistema.



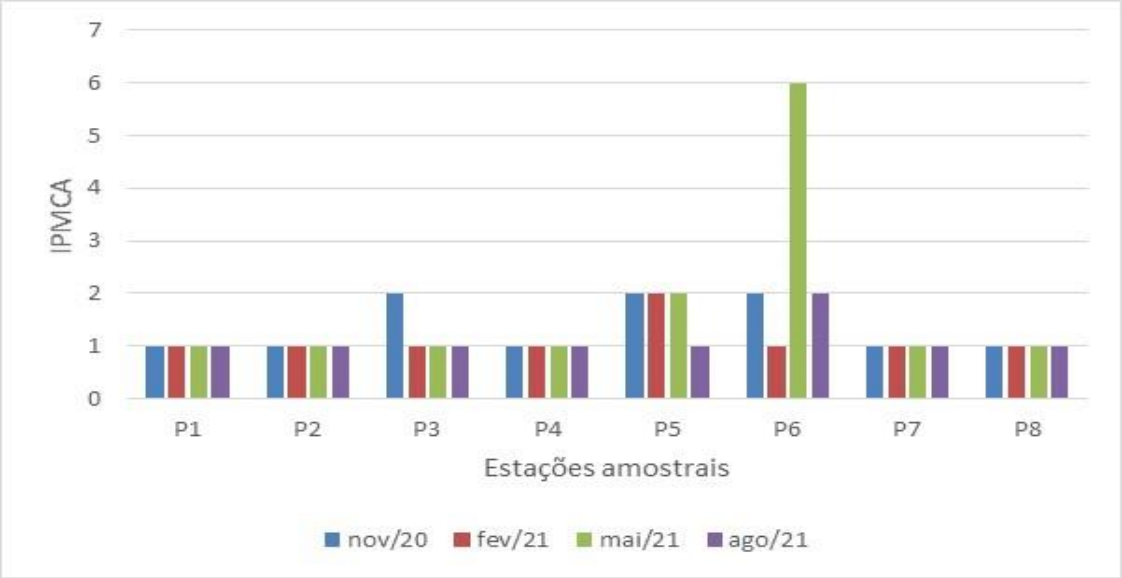
IPMCA

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 4.1.8 foram compilados dos quatro trimestres avaliados.

Figura 4.1.8: Valores registrados do IPMCA (Índice de Parâmetros Mínimos para a Proteção das comunidades aquáticas) para o período de novembro de 2020 a agosto de 2021 no sistema.



Note-se somente a estação P6 classificada como de péssima qualidade em maio de 2021, principalmente devido aos resultados de toxicidade crônica para peixes.

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.

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:

Variáveis analisadas - PRIMAVERA 2020	**P1**
Alumínio Dissolvido (mg Al.L^{-1})	0,17
Arsênio Total (mg As.L-1)	0,00
Cádmio Total (mg Cd.L^{-1})	0,00
Chumbo Total (mg Pb.L^{-1})	0,00
Cobre Dissolvido (mg Cu.L^{-1})	0,01
Condutividade (uS.cm-1)	53,90
Cor Aparente (U.C)	70,00
Cromo Total (mg Cr.L^{-1})	0,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O_2.L^{-1})	2,00
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL^{-1})	724,00
Ferro Dissolvido (mg Fe.L^{-1})	0,25
Fósforo Total (mg P.L^{-1})	0,03
Manganês Total (mg Mn.L^{-1})	0,10
Mercúrio Total (mg Hg.L^{-1})	0,00
Níquel Total (mg Ni.L^{-1})	0,00
Nitrato (mg N-NO3.L^{-1})	0,33
Nitrogênio Amoniacal (mg NH_3.L^{-1})	0,60
Óleos e Graxas (mg OG.L^{-1})	10,00
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L^{-1})	42,00
Turbidez (NTU)	29,10
Zinco Total (mg Zn.L^{-1})	0,02
Fenóis totais (mg Fenóis.L^{-1})	0,00
Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1})	8,20
pH	7,40
Sulfetos (mg.L^{-1})	0,00
Surfactantes (mg MBAS.L^{-1})	0,20
Temperatura da Amostra ^oC)	22,00
	∑
	ARTR-P1-AU

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 coliformesTermtoler = ColiformesTermotoler da estação 1 / ColiformesTermotolerantes da estação de referência (neste caso é a própria estação 1)
Então fica:

RTR = 724,00/724,00 = 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.

Nas tabelas abaixo apresentadas, os sufixos AU, AV, AX e AZ, representam respectivamente a primavera, verão, outono e 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). Por exemplo, o que diferencia a estação P2 da estação de referência é a condutividade elétrica da água, fósforo total, sólidos dissolvidos totais e a temperatura que nesta foram maiores. Porém, tendo a P1 apresentado o maior valor para coliformes termotolerantes na primavera, o ARTR desta foi maior do que o valor calculado para P2 e P4.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.1.3: Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados na primavera (novembro de 2020).

Variáveis Analisadas	1AU	RTR 1AU	2AU	RTR-2AU	3AU	RTR-3AU	4AU	RTR-4AU	5AU	RTR-5AU	6AU	RTR-6AU	7AU	RTR-7AU	8AU	RTR-8AU
Alumínio Dissolvido (mg Al.L-1)	0,17	1,00	0,10	0,62	0,34	2,01	0,14	0,83	0,17	1,01	0,12	0,72	0,12	0,73	0,12	0,69
Arsênio Total (mg As.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Cádmio Total (mg Cd.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Chumbo Total (mg Pb.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Cobre Dissolvido (mg Cu.L-1)	0,01	1,00	0,01	1,00	0,11	18,67	0,01	1,00	0,02	3,17	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00
Condutividade uS/cm à 25°C	53,90	1,00	62,60	1,16	76,00	1,41	71,40	1,32	144,60	2,68	590,10	10,95	162,80	3,02	527,30	9,78
Cor Aparente U.C	70,00	1,00	30,00	0,43	40,00	0,57	40,00	0,57	40,00	0,57	10,00	0,14	40,00	0,57	20,00	0,29
Cromo Total (mg Cr.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O2.	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	4,00	2,00
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL-1)	727,00	1,00	187,00	0,26	160,00	0,22	46,20	0,06	155,00	0,21	8,50	0,01	214,00	0,29	20,10	0,03
Ferro Dissolvido (mg Fe.L-1)	0,25	1,00	0,12	0,46	0,35	1,39	0,19	0,74	0,21	0,83	0,05	0,18	0,18	0,71	0,13	0,49
Fósforo Total (mg P.L-1)	0,03	1,00	0,03	1,28	0,04	1,44	0,03	1,20	0,03	1,20	0,01	0,36	0,04	1,72	0,71	28,24
Manganês Total (mg Mn.L-1)	0,10	1,00	0,07	0,66	0,03	0,30	0,03	0,25	0,10	0,99	1,12	10,86	0,06	0,58	0,24	2,36
Mercúrio Total (mg Hg.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Níquel Total (mg Ni.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,02	24,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Nitrato (mg N-NO3.L-1)	0,33	1,00	0,28	0,85	0,21	0,64	0,25	0,76	0,21	0,64	0,43	1,30	0,33	1,00	0,26	0,79
Nitrogênio Amoniacal (mg NH3.L-1)	0,60	1,00	0,30	0,50	0,30	0,50	0,30	0,50	1,07	1,78	0,43	0,72	0,70	1,17	1,14	1,90
Óleos e Graxas (mg OG.L-1)	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L-1)	42,00	1,00	80,00	1,90	104,00	2,48	58,00	1,38	112,00	2,67	400,00	9,52	192,00	4,57	306,00	7,29
Turbidez (ntu)	29,10	1,00	15,00	0,52	14,00	0,48	12,90	0,44	11,90	0,41	10,50	0,36	16,80	0,58	16,60	0,57
Zinco Total (mg Zn.L-1)	0,02	1,00	0,03	1,65	0,02	1,15	0,03	1,55	0,03	1,70	0,05	2,35	0,02	1,20	0,10	5,05
Fenóis totais (mg Fenóis.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Oxigênio Dissolvido (mg O2.L-1)	8,20	1,00	8,20	1,00	7,90	0,96	8,79	1,07	7,90	0,96	8,69	1,06	6,81	0,83	8,79	1,07
pH à 25ºC - Bancada	7,40	1,00	7,60	1,03	7,50	1,01	7,10	0,96	4,60	0,62	5,70	0,77	6,70	0,91	7,30	0,99
Sulfetos (mg.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Surfactantes (mg MBAS.L-1)	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00
Temperatura da Amostra	22,00	1,00	26,00	1,18	24,00	1,09	22,00	1,00	24,00	1,09	23,00	1,05	20,00	0,91	23,00	1,05
	∑	27,00	∑	25,50	∑	45,33	∑	24,64	∑	31,54	∑	75,36	∑	30,79	∑	73,57
	ARTR 1AU	**1,00**	**ARTR 2AU**	**0,94**	**ARTR 3AU**	**1,68**	**ARTR-4AU**	**0,91**	**ARTR-5AU**	**1,17**	**ARTR-6AU**	**2,79**	**ARTR-7AU**	**1,14**	**ARTR-8AU**	**2,72**

Tabela 4.1.4: Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no verão (fevereiro de 2021).

Variáveis Analisadas	1AV	RTR-1AV	2AV	RTR-2AV	3AV	RTR-3AV	4AV	RTR-4AV	5AV	RTR-5AV	6AV	RTR-6AV	7AV	RTR-7AV	8AV	RTR-8AV
Alumínio Dissolvido (mg Al.L-1)	1,18	1,00	0,67	0,57	3,16	2,69	0,66	0,56	1,30	1,11	0,08	0,07	0,90	0,77	0,28	0,24
Arsênio Total (mg As.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Cádmio Total (mg Cd.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Chumbo Total (mg Pb.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Cobre Dissolvido (mg Cu.L-1)	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00
Condutividade uS/cm à 25°C	46,40	1,00	63,30	1,36	66,20	1,43	147,20	3,17	131,20	2,83	869,80	18,75	173,10	3,73	427,60	9,22
Cor Aparente U.C	60,00	1,00	40,00	0,67	90,00	1,50	40,00	0,67	80,00	1,33	50,00	0,83	90,00	1,50	40,00	0,67
Cromo Total (mg Cr.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O2.L-1)	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	3,00	1,50
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL-1)	649,00	1,00	36,40	0,06	222,00	0,34	28,80	0,04	687,00	1,06	228,00	0,35	222,00	0,34	238,00	0,37
Ferro Dissolvido (mg Fe.L-1)	0,57	1,00	0,30	0,53	1,02	1,80	0,25	0,45	0,42	0,75	0,01	0,01	0,31	0,55	0,01	0,01
Fósforo Total (mg P.L-1)	0,03	1,00	0,03	0,86	0,06	2,14	0,06	1,90	0,06	2,10	0,02	0,83	0,07	2,38	0,36	12,34
Manganês Total (mg Mn.L-1)	0,07	1,00	0,23	3,22	0,11	1,51	0,10	1,42	0,14	1,94	0,61	8,42	0,07	1,03	0,15	2,13
Mercúrio Total (mg Hg.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Níquel Total (mg Ni.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	3,00	0,02	22,00	0,00	3,00	0,00	1,00
Nitrato (mg N-NO3.L-1)	0,24	1,00	1,37	5,71	0,23	0,96	0,33	1,38	0,23	0,96	0,59	2,46	0,30	1,25	0,44	1,83
Nitrogênio Amoniacal (mg NH3.L-1)	0,30	1,00	3,69	12,30	1,64	5,47	0,30	1,00	0,30	1,00	0,60	2,00	0,30	1,00	1,47	4,90
Óleos e Graxas (mg OG.L-1)	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L-1)	88,00	1,00	78,00	0,89	176,00	2,00	158,00	1,80	268,00	3,05	694,00	7,89	174,00	1,98	322,00	3,66
Turbidez (ntu)	16,10	1,00	7,60	0,47	31,10	1,93	7,00	0,43	28,90	1,80	18,60	1,16	27,90	1,73	25,20	1,57
Zinco Total (mg Zn.L-1)	0,04	1,00	0,03	0,81	0,03	0,79	0,04	0,88	0,06	1,48	0,06	1,50	0,04	1,05	0,09	2,10
Fenóis totais (mg Fenóis.L-1)	0,00	1,00	0,01	3,93	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67
Oxigênio Dissolvido (mg O2.L-1)	6,26	1,00	5,33	0,85	6,46	1,03	7,18	1,15	4,92	0,79	6,46	1,03	5,44	0,87	5,33	0,85
pH à 25ºC - Bancada	8,40	1,00	7,30	0,87	8,20	0,98	8,20	0,98	6,30	0,75	7,40	0,88	6,50	0,77	8,20	0,98
Sulfetos (mg.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Surfactantes (mg MBAS.L-1)	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00
Temperatura da Amostra	22,00	1,00	27,00	1,23	25,00	1,14	31,00	1,41	29,00	1,32	25,00	1,14	22,00	1,00	29,00	1,32
	∑	27,00	∑	45,33	∑	38,36	∑	28,89	∑	35,92	∑	79,97	∑	33,61	∑	54,33
	ARTR 1AV	**1,00**	**ARTR-2AV**	**1,68**	**ARTR-3AV**	**1,42**	**ARTR-4AV**	**1,07**	**ARTR-5AV**	**1,33**	**ARTR-6AV**	**2,96**	**ARTR-7AV**	**1,24**	**ARTR-8AV**	**2,01**

Já na amostragem do verão de 2021, por exemplo, para a estação P2, a condutividade, manganês total, Nitrato, Nitrogênio amoniacal e fenóis totais diferenciaram-na da estação de referência. Nesta coleta, P2 obteve um ARTR de 1,68.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.1.5: Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no outono (maio de 2021).

Variáveis Analisadas	1AX	RTR-1AX	2AX	RTR-2AX	3AX	RTR-3AX	4AX	RTR-4AX	5AX	RTR-5AX	6AX	RTR-6AX	7AX	RTR-7AX	8AX	RTR-8AX
Alumínio Dissolvido (mg Al.L-1)	0,13	1,00	0,32	2,54	0,05	0,42	0,21	1,65	0,06	0,50	0,13	1,02	0,16	1,25	0,11	0,90
Arsênio Total (mg As.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Cádmio Total (mg Cd.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Chumbo Total (mg Pb.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Cobre Dissolvido (mg Cu.L-1)	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00
Condutividade uS/cm à 25°C	72,00	1,00	72,00	1,00	110,00	1,53	119,00	1,65	166,00	2,31	1199,00	16,65	355,00	4,93	404,00	5,61
Cor Aparente U.C	30,00	1,00	60,00	2,00	30,00	1,00	60,00	2,00	60,00	2,00	10,00	0,33	30,00	1,00	30,00	1,00
Cromo Total (mg Cr.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O2.L-1)	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	4,00	2,00	2,00	1,00	2,00	1,00	6,00	3,00
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL-1)	285,00	1,00	27,50	0,10	488,00	1,71	179,00	0,63	160,00	0,56	1,00	0,00	142,00	0,50	980,00	3,44
Ferro Dissolvido (mg Fe.L-1)	0,42	1,00	1,08	2,56	0,35	0,82	0,82	1,94	0,67	1,58	0,40	0,95	0,24	0,56	0,06	0,15
Fósforo Total (mg P.L-1)	0,01	1,00	0,03	2,83	0,03	2,17	0,10	8,25	0,05	4,17	0,01	1,08	0,04	3,08	0,55	45,83
Manganês Total (mg Mn.L-1)	0,08	1,00	0,06	0,75	0,03	0,41	0,07	0,97	0,13	1,75	0,47	6,29	0,05	0,69	0,07	0,87
Mercúrio Total (mg Hg.L-1)	0,00	1,00	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00	1,67	0,00	1,00	0,00	0,67
Níquel Total (mg Ni.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,01	10,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Nitrato (mg N-NO3.L-1)	0,24	1,00	0,24	1,00	0,18	0,75	0,36	1,50	0,37	1,54	0,64	2,67	0,95	3,96	0,99	4,13
Nitrogênio Amoniacal (mg NH3.L-1)	0,30	1,00	3,69	12,30	1,64	5,47	0,30	1,00	0,30	1,00	0,60	2,00	0,30	1,00	1,47	4,90
Óleos e Graxas (mg OG.L-1)	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L-1)	56,00	1,00	124,00	2,21	82,00	1,46	102,00	1,82	136,00	2,43	970,00	17,32	226,00	4,04	270,00	4,82
Turbidez (ntu)	5,80	1,00	15,50	2,67	5,10	0,88	13,20	2,28	8,90	1,53	15,30	2,64	8,80	1,52	24,00	4,14
Zinco Total (mg Zn.L-1)	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,02	2,50	0,02	2,67	0,02	2,50	0,01	1,00	0,09	15,50
Fenóis totais (mg Fenóis.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,70	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	3,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Oxigênio Dissolvido (mg O2.L-1)	9,16	1,00	8,94	0,98	9,04	0,99	8,26	0,90	10,60	1,16	9,24	1,01	7,67	0,84	6,98	0,76
pH à 25ºC - Bancada	8,60	1,00	8,50	0,99	9,30	1,08	8,90	1,03	9,30	1,08	10,00	1,16	8,00	0,93	7,50	0,87
Sulfetos (mg.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Surfactantes (mg MBAS.L-1)	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00
Temperatura da Amostra	12,00	1,00	15,00	1,25	15,00	1,25	18,00	1,50	16,00	1,33	15,00	1,25	15,00	1,25	23,00	1,92
	∑	27,00	∑	45,84	∑	33,31	∑	41,30	∑	38,27	∑	80,55	∑	38,54	∑	108,50
	ARTR-1AX	**1,00**	**ARTR-2AX**	**1,70**	**ARTR-3AX**	**1,23**	**ARTR-4AX**	**1,53**	**ARTR-5AX**	**1,42**	**ARTR-6AX**	**2,98**	**ARTR-7AX**	**1,43**	**ARTR-8AX**	**4,02**

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.1.6: Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados no inverno (agosto de 2021).

Variáveis Analisadas	1AZ	RTR-1AZ	2AZ	RTR-2AZ	3AZ	RTR-3AZ	4AZ	RTR-4AZ	5AZ	RTR-5AZ	6AZ	RTR-6AZ	7AZ	RTR-7AZ	8AZ	RTR-8AZ
Alumínio Dissolvido (mg Al.L-1)	0,13	1,00	0,19	1,46	0,26	2,00	0,27	2,08	0,44	3,38	0,06	0,45	0,29	2,23	0,50	3,85
Arsênio Total (mg As.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,01	2,08	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Cádmio Total (mg Cd.L-1)	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00
Chumbo Total (mg Pb.L-1)	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,08	0,01	1,00	0,01	1,00	0,02	2,55
Cobre Dissolvido (mg Cu.L-1)	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00
Condutividade uS/cm à 25°C	52,10	1,00	65,50	1,26	75,40	1,45	93,30	1,79	110,10	2,11	777,60	14,93	179,50	3,45	414,40	7,95
Cor Aparente U.C	60,00	1,00	75,00	1,25	70,00	1,17	70,00	1,17	70,00	1,17	20,00	0,33	70,00	1,17	40,00	0,67
Cromo Total (mg Cr.L-1)	0,01	1,00	0,01	1,00	0,00	0,50	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg O2.L-1)	2,00	1,00	2,61	1,31	3,01	1,51	2,21	1,11	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	8,34	4,17
Coliformes termotolerantes (NMP.100 mL-1)	480,00	1,00	18,00	0,04	120,00	0,25	10,00	0,02	210,00	0,44	120,00	0,25	130,00	0,27	690,00	1,44
Ferro Dissolvido (mg Fe.L-1)	0,70	1,00	0,34	0,48	0,51	0,73	0,43	0,61	0,53	0,76	0,32	0,46	0,56	0,81	0,19	0,28
Fósforo Total (mg P.L-1)	0,03	1,00	0,09	3,15	0,04	1,36	0,08	2,79	0,11	3,89	0,10	3,60	0,07	2,48	0,47	16,52
Manganês Total (mg Mn.L-1)	0,11	1,00	0,03	0,28	0,04	0,38	0,04	0,35	0,32	3,05	0,94	8,86	0,05	0,43	0,07	0,63
Mercúrio Total (mg Hg.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Níquel Total (mg Ni.L-1)	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,02	2,84	0,01	1,00	0,01	1,31
Nitrato (mg N-NO3.L-1)	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,55	1,10	0,50	1,00	0,54	1,08	0,50	1,00	1,12	2,24
Nitrogênio Amoniacal (mg NH3.L-1)	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	1,61	5,37	0,96	3,20	5,09	16,97	0,30	1,00	2,81	9,37
Óleos e Graxas (mg OG.L-1)	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L-1)	74,00	1,00	114,00	1,54	90,00	1,22	96,00	1,30	120,00	1,62	568,00	7,68	138,00	1,86	260,00	3,51
Turbidez (ntu)	15,30	1,00	18,40	1,20	24,10	1,58	18,80	1,23	19,40	1,27	6,32	0,41	24,60	1,61	9,53	0,62
Zinco Total (mg Zn.L-1)	0,01	1,00	0,01	1,11	0,01	0,86	0,02	1,41	0,01	0,98	0,04	3,34	0,01	0,68	0,10	7,64
Fenóis totais (mg Fenóis.L-1)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Oxigênio Dissolvido (mg O2.L-1)	8,84	1,00	12,50	1,41	8,64	0,98	10,20	1,15	9,85	1,11	10,20	1,15	10,70	1,21	8,44	0,95
pH à 25ºC - Bancada	7,72	1,00	7,62	0,99	7,92	1,03	7,97	1,03	7,87	1,02	7,02	0,91	8,18	1,06	7,53	0,98
Sulfetos (mg.L-1)	0,00	1,00	0,00	0,76	0,00	0,84	0,00	0,91	0,00	0,76	0,06	42,50	0,00	0,76	0,00	2,38
Surfactantes (mg MBAS.L-1)	0,20	1,00	0,23	1,15	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00	0,26	1,30	0,20	1,00
Temperatura da Amostra	19,00	1,00	19,00	1,00	19,00	1,00	19,00	1,00	19,00	1,00	19,00	1,00	19,00	1,00	19,00	1,00
	∑	27,00	∑	29,39	∑	27,84	∑	35,47	∑	37,85	∑	116,76	∑	32,30	∑	76,05
	ARTR 1AZ	**1,00**	**ARTR 2AZ**	**1,09**	**ARTR3AZ**	**1,03**	**ARTR 4AZ**	**1,31**	**ARTR 5AZ**	**1,40**	**ARTR 6AZ**	**4,32**	**ARTR 7AZ**	**1,20**	**ARTR 8AZ**	**2,82**

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 as variáveis responsáveis por isto.

NaTabela 4.1.7, abaixo apresentada, pode-se notar em cada época de coleta, os locais de melhor e de pior qualidade em todo o sistema.

Tabela 4.1.7: Valores calculados de RTR (razão de referência) dos locais amostrados.

Primavera 2020	ARTR	Verão 2021	ARTR	Outono 2021	ARTR	Inverno 2021	ARTR
ARTR-6-AU	2,79	ARTR-6-AV	2,96	ARTR-8-AX	4,02	ARTR-6-AZ	4,32
ARTR-8-AU	2,72	ARTR-8-AV	2,01	ARTR-6-AX	2,98	ARTR-8-AZ	2,82
ARTR-3-AU	1,68	ARTR-2-AV	1,68	ARTR-2-AX	1,70	ARTR-5-AZ	1,40
ARTR-5-AU	1,17	ARTR-3-AV	1,42	ARTR-4-AX	1,53	ARTR-4-AZ	1,31
ARTR-7-AU	1,14	ARTR-5-AV	1,33	ARTR-7-AX	1,43	ARTR-7-AZ	1,20
ARTR-1-AU	**1,00**	ARTR-7-AV	1,24	ARTR-5-AX	1,42	ARTR-2-AZ	1,09
ARTR-2-AU	0,94	ARTR-4-AV	1,07	ARTR-3-AX	1,23	ARTR-3-AZ	1,03
ARTR-4-AU	0,91	**ARTR-1-AV**	**1,00**	**ARTR-1-AX**	**1,00**	**ARTR-1-AZ**	**1,00**

Em todas as épocas, há uma alternância entre os locais com melhor qualidade. Porém, podemos notar que as estações amostrais que são consideravelmente diferentes da estação de referência P1, são P6 e P8, que apresentam sempre um valor de ARTR superior a esta. No outono e no inverno, estas estações mostraram os maiores valores, considerando estas épocas como as de mais baixa qualidade ambiental para estes locais.

4.2 ÁGUA SUBTERRÂNEA

Introdução

Este estudo tem por objetivo apresentar os resultados obtidos durante um ano de amostragem, a qual foi divida em quatro campanhas amostrais no período 2020/2021, para águas subterrâneas na área da Usina Termelétrica Presidente Médici, situada no município de Candiota/RS. As campanhas amostrais foram separadas em intervalos trimestrais (Tabela 4.2.1) e buscam atender as determinações do monitoramento ambiental exigido pelo IBAMA, na área denominada aqui como praça de trabalho da Usina Termelétrica Presidente Médici. A área próxima a Térmica, 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.

Tabela 4.2.1: Período das campanhas amostrais de água subterrânea 2020/2021.

Período	Campanha - 1	Campanha - 2	Campanha - 3	Campanha - 4
Purga	06 e 07/12/2020	05 e 06/02/2021	07 e 08/05/2021	06 e 07/08/2021
Amostragem	08/11/2020	07/02/2021	09/05/2021	08/08/2021

As águas subterrâneas foram estudadas, visando o monitoramento contínuo e estabelecer a sua qualidade em 16 poços.

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 18 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 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 4.2.2) e o perímetro delimitador das áreas denominadas de Usina Fase B e Fase C, Almoxarifado e Candiota 1 estão apresentados na Figura 4.2.1. 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 4.2.1 com setas azuis.

Tabela 4.2.2: Localização UTM dos poços de monitoramento da água subterrânea nas áreas da Usina Termelétrica Presidente Médici.

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

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 4.2.1: Mapa apresentando a localização das áreas monitoradas e dos poços de coleta de água subterrânea na Usina Termelétrica Presidente Médici. 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.

Variáveis Analisadas

Muitas das variáveis analisadas servirão de parâmetros para estabelecer a qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Tabela 4.2.3). Além das variáveis apresentadas na Tabela 4.2.3, 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).

Tabela 4.2.3: Variáveis analisadas para a qualidade da água subterrânea para a área de estudo da Usina Termelétrica.

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})

Materiais e Métodos

Amostragem

Os poços já existem e a sua localização foi produto de um estudo Geoambiental.

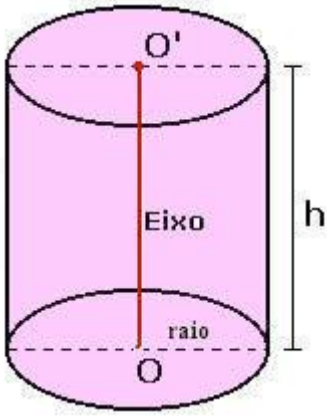
Tendo os poços devidamente localizados por coordenadas UTM (Tabela 4.2.2), foi realizada a verificação das reais condições dos poços. Estas condições foram devidamente descritas em caderneta de campo e devidamente fotografadas, assim como as condições e possíveis interferências do seu entorno.

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. Para tanto, uma trena eletrônica foi usada 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, calcula-se a quantidade de água a ser retirada para certificar-se do esvaziamento do mesmo apenas com a água parada, evitando-se a água que estará entrando no poço naquele momento.

Antes de iniciar a purga, a quantidade de água parada na coluna de água deve ser determinada (água no interior do poço).

Uma vez obtida esta informação, o volume de água a purgar pode ser determinado usando um de vários métodos. Uma é a equação:

$$\mathbf{V = \pi\, r^2 * h}$$



Onde:

h = é profundidade da água (m);
D = é o diâmetro do poço (m);
r = é o raio do diâmetro do poço (m) = D÷2;
π = 3,14;
V = é o volume de água (m^3).

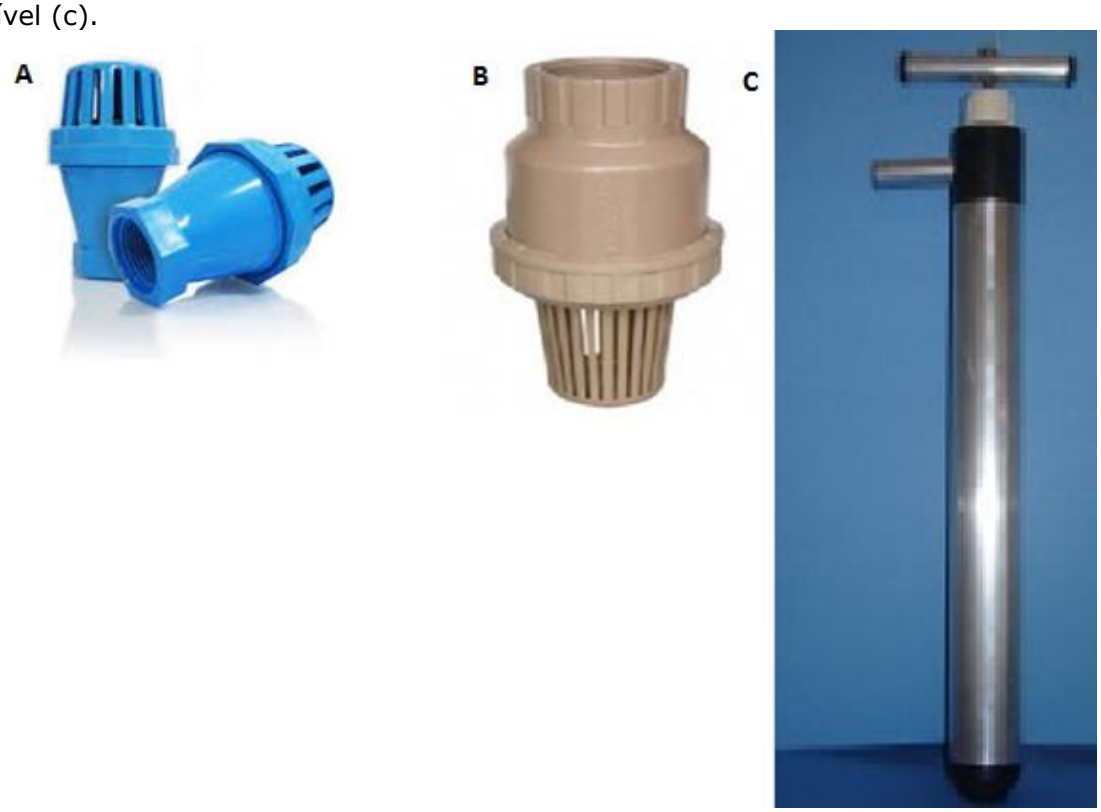
Este procedimento é desenvolvido em cada um dos poços monitores que apresentam condições de purga e de coleta de amostras de água.

A purga é executada mediante o volume calculado e com um método de retirada da água estagnada que:

- evite o distúrbio na coluna d'água;
- evite a mistura de águas de zonas distintas e o aumento de turbidez;
- o fluxo de água do aquífero renove a água que passa pela seção filtrante;
- amostras obtidas sejam representativas, sem necessidade de altas taxas de purga do poço, somente da água estagnada.

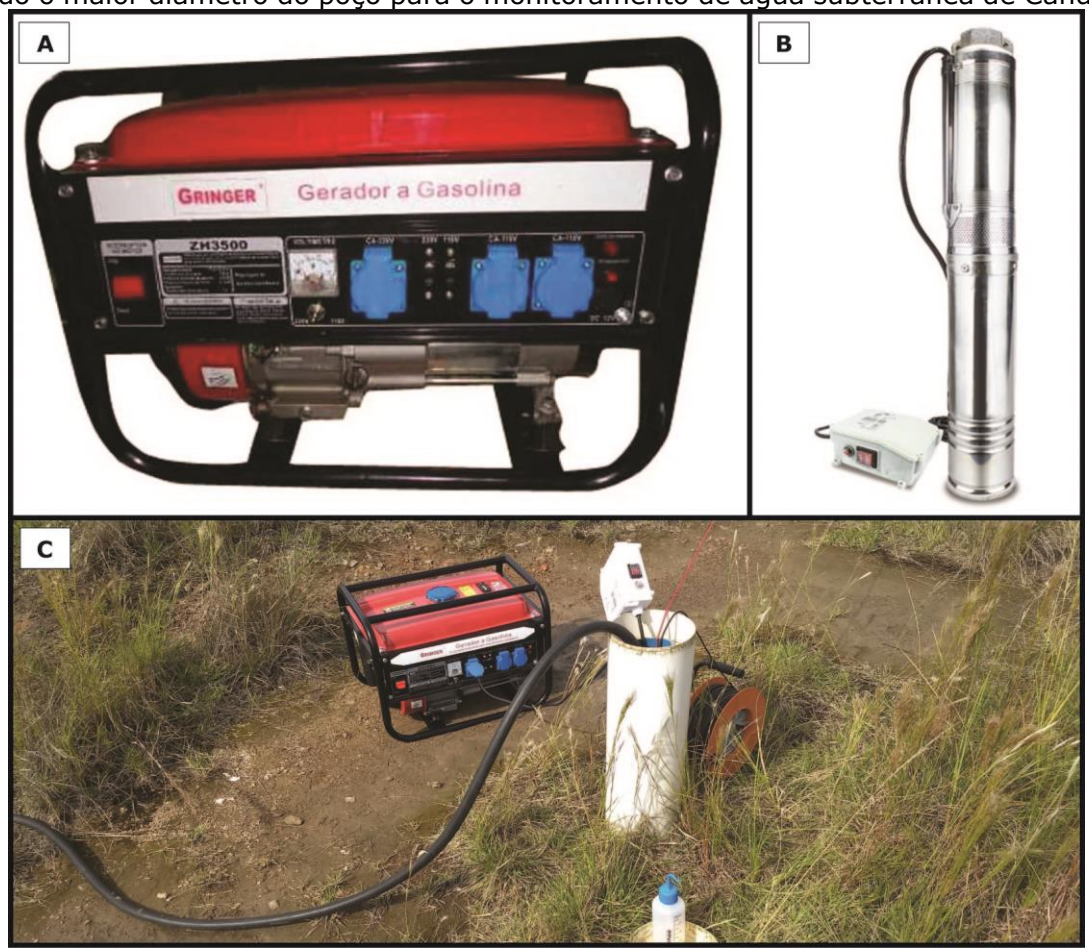
Para alcançar estas exigências enunciadas acima se utilizou uma "bomba de dreno manual" com mangueiras descartáveis acopladas a válvula de pé.

Figura 4.2.2: 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).



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 4.2.2 apresenta a bomba de dreno manual bem como as válvulas utilizadas.

Figura 4.2.3: (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 o maior diâmetro do poço para o monitoramento de água subterrânea de Candiota.



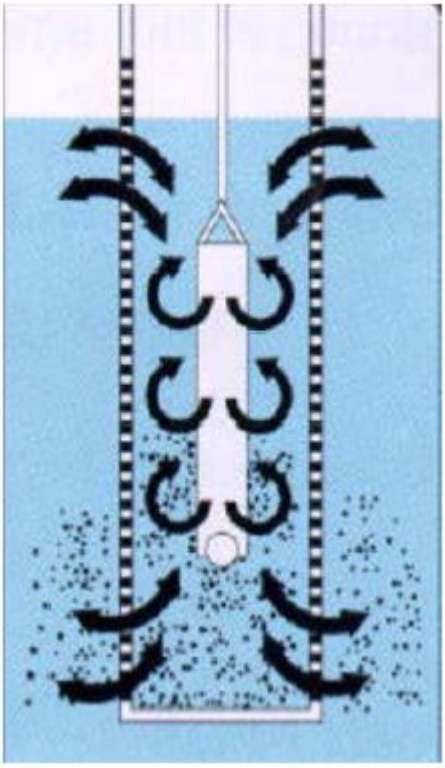
Alguns poços de maior diâmetro foram utilizados para purga uma bomba de água submersível e um gerador de energia (Figura 4.2.3.). A bomba de água submersível é do tipo caneta de ½ HP e 1,5" com entrada de 220 Volts modelo 4SGM2/4A -Tander Profissional. A bomba é ligada no gerador de energia Gringer, modelo ZH3500, com 3000 watts de potência com saída em 110 e 220 Volts. A Figura 4.2.3.-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 utilizados a bomba submersa foram PM-1, PM-5, PM-7 e PM-10.

Após 24 horas da purga, a amostragem propriamente dita é realizada. Coloca-se o amostrador (descartável) do tipo "bailer" para buscar a água no poço devidamente esvaziado no dia anterior. Na Figura 4.2.4 apresenta-se o esquema do uso do amostrador do tipo "bailer" (24 horas após utilização da bomba de dreno), o "bailer" é descartado após a coleta da amostra.

Todo o equipamento perene da amostragem passa por uma rigorosa higienização, antes do manuseio na sequência da amostragem em outro poço monitor.

Figura 4.2.4: 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).



Na Figura 4.2.4 apresenta-se o amostrador "bailer" e a representação da amostragem no momento que o instrumento atinge a camada hídrica do poço. Este amostrador é construído por tubo longo de diferentes diâmetros, aberto nas extremidades. Na parte do fundo, possui uma esfera que trabalha com uma válvula, que fecha quando a amostra entra no tubo. Na parte de cima possui um olhal para que possa ser amarrada uma corda. São confeccionados em 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 deste tipo "bailers" 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. Infelizmente, no campo não é bem assim que acontece, 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. Há necessidade de cuidado máximo na coleta na introdução do "bailer" no poço.

Métodos Analíticos

As amostras foram conduzidas ao laboratório Ceimic, observando o acondicionamento dos materiais amostrados bem como as técnicas de conservação com a temperatura de condução de 4°C e com a validade para cada tipo de amostra (Tabela 4.2.4).

Na Tabela 4.2.5 são apresentados os métodos utilizados para a obtenção das variáveis medidas em laboratório para o monitoramento das águas subterrâneas na área da Termelétrica Presidente Médici, assim como suas unidades, graus de incerteza e limites quantitativos.

Tabela 4.2.4: 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

Tabela 4.2.5: 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; e N.A. significa que não se aplica.

Análises Realizadas em Laboratório				
Parâmetros	**Unidade**	**Incerteza**	**L.Q.**	**Referência do Método Analítico**
Coliformes	(NMP·100mL^{-1})		1	SMEWW 22 edição/2012 - 9223B - 2b
Condutividade	(µS·cm^{-1} à 25°C)	5,56	1,0	SMWW, 23ª edição, método 2510 B
Cor Real	(U.C.)	2,4	10,0	SMWW, 23ª edição, método 2120 C
DBO_5	(mg O_2·L^{-1})	-0,9	2	SMWW, 23ª edição, método 5210 B
DQO	(mg O_2·L^{-1})	1,9	6	SMWW, 23ª edição, método 5220 B
Fenóis Totais	(mg C_6H_6OH·L^{-1})		0,0001	EPA 8270 D
Fósforo Total	(mg P·L^{-1})	0,00006	0,006	EPA método 200.7:2001
Óleos e Graxas	(mg O&G·L^{-1})	0,2	10	SMWW, 23ª edição, método 5520 D
OD	(mg O_2·L^{-1})		0,2	SMEWW, 22ª edição, método 4500 O
pH	-		-	SMEWW, 23ª edição, método 4500 - H + B
Turbidez	(NTU)	0,2	2,0	SMWW, 23ª edição, método 2130 B
Al Dissolvido	(mg Al·L^{-1})	0,000000	0,006	EPA método 200.7:2001
As Dissolvido	(mg As·L^{-1})	0,0000000	0,004	EPA método 200.7:2001
Cd Dissolvido	(mg Cd·L^{-1})	0,000000	0,0006	EPA método 200.7:2001
Pb Dissolvido	(mg Pb·L^{-1})	0,00000	0,004	EPA método 200.7:2001
Cu Dissolvido	(mg Cu·L^{-1})	0,000000	0,006	EPA método 200.7:2001
Cr Dissolvido	(mg Cr·L^{-1})	0,000000	0,003	EPA método 200.7:2001
Fe Dissolvido	(mg Fe·L^{-1})	0,00000	0,006	EPA método 200.7:2001
Mn Dissolvido	(mg Mn·L^{-1})	0,0000240	0,001	EPA método 200.7:2001
Hg Dissolvido	(mg Hg·L^{-1})	0,00000000	0,0002	EPA método 200.7:2001
Ni Dissolvido	(mg Ni·L^{-1})	0,0000000	0,001	EPA método 200.7:2001
Zn Dissolvido	(mg Zn·L^{-1})	0,00000	0,006	EPA método 200.7:2001
Al Total	(mg Al·L^{-1})	0,000041	0,006	EPA método 200.7:2001
As Total	(mg As·L^{-1})	N.A.	0,004	EPA método 200.7:2001
Cd Total	(mg Cd·L^{-1})	N.A.	0,0006	EPA método 200.7:2001
Pb Total	(mg Pb·L^{-1})	N.A.	0,004	EPA método 200.7:2001
Cu Total	(mg Cu·L^{-1})	0,000000	0,006	EPA método 200.7:2001
Cr Total	(mg Cr·L^{-1})	N.A.	0,003	EPA método 200.7:2001
Fe Total	(mg Fe·L^{-1})	0,000212	0,006	EPA método 200.7:2001
Mn Total	(mg Mn·L^{-1})	0,0000240	0,001	EPA método 200.7:2001
Hg Total	(mg Hg·L^{-1})	0,00000000	0,0002	EPA método 200.7:2001
Ni Total	(mg Ni·L^{-1})	0,0000022	0,001	EPA método 200.7:2001
Zn Total	(mg Zn·L^{-1})	0,00002	0,006	EPA método 200.7:2001

Análise e Interpretação dos Dados

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. Essa resolução possui três referências qualitativas as quais determinam os limites máximos das variáveis para o consumo humano (C.H.), dessedentação de animais (D.A.) e recreação (Rec.).

No entanto, a Resolução 396 de 2008 do CONAMA apresenta limites quantitativos apenas 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 classificação e os limites da Classe 1 da Resolução 357 de 2005 do CONAMA para água superficiais, em que apenas os metais alumínio, cobre e ferro possuem parâmetros de metais dissolvidos, sendo o restante para metais totais. Essa resolução foi usada nesse estudo uma vez que se entende a maior exigência de qualidade das águas subterrâneas para o consumo humano. Além disso, utilizou-se para os metais dissolvidos as mesmas referências usadas nos metais totais para o consumo humano da Resolução 396 de 2008 do CONAMA, já 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) foi utilizada a Resolução 1469 de 2000 do Ministério da Saúde, o qual é complementada com as orientações para Classe 1 e Classe 3 da Resolução 357 de 2005 do CONAMA.

Os limites mais rigorosos dentro das resoluções mencionadas foram utilizados para classificação das variáveis estudadas. A Tabela 4.2.5 resume os parâmetros de classificação utilizados para cada variável analisada.

Tabela 4.2.5: Parâmetros de classificação para cada variável analisada.

	Classificação			
Variável	M.S.	Classe 1	Classe 3	Órgão
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	ausente	200	2500	CONAMA 357-2005 (classe 1-3) e MS 1469-2000
Condutividade (µS·cm^{-1})	-	-	-	
Cor Real (U.C)	15	natural	75	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	-	3	10	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	-	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	-	0,003	0,01	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	-	0,025	0,075	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	-	ausente	ausente	
OD (mg·L^{-1})	-	>6	>4	
pH	-	6 a 9	6 a 9	
Turbidez (NTU)	5	40	100	
Metal Dissolvido	Classe 1		C.H.	CONAMA 357-2005 (Classe 1) e CONAMA 396-2008 (C.H.)
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	0,1 d		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	0,001		0,005	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	0,009 d		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	0,3 d		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	0,0002		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	0,025		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,18		5	
Metal Total	C.H.	D.A.	Rec.	CONAMA 396-2008
Al Total (mg·L^{-1})	0,2	5	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	0,01	0,2	0,5	
Cd Total (mg·L^{-1})	0,005	0,05	0,005	
Pb Total (mg·L^{-1})	0,01	0,1	0,05	
Cu Total (mg·L^{-1})	2	0,5	1	
Cr Total (mg·L^{-1})	0,05	1	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,3	-	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,1	0,05	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	0,001	0,01	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	0,02	1	0,1	
Zn Total (mg·L^{-1})	5	24	5	

Resultados e Discussões

Condições de Preservação dos Poços de Monitoramento

A Tabela 4.2.6 apresenta as medições *in loco* e as descrições do estado de preservação dos poços da última campanha amostral (Campanha 4, agosto de 2021), além de observações das amostras quando necessário. A *plate* de fotos da Figura 4.2.5 apresenta imagens sobre as condições de preservação dos poços e a qualidade das amostras.

Tabela 4.2.6: Resultados obtidos *in loco* para os poços monitores da Campanha 4 do ano 2020/2021 referente ao mês de agosto. Apresentam-se as observações do estado de conservação dos poços. As cores representam o nível de qualidade de preservação dos poços em que a verde representa boas condições, o amarelo condiz com uma qualidade intermediária apresentando algumas degradações externas dos poços, e a cor vermelha significa as péssimas condições de preservação.

Poço	N.E. (m)	Prof. (m)	T água (°C)	T ar (°C)	Observações
PM-1	3,04	8,85	18,0	18,1	Poço com **rachadura na tubulação externa** e **sem tampa externa** de PVC. Água cristalina na purga. Água cristalina na coleta.
PM-2	0,68	5,27	15,6	17,2	Poço **sem tampa externa** de PVC. Água cristalina na purga. Água levemente turva na coleta. Precisou de uma 2ª amostragem para coletar o segundo galão para ensaios ecotoxicológicos.
PM-3	2,25	3,50	18,9	22,3	Poço em péssimas condições de preservação, **sem tampas externa e interna e com tubulação externa quebrada**. Água cristalina na purga. Água cristalina na coleta.
PM-4	0,57	2,21	14,9	18,0	Poço **sem tampa externa de PVC**. Água bastante turva na purga, após foi diminuindo a turbidez até ficar cristalina. Água cristalina na coleta.
PM-5	5,19	9,69	19,2	21,9	Poço em péssimas condições de preservação, com **estruturas externa e interna quebradas e sem tampa externa**. Água cristalina na purga. Água cristalina na coleta.
PM-6	0,63	4,93	15,0	23,7	Poço em **bom estado de conservação**. Água cristalina na purga. Água cristalina na coleta.
PM-7	2,48	9,83	18,5	17,1	Poço em **bom estado de conservação**, mas com um rachadura pequena na proteção externa. Água cristalina na purga. Água cristalina na coleta.
PM-8					Poço soterrado.
PM-9	1,88	4,13	16,9	18,3	Poço exposto, **sem tampa externa** de PVC **nem tampa da tubulação azul** da geomembrana. Água cristalina na purga. Água cristalina na coleta.
PM-10	6,40	12,30	18,8	17,9	Poço em **boas condições de conservação**. Água levemente turva na purga. Água cristalina na coleta.
PM-11					Poço destruído.
PM-12	1,40	3,40	16,9	19,8	Poço **sem tampa externa de PVC e com tubulação externa quebrada na base**. Água extremamente turva na purga. Água cristalina no início da coleta, ficou gradativamente mais turva até ficar extremamente turva.
PM-13	1,88	4,33	17,1	16,7	Poço em **bom estado de conservação**. Água um pouco turva na purga. Água turva na coleta.
PM-14	4,57	5,95	18,7	17,8	Poço **sem tampa externa** de PVC. Água bastante turva no início da purga. Água moderadamente turva na coleta. Na amostragem de ecoltoxicologia água estava bastante turva. Precisou de uma 2ª amostragem para coletar o segundo galão para ensaios ecotoxicológicos.
PM-15					Poço soterrado por obras de terraplanagem (Vieiro, 2014).
PM-16	1,22	3,08	14,5	17,8	Poço se mantém em péssimas condições de conservação, com **tubulação externa e interna destruídas e espalhadas pelo terreno**. Água cristalina na purga. Água levemente turva na coleta.
PM-17	1,69	2,66	13,0	21,8	Poço em **bom estado de conservação**. Água bastante turva na purga. Água cristalina no início da coleta, após ficou turva.
PM-18					Poço com danos irreversíveis na estrutura por escavação próxima (Vieiro, 2014).
PM-19	0,75	4,60	16,8	19,4	Poço em **bom estado de conservação**. Água cristalina na purga. Água cristalina no início da coleta, após ficou turva.
PM-20	0,73	2,26	14,6	17,0	Poço em **bom estado de conservação**. Água um pouco na purga. Água cristalina no início da coleta, após ficou levemente turva. Necessitou de uma 2ª amostragem para coletar 1 galão para ensaios ecotoxicológicos. Água insuficiente para coletar um segundo galão.

Figura 4.2.5: *Plate* de fotos apresentando as condições de preservação para cada poço de monitoramento da qualidade da água subterrânea.

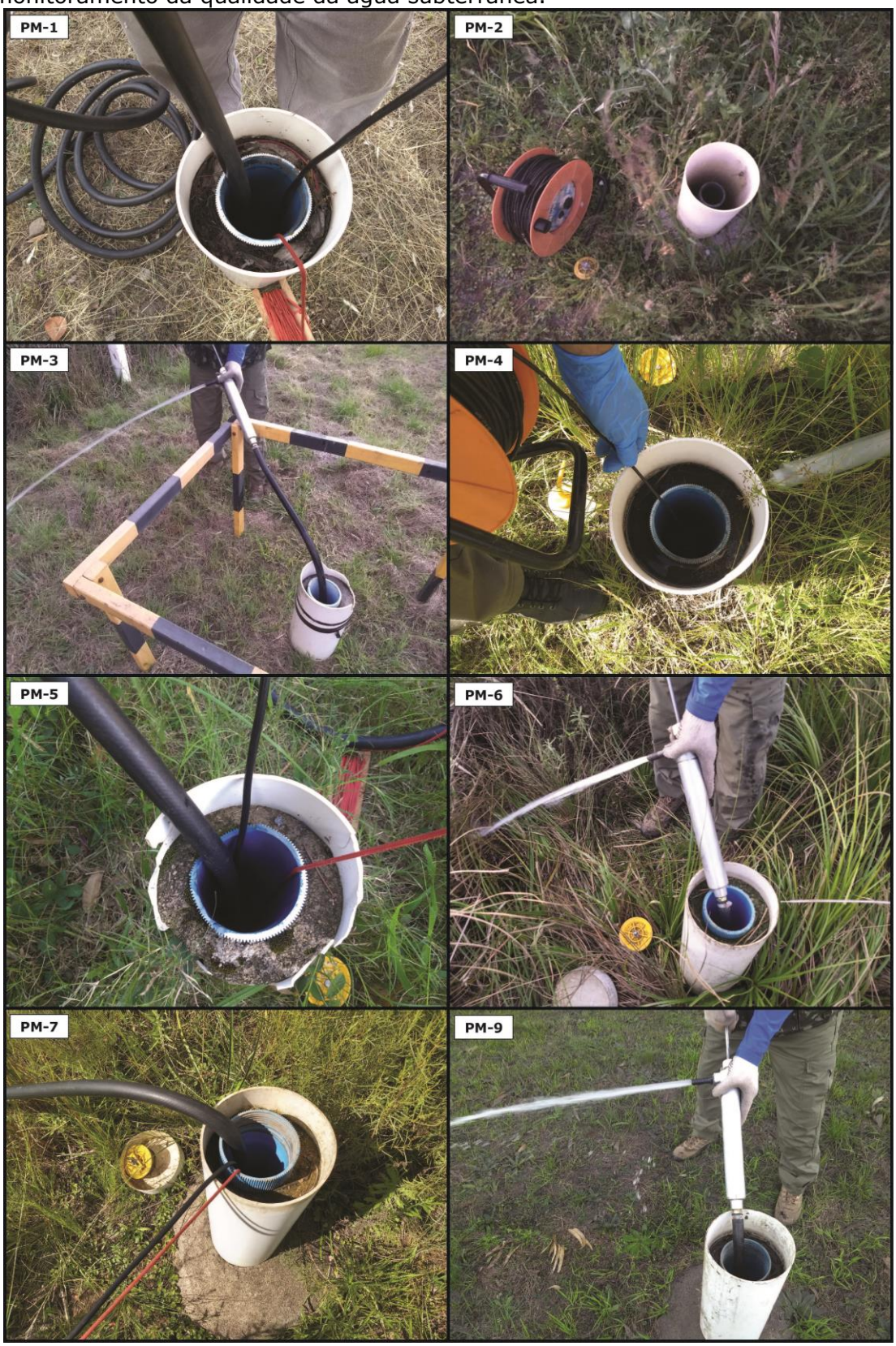


Figura continua na próxima página.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Analisando as condições de preservação da versão mais atualizada dos poços, Campanha 4 realizada no mês de agosto (Tabela 4.2.6), os poços PM-6, PM-7, PM-10, PM-13, PM-17, PM-19 e PM-20 apresentam a estrutura do poço de monitoramento em bom estado de conservação, tendo tanto a estrutura interna como a externa praticamente isentas de danos. Os poços PM-1, PM-2, PM-4, PM-12 e PM-14 possuem uma classificação de alerta devido aos problemas encontrados em sua estrutura externa que variam desde a falta de tampa da tubulação de proteção externa a danos na estrutura externa da tubulação de proteção do poço. Os poços PM-3, PM-5, PM-9 e PM-16 possuem péssimas condições de preservação devido aos danos da estrutura externa e interna os quais não apresentam a tampa da tubulação geomecânica azul de proteção direta ao poço amostral, favorecendo assim a entrada direta da água meteórica e também facilitando possíveis contaminações, ou a tubulação da geomembrana quebrada (Figura 4.2.5).

Resultados Analíticos

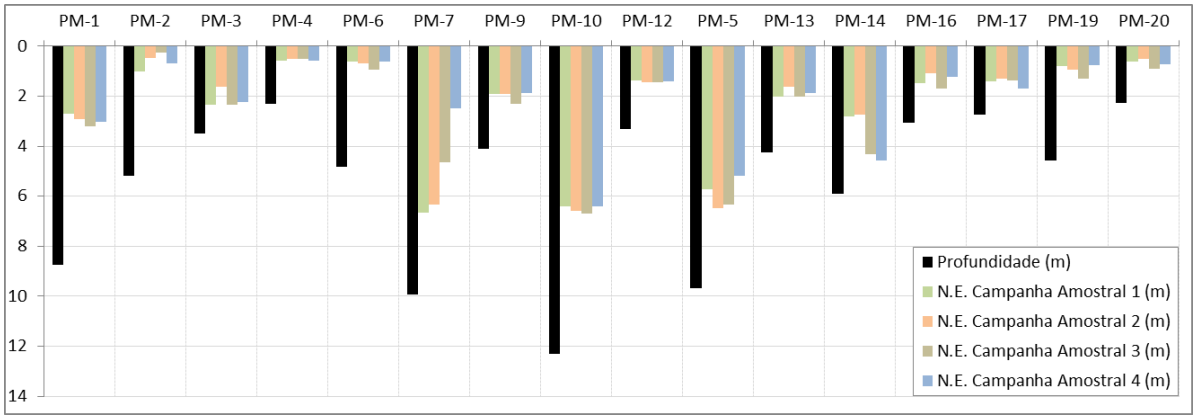
A Tabela 4.2.7 apresenta os dados físicos dos poços medidos *in loco* tais como o nível estático (m) e a profundidade (m), assim como a temperatura da água (°C) e a temperatura do ar (°C) no momento da amostragem para cada ponto de monitoramento de água subterrânea.

Tabela 4.2.7: 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 (novembro/2020)																
Nível Estático (m)	2,69	1,02	2,33	0,58	0,62	6,66	1,92	6,39	1,37	5,72	2,01	2,80	1,50	1,40	0,81	0,63
Profundidade (m)	8,74	5,24	3,50	2,40	4,83	9,90	4,12	12,31	3,20	9,73	4,21	5,84	3,05	2,80	4,66	2,33
Temperatura Água (°C)	18,2	18,6	17,9	18,7	16,8	18,5	17,0	19,2	18,6	17,8	19,4	18,9	17,5	17,0	17,0	16,2
Temperatura Ar (°C)	21,5	20,8	20,3	25,0	23,1	26,6	20,0	28,2	20,0	19,0	24,0	22,4	19,5	22,9	23,1	23,3
Campanha Amostral 2 (fevereiro/2021)																
Nível Estático (m)	2,92	0,47	1,64	0,50	0,68	6,34	1,92	6,57	1,43	6,49	1,63	2,74	1,10	1,30	0,94	0,50
Profundidade (m)	8,62	5,08	3,49	2,33	4,68	9,99	4,14	12,34	3,24	9,53	4,39	5,89	3,09	2,78	4,50	2,18
Temperatura Água (°C)	*	*	*	*	*	30,3	*	28,6	*	*	*	*	*	*	*	*
Temperatura Ar (°C)	*	*	*	*	*	19,0	*	19,5	*	*	*	*	*	*	*	*
Campanha Amostral 3 (maio/2021)																
Nível Estático (m)	3,21	0,25	2,33	0,50	0,94	4,63	2,31	6,68	1,44	6,34	2,03	4,34	1,69	1,38	1,30	0,92
Profundidade (m)	8,74	5,15	3,46	2,24	4,83	10,00	4,05	12,29	3,37	9,75	4,08	5,92	3,00	2,76	4,54	2,29
Temperatura Água (°C)	18,5	18,8	21,0	16,5	17,3	17,2	17,9	17,2	19,9	17,0	20,0	18,8	17,5	18,0	17,7	17,2
Temperatura Ar (°C)	13,0	14,4	17,9	15,1	19,0	15,0	13,0	15,5	16,4	15,6	12,3	12,8	17,1	21,0	18,0	16,8
Campanha Amostral 4 (agosto/2021)																
Nível Estático (m)	3,04	0,68	2,25	0,57	0,63	2,48	1,88	6,40	1,40	5,19	1,88	4,57	1,22	1,69	0,75	0,73
Profundidade (m)	8,85	5,27	3,50	2,21	4,93	9,83	4,13	12,30	3,40	9,69	4,33	5,95	3,08	2,66	4,60	2,26
Temperatura Água (°C)	18,0	15,6	18,9	14,9	15,0	18,5	16,9	18,8	16,9	19,2	17,1	18,7	14,5	13,0	16,8	14,6
Temperatura Ar (°C)	18,1	17,2	22,3	18,0	23,7	17,1	18,3	17,9	19,8	21,9	16,7	17,8	17,8	21,8	19,4	17,0

O gráfico da Figura 4.2.6 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. Aonde 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, ajuda 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 o poço PM-7 obteve a maior variação do seu nível freático durante o ano de monitoramento, sendo que o maior nível de coluna d'água ocorreu na Campanha 4 durante a estação de inverno, e o menor nível na Campanha 1 durante a estação de primavera. Essa variação do poço PM-7 não é uma regra para os demais poços, os quais têm situações bem variáveis em relação ao nível freático. A maioria dos poços possui uma pequena variação do nível freático ao longo do ano.

Figura 4.2.6: 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 em sua base 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.



As Tabelas 4.2.8, 4.2.9 e 4.2.10, apresentam os resultados brutos obtidos das análises para a área de monitoramento Usina Fase B e Fase C; já a Tabela 4.2.11, para a área do Almoxarifado; e as Tabelas 4.2.12 e 4.2.13, para a área do Candiota I. Nessas tabelas estão preenchidas com a cor vermelha as medições que ultrapassaram os limites mais rigorosos segundo as resoluções brasileiras usadas

como critério para esse estudo (Resolução 396 de 2008 do CONAMA, Resolução 357 de 2005 do CONAMA e Resolução 1469 de 2000 do Ministério da Saúde). 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.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.8: 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.), Dessedentação de Animais (D.A.), Recreação (Rec.).

Usina Fase B e Fase C	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			
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	M.S.	Classe 1	Classe 3	Órgão
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	<1	<1	<1	<1	15,8	2,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	ausente	200	2500	CONAMA 357-2005 (classe 1-3) e MS 1469-2000
Condutividade (µS·cm^{-1})	494,2	527,9	608,8	334,6	732,0	420,2	316,1	557,9	470,0	467,1	647,0	469,0	-	-	-	
Cor Real (U.C)	17,6	64,9	57,9	63,3	184,0	<10	70,3	101,0	10,6	30,0	51,7	<10	15	natural	75	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	6,00	6,00	<2	<2	<2	<2	<2	4,00	2,00	3,82	<2	<2	-	3	10	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	<6	<6	<6	<6	13,40	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	-	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,003	0,01	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,012	0,010	<0,006	0,031	0,019	0,007	0,022	0,010	0,011	0,026	0,027	0,023	-	0,025	0,075	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	ausente	ausente	
OD (mg·L^{-1})	7,21	6,42	6,22	2,26	1,13	1,85	4,32	3,93	4,13	<0,1	2,21	1,21	-	>6	>4	
pH	6,19	6,50	6,59	6,55	6,88	6,97	6,20	6,75	6,58	6,34	6,80	6,17	-	6 a 9	6 a 9	
Turbidez (NTU)	3,8	5,7	<2	9,7	40,9	<2	7,8	15,6	<2	2,5	3,7	<2	5	40	100	
Metal Dissolvido													Classe 1		C.H.	CONAMA 357-2005 (Classe 1) e CONAMA 396-2008 (C.H.)
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	0,028	<0,006	<0,006	0,017	0,013	<0,006	<0,1	<0,1	<0,1	0,1 d		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	<0,01	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,005	<0,005	<0,005	0,001		0,005	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	<0,01	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,009	<0,009	<0,009	0,009 d		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,01	<0,01	<0,01	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	0,584	<0,006	<0,006	4,531	<0,006	0,008	0,082	<0,006	<0,3	<0,3	<0,3	0,3 d		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,318	0,535	<0,001	0,176	1,238	<0,001	0,177	0,754	0,005	0,193*	0,237	<0,01	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,01	0,025		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,011	<0,006	<0,006	<0,05	<0,05	<0,05	0,18		5	
Metal Total													C.H.	D.A.	Rec.	CONAMA 396-2008
Al Total (mg·L^{-1})	0,056	0,050	0,054	0,197	0,049	0,026	0,083	0,075	0,084	<0,1	0,113	<0,1	0,2	5	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,2	0,5	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,05	0,005	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	0,005	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,1	0,05	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	0,058	0,039	0,044	0,028	0,031	0,067	<0,009	<0,009	<0,009	2	0,5	1	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	1	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,866	3,421	0,101	0,031	7,788	0,194	0,246	4,987	0,157	<0,3	<0,3	<0,3	0,3	-	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,341	0,570	0,004	0,244	1,567	0,008	0,193	0,829	0,012	0,143*	0,331	<0,01	0,1	0,05	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	0,01	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	0,009	<0,001	<0,001	0,006	0,002	0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	1	0,1	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,038	0,030	0,026	0,031	0,025	0,023	0,012	<0,006	0,020	<0,05	<0,05	<0,05	5	24	5	

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.9: 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.), Dessedentação de Animais (D.A.), Recreação (Rec.).

Usina Fase B e Fase C	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			
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	M.S.	Classe 1	Classe 3	Órgão
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	<1	7,5	<1	3,0	9,7	<1	<1	1,0	<1	<1	<1	3,1	ausente	200	2500	CONAMA 357-2005 (classe 1-3) e MS 1469-2000
Condutividade (µS·cm^{-1})	642,2	55,2	93,6	670,3	57,7	95,2	704,6	49,3	91,9	607,8	56,3	93,3	-	-	-	
Cor Real (U.C)	<10	176,0	32,3	<10	207,0	21,5	30,8	176,0	39,3	72,6	277,0	49,4	15	natural	75	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	<2	<2	6,00	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	18,30	-	3	10	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	<6	<6	<6	<6	<6	<6	7,00	<6	<6	<6	<6	<6	-	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,009	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,003	0,01	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,006	0,015	0,010	<0,006	0,024	0,016	<0,006	0,009	0,016	0,023	0,029	0,022	-	0,025	0,075	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	15,7	<10	<10	-	ausente	ausente	
OD (mg·L^{-1})	6,02	7,31	6,91	1,64	6,77	4,31	3,93	3,93	5,21	2,21	3,62	<0,1	-	>6	>4	
pH	6,84	5,72	6,29	8,05	6,01	6,16	7,16	5,51	5,95	7,20	5,67	6,03	-	6 a 9	6 a 9	
Turbidez (NTU)	2,2	24,6	6,1	<2	59,8	5,8	5,3	24,0	4,4	<2	34,1	5,6	5	40	100	
Metal Dissolvido													Classe 1		C.H.	CONAMA 357-2005 (Classe 1) e CONAMA 396-2008 (C.H.)
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	0,122	0,024	<0,006	0,722	0,073	<0,006	0,209	0,043	<0,1	0,575	0,122	0,1 d		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	<0,01	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,005	<0,005	<0,005	0,001		0,005	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	<0,01	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,009	<0,009	<0,009	0,009 d		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,01	<0,01	<0,01	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,375	<0,006	0,017	0,341	0,019	<0,3	<0,3	<0,3	0,3 d		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	1,325	<0,001	<0,001	1,825	<0,001	<0,001	3,068	0,014	0,028	1,128	0,018	0,024	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,01	0,025		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,006	0,051	<0,05	<0,05	0,054	0,18		5	
Metal Total													C.H.	D.A.	Rec.	CONAMA 396-2008
Al Total (mg·L^{-1})	0,012	0,689	0,112	0,018	1,486	0,155	0,027	0,326	0,137	<0,1	1,850	0,256	0,2	5	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,2	0,5	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,05	0,005	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,005	0,009	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,1	0,05	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	0,042	0,059	0,047	0,058	0,050	0,037	<0,009	<0,009	<0,009	2	0,5	1	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	1	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,947	0,429	0,562	1,298	0,780	1,349	2,276	0,384	0,923	0,792	0,838	1,039	0,3	-	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	1,493	0,015	0,098	1,839	0,016	0,089	3,350	0,015	0,146	1,145	0,020	0,078	0,1	0,05	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	0,01	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	0,003	<0,001	<0,001	0,001	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	1	0,1	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,033	0,023	0,062	0,029	0,028	0,112	0,018	0,008	0,114	<0,05	<0,05	0,059	5	24	5	

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.10: 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.), Dessedentação de Animais (D.A.), Recreação (Rec.).

Usina Fase B e Fase C	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4			Classificação			
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	M.S.	Classe 1	Classe 3	Órgão
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	6,3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	ausente	200	2500	CONAMA 357-2005 (classe 1-3) e MS 1469-2000
Condutividade (µS·cm^{-1})	446,50	337,20	493,30	376,90	253,40	653,90	422,40	221,60	425,60	501,70	286,60	500,00	-	-	-	
Cor Real (U.C)	<10	<10	131,0	37,7	26,9	88,9	33,1	18,4	104,0	30,8	14,5	193,0	15	natural	75	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	<2	<2	4,00	<2	<2	<2	<2	<2	<2	21,70	5,02	4,72	-	3	10	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	8,00	<6	12,20	<6	<6	8,00	10,10	<6	12,10	<6	<6	6,94	-	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,003	0,01	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,022	0,015	0,080	0,020	0,037	0,072	0,022	0,049	0,067	0,032	0,052	0,069	-	0,025	0,075	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	643,4	<10	-	ausente	ausente	
OD (mg·L^{-1})	6,62	5,53	5,83	4,20	6,36	1,64	4,42	5,50	3,73	<0,1	<0,1	<0,1	-	>6	>4	
pH	6,27	6,47	6,60	6,67	6,45	6,97	6,38	6,56	6,76	6,51	6,56	6,92	-	6 a 9	6 a 9	
Turbidez (NTU)	<2	<2	25,4	<2	<2	13,0	<2	<2	21,9	3,5	2,0	96,7	5	40	100	
Metal Dissolvido													Classe 1	C.H.		CONAMA 357-2005 (Classe 1) e CONAMA 396-2008 (C.H.)
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	0,015	<0,006	0,026	0,036	<0,006	<0,006	0,013	<0,006	<0,1	0,123	<0,1	0,1 d	0,2		
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01		
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,005	<0,005	<0,005	0,001	0,005		
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01		
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,009	<0,009	<0,009	0,009 d	2		
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05		
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	1,230	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,034	<0,3	<0,3	1,495	0,3 d	0,3		
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,132	0,322	1,618	0,049	0,111	1,397	0,082	0,070	1,183	0,047	0,199*	1,531	0,1	0,1		
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,001		
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,003	<0,001	<0,01	0,013*	<0,01	0,025	0,02		
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,026	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,025	<0,006	<0,006	<0,05	<0,05	<0,05	0,18	5		
Metal Total													C.H.	D.A.	Rec.	CONAMA 396-2008
Al Total (mg·L^{-1})	0,117	0,986	0,638	0,105	0,503	0,353	0,201	0,665	0,486	<0,1	0,466	0,328	0,2	5	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,2	0,5	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,05	0,005	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	0,008	0,005	0,007	0,010	<0,004	<0,004	0,005	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,1	0,05	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	0,006	0,051	0,043	0,048	0,061	0,065	0,061	<0,009	<0,009	<0,009	2	0,5	1	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	1	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,255	0,358	40,800	0,305	0,296	17,600	0,247	0,286	18,900	<0,3	<0,3	27,150	0,3	-	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,233	0,331	1,907	0,132	0,126	1,560	0,575	0,116	1,444	0,092	0,193*	1,701	0,1	0,05	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0003	<0,0002	0,0013	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	0,01	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	0,002	0,013	<0,001	0,003	0,005	<0,001	0,003	0,005	<0,001	<0,01	0,011*	<0,01	0,02	1	0,1	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,042	0,030	0,034	0,053	0,033	0,046	0,030	0,015	0,012	<0,05	<0,05	<0,05	5	24	5	

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.11: 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.), Dessedentação de Animais (D.A.), Recreação (Rec.).

Almoxarifado	Campanha - 1			Campanha - 2			Campanha - 3			Campanha - 4		
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
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	<1	3,1	3,1	13,5	2,0	5,2	<1	3,1	<1	8,6	2,0	1,0
Condutividade (µS·cm^{-1})	430,2	211,0	141,5	395,4	230,2	142,1	357,7	220,0	146,1	370,0	205,3	155,6
Cor Real (U.C)	11,4	72,6	91,2	16,8	30,8	23,0	27,7	49,4	99,7	43,2	324,0	238,0
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	<2	<2	<2	<2	3,00	<2	<2	<2	<2	21,70	19,30	2,61
DQO (mg·L^{-1} O_2)	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	7,00	8,00	<6	<6	<6
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,048	0,055	0,035	0,100	0,024	0,027	0,075	0,028	0,050	0,082	0,072	0,063
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
OD (mg·L^{-1})	5,83	7,01	6,91	2,05	8,41	6,15	3,93	5,90	6,19	<0,1	<0,1	<0,1
pH	6,2	6,81	6,42	7,05	6,87	6,42	6,28	6,76	6,35	6,58	6,89	6,57
Turbidez (NTU)	2,2	11,9	9,6	2,8	5,9	4,5	3,1	4,9	12,5	4,9	58,3	36,0
Metal Dissolvido												
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	0,052	0,122	<0,006	0,024	0,120	<0,006	0,040	0,156	0,140	0,355	0,190
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	<0,01
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,005	<0,005	<0,005
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,010	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	<0,01
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,007	0,008	<0,006	<0,006	<0,006	<0,009	<0,009	<0,009
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,01	<0,01	<0,01
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,007	0,041	0,093	0,466	0,469	<0,3
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,058	<0,001	<0,001	0,083	<0,001	<0,001	0,046	0,001	0,004	0,036	0,012	0,015
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,01	<0,01	<0,01
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,014	0,012	0,057	<0,05	<0,05	<0,05
Metal Total												
Al Total (mg·L^{-1})	0,296	1,641	1,426	0,217	0,327	0,750	0,371	0,559	2,961	0,213	1,504	1,350
As Total (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	<0,01
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,005	<0,005	<0,005
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,004	0,007	0,011	0,005	0,014	0,013	<0,004	0,008	0,013	<0,01	<0,01	<0,01
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	0,014	0,052	0,056	0,052	0,063	0,068	0,068	<0,009	<0,009	0,021
Cr Total (mg·L^{-1})	0,008	0,013	0,023	<0,003	0,011	0,010	0,005	0,003	0,033	<0,01	0,016	0,011
Fe Total (mg·L^{-1})	0,887	2,648	3,457	1,084	0,600	1,485	1,103	0,762	5,055	0,896	2,624	1,944
Mn Total (mg·L^{-1})	0,084	0,180	0,109	0,127	0,070	0,059	0,084	0,099	0,151	0,054	0,027	0,033
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Ni Total (mg·L^{-1})	<0,001	0,006	0,019	0,002	0,002	0,011	<0,001	0,001	0,021	<0,01	<0,01	0,011
Zn Total (mg·L^{-1})	0,039	0,039	0,070	0,011	0,031	0,024	0,026	0,026	0,058	<0,05	<0,05	0,072

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.12: 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.), Dessedentação de Animais (D.A.), Recreação (Rec.).

Candiota 1	Campanha - 1		Campanha - 2		Campanha - 3		Campanha - 4		Classificação			
Variável	PM-16	PM-17	PM-16	PM-17	PM-16	PM-17	PM-16	PM-17	M.S.	Classe 1	Classe 3	Órgão
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	4,1	3,1	<1	21,3	<1	1,0	36,0	<1	ausente	200	2500	CONAMA 357-2005 (classe 1-3) e MS 1469-2000
Condutividade (µS·cm^{-1})	567,7	102,2	481,5	106,3	284,3	105,4	252,0	101,6	-	-	-	
Cor Real (U.C)	24,6	76,5	25,3	104,0	101,0	71,1	71,0	43,9	15	natural	75	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	<2	<2	<2	5,00	<2	<2	<2	21,10	-	3	10	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	12,60	<6	9,00	<6	7,00	7,00	<6	7,75	-	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,003	0,01	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,243	0,009	0,170	0,015	0,317	0,012	0,056	0,037	-	0,025	0,075	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	ausente	ausente	
OD (mg·L^{-1})	6,42	5,73	4,00	7,18	5,50	2,95	5,83	<0,1	-	>6	>4	
pH	6,37	5,89	6,49	6,19	6,59	5,72	6,68	6,11	-	6 a 9	6 a 9	
Turbidez (NTU)	3,7	10,7	3,7	13,6	11,8	7,9	20,1	6,7	5	40	100	
Metal Dissolvido									Classe 1		C.H.	CONAMA 357-2005 (Classe 1) e CONAMA 396-2008 (C.H.)
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	0,079	0,011	0,340	0,028	0,045	0,144	<0,1	0,1 d		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,005	<0,005	0,001		0,005	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	0,029	<0,006	<0,006	<0,009	<0,009	0,009 d		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,01	<0,01	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,023	0,108	<0,3	<0,3	0,3 d		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,001	0,017	<0,001	0,004	0,004	0,017	<0,01	0,014	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0002		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	0,025		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,007	<0,05	<0,05	0,18		5	
Metal Total									C.H.	D.A.	Rec.	CONAMA 396-2008
Al Total (mg·L^{-1})	1,146	0,926	0,710	0,929	1,493	0,431	0,280	0,213	0,2	5	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,004	0,005	<0,004	0,005	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	0,01	0,2	0,5	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,005	<0,005	0,005	0,05	0,005	
Pb Total (mg·L^{-1})	0,011	0,005	0,012	0,011	0,010	<0,004	<0,01	<0,01	0,01	0,1	0,05	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	0,051	0,046	0,038	0,036	<0,009	<0,009	2	0,5	1	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,01	<0,01	0,05	1	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	1,549	0,710	1,237	1,034	2,279	0,448	0,489	<0,3	0,3	-	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,106	0,126	0,070	0,132	0,128	0,090	0,023	0,016	0,1	0,05	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0001	<0,0001	0,001	0,01	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	0,003	<0,001	0,006	0,001	0,003	<0,001	<0,01	<0,01	0,02	1	0,1	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,082	0,037	0,085	0,051	0,042	0,009	<0,05	<0,05	5	24	5	

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.13: 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.), Dessedentação de Animais (D.A.), Recreação (Rec.)

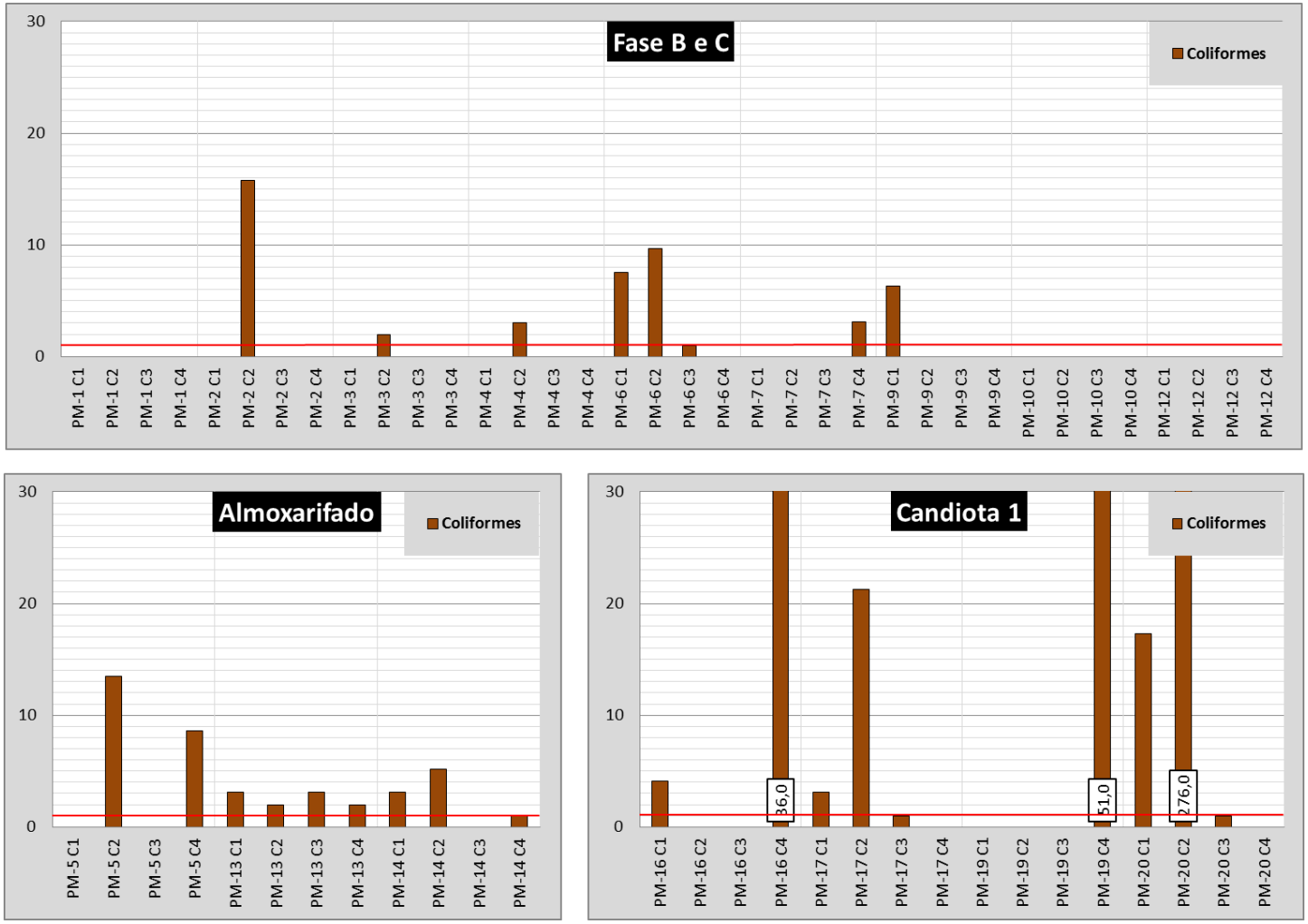
Candiota 1	Campanha - 1		Campanha - 2		Campanha - 3		Campanha - 4		Classificação			
Variável	PM-19	PM-20	PM-19	PM-20	PM-19	PM-20	PM-19	PM-20	M.S.	Classe 1	Classe 3	Órgão
Coliformes (NMP·100mL^{-1})	<1	17,3	<1	276,0	<1	1,0	51,0	<1	ausente	200	2500	CONAMA 357-2005 (classe 1-3) e MS 1469-2000
Condutividade (µS·cm^{-1})	645,9	318,8	837,8	245,1	770,3	284,1	193,7	607,8	-	-	-	
Cor Real (U.C)	<10	29,2	<10	27,7	10,6	48,6	33,1	40,8	15	natural	75	
DBO5 (mg·L^{-1} O_2)	<2	<2	<2	4,00	<2	<2	16,50	17,90	-	3	10	
DQO (mg·L^{-1} O_2)	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	-	-	-	
Fenóis Totais (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,003	0,01	
Fósforo Total (mg·L^{-1})	0,039	0,011	0,055	0,026	0,048	0,037	0,085	0,031	-	0,025	0,075	
Óleos e Graxas (mg·L^{-1})	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	ausente	ausente	
OD (mg·L^{-1})	6,12	5,43	1,85	6,36	5,31	3,73	<0,1	<0,1	-	>6	>4	
pH	6,77	6,57	6,80	7,04	6,70	6,71	6,91	6,41	-	6 a 9	6 a 9	
Turbidez (NTU)	<2	4,3	<2	3,1	<2	3,5	6,3	4,9	5	40	100	
Metal Dissolvido									Classe 1		C.H.	CONAMA 357-2005 (classe 1) e CONAMA 396-2008 (C.H.)
Al Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	0,305	<0,006	<0,006	<0,1	<0,1	0,1 d		0,2	
As Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	0,01		0,01	
Cd Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,005	<0,005	0,001		0,005	
Pb Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	0,010	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	0,01		0,01	
Cu Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,009	<0,009	0,009 d		2	
Cr Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,01	<0,01	0,05		0,05	
Fe Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,009	<0,3	<0,3	0,3 d		0,3	
Mn Dissolvido (mg·L^{-1})	0,006	0,443	<0,001	0,114	0,018	0,186	0,058	0,020	0,1		0,1	
Hg Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0002		0,001	
Ni Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,01	<0,01	0,025		0,02	
Zn Dissolvido (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,039	<0,05	<0,05	0,18		5	
Metal Total									C.H.	D.A.	Rec.	CONAMA 396-2008
Al Total (mg·L^{-1})	0,096	0,348	0,162	0,796	0,161	0,836	1,564	0,759	0,2	5	0,2	
As Total (mg·L^{-1})	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,01	<0,01	0,01	0,2	0,5	
Cd Total (mg·L^{-1})	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,005	<0,005	0,005	0,05	0,005	
Pb Total (mg·L^{-1})	<0,004	0,008	0,011	0,021	<0,004	0,017	0,012	<0,01	0,01	0,1	0,05	
Cu Total (mg·L^{-1})	<0,006	<0,006	0,046	0,046	0,047	0,067	<0,009	<0,009	2	0,5	1	
Cr Total (mg·L^{-1})	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,01	<0,01	0,05	1	0,05	
Fe Total (mg·L^{-1})	0,159	2,178	0,328	2,003	0,206	2,574	1,515	0,759	0,3	-	0,3	
Mn Total (mg·L^{-1})	0,205	0,505	0,255	0,121	0,125	0,348	0,482	0,030	0,1	0,05	0,1	
Hg Total (mg·L^{-1})	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0004	<0,0002	<0,0001	<0,0001	0,001	0,01	0,001	
Ni Total (mg·L^{-1})	0,007	<0,001	0,008	0,003	0,007	0,003	<0,01	<0,01	0,02	1	0,1	
Zn Total (mg·L^{-1})	0,026	0,044	0,040	0,018	0,020	0,064	<0,05	<0,05	5	24	5	

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 4.2.7 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 diversos poços em todas as campanhas amostrais, os pontos na área da Usina Fase B e Fase C que obtiveram presença de coliformes em pelo menos uma das campanhas foram os poços PM-2, PM-3, PM-4, PM-6, PM-7 e PM-9, sendo que o maior valor foi do poço PM-2 durante a Campanha 2 com 15,8 NMP·100mL^{-1}. Na área do Almoxarifado, os poços apresentaram contaminação por coliformes na maioria das campanhas, sendo que o PM-13 apresentou registro em todas as campanhas, contudo foi o PM-5 durante a Campanha 2 que obteve o maior registro com 13,5 NMP·100mL^{-1}. Vale lembrar que o poço PM-5 continha a presença de um canil em torno de sua localização, o qual não ocorre mais, no entanto, o seu entorno possui residências. Na área do Candiota-1, todos os pontos apresentaram em alguma das campanhas a detecção de coliformes, tendo o poço PM-20 durante a Campanha 2 o maior valor de coliformes entre os poços estudados, apresentando um valor de 276 NMP·100mL^{-1}.

Figura 4.2.7: 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, 2010) 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).

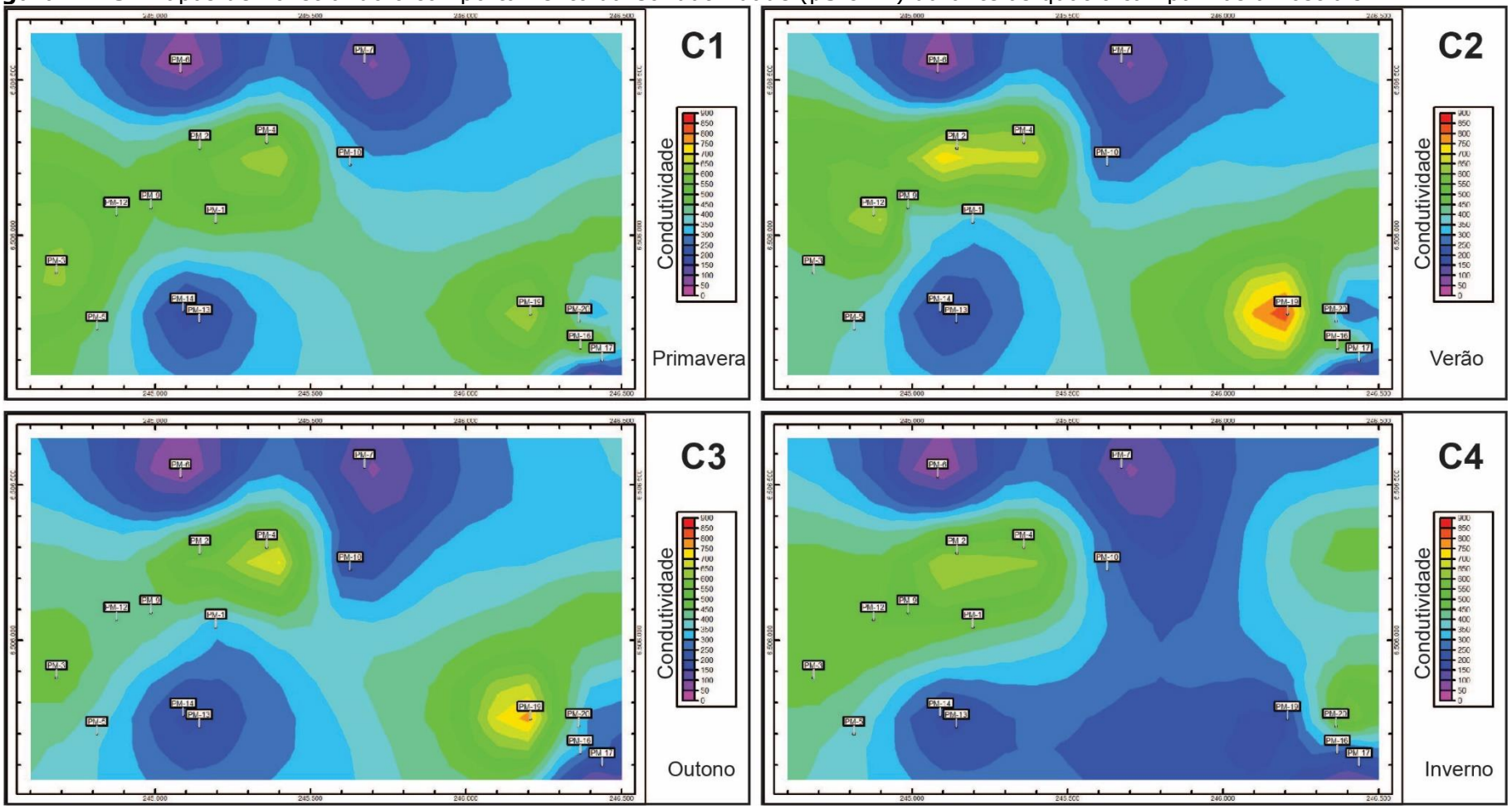
A figura 4.2.8 apresenta os gráficos com os valores de condutividade usando como referência o limite de 500µS/cm da ANZECC (2010). Os pontos que ultrapassam o valor limítrofe são os poços PM-2, PM-3, PM-4, PM-9, PM-12, PM-16, PM-19 e PM-20. O PM-19 apresentou o maior valor de condutividade durante a Campanha 2 com 837,8 µS/cm.

Observando os mapas da Figura 4.2.9 podemos analisar o comportamento da condutividade durante as campanhas. É interessante observar o aumento da condutividade em certas áreas do mapa, como por exemplo, no PM-19 na estação de verão, como também uma flutuação entre PM-2 e PM-4. Também se pode observar que a condutividade é menor no inverno e vai aumentando até chegar ao seu pico no verão, e após vai diminuindo.

Figura 4.2.8: Gráficos demonstrando os valores de Condutividade. Linha vermelha: limite de condutividade (ANZECC, 2010).

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 4.2.9: Mapas demonstrando o comportamento da Condutividade (μS·cm^{-1}) durante as quatro campanhas amostrais.



Cor Verdadeira

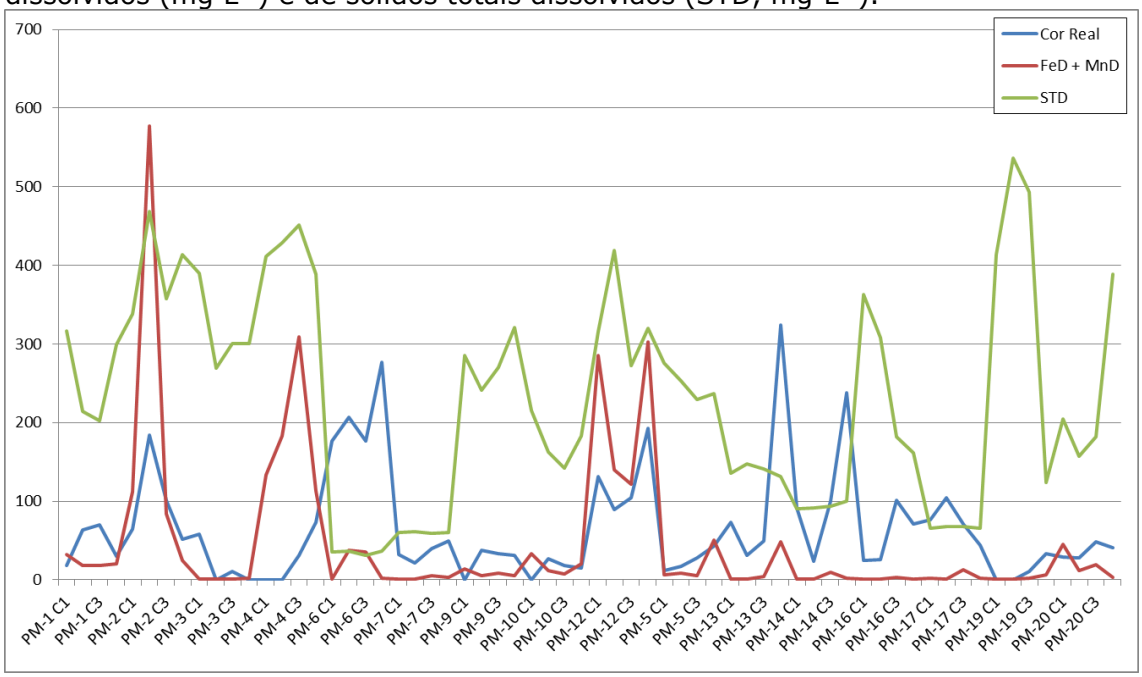
A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico (CETESB, 2016). Esses colóides orgânicos geralmente são ácidos húmico e fúlvico, substâncias 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 tem um valor máximo admissível de 20 UC e um valor de referência de 1 UC. No Brasil, a cor tem o valor limite determinado 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, todos os pontos em algum momento extrapolaram o limite de 15 UC. Os piores picos de análise de cor foram para os poços PM-2, PM-6, PM-12, PM-13 e PM-14 que ultrapassam a casa dos 180 UC, o valor máximo encontrado nesse projeto de 2020/2021 é de 324 UC no PM-13 durante a Campanha 4. Valores que tornam repulsivas as águas na sua questão estética, e com potencial relação de algum contaminante.

A Figura 4.2.10 ilustra um gráfico com as variações de cor, a soma de ferro e manganês dissolvidos, e de sólidos totais dissolvidos (convertidos da condutividade), não apresentando uma correlação significativa entre a variação da cor e dos demais parâmetros. Mas analisando pontualmente, os picos registrados nos poços PM-2, PM-5 e PM-12 sugere influência de Fe e Mn dissolvidos.

Figura 4.2.10: 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 4.2.19 e as Figuras 4.2.11 e 4.2.12 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 são o PM-5, PM-7, PM-9, PM-13 e PM-20 durante a Campanha 4, em que se registraram

valores de DBO_5, mas os valores de DQO ficaram abaixo do limite de detecção. Os piores índices de percentual biodegradável são encontrados na Campanha 1 com o poço PM-16, na Campanha 2 com o poço PM-2, e na Campanha 3 com os poços PM-9 e PM-12 tendo valores menores que 20% da biodegradação. Essas amostragens apresentaram altos índices de DQO e com valores de DBO_5 abaixo do limite de detecção. O poço PM-12 está localizado muito próximo na área aonde se encontram as bacias de decantação, o poço PM-2 está localizado ao lado do banheiro e PM-16 no centro cultural ocupado pela prefeitura.

A correlação das variáveis de DBO_5 e DQO é baixa para esse ano de projeto. O gráfico abaixo exibe um padrão constante aonde 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, e pontualmente temos alguma influência que é provocada por despejos de origem doméstica.

Tabela 4.2.19: 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.

POÇO	%DBO	POÇO	%DBO	POÇO	%DBO	POÇO	%DBO
PM-1 C1	100,0	PM-5 C1	ND	PM-10 C1	ND	PM-16 C1	15,9
PM-1 C2	ND	PM-5 C2	ND	PM-10 C2	ND	PM-16 C2	22,2
PM-1 C3	ND	PM-5 C3	ND	PM-10 C3	ND	PM-16 C3	28,6
PM-1 C4	63,7	PM-5 C4	361,7	PM-10 C4	83,7	PM-16 C4	ND
PM-2 C1	100,0	PM-6 C1	ND	PM-12 C1	32,8	PM-17 C1	ND
PM-2 C2	14,9	PM-6 C2	ND	PM-12 C2	25,0	PM-17 C2	83,3
PM-2 C3	66,7	PM-6 C3	ND	PM-12 C3	16,5	PM-17 C3	28,6
PM-2 C4	ND	PM-6 C4	ND	PM-12 C4	68,0	PM-17 C4	272,3
PM-3 C1	ND	PM-7 C1	100,0	PM-13 C1	ND	PM-19 C1	ND
PM-3 C2	ND	PM-7 C2	ND	PM-13 C2	50,0	PM-19 C2	ND
PM-3 C3	33,3	PM-7 C3	ND	PM-13 C3	28,6	PM-19 C3	ND
PM-3 C4	ND	PM-7 C4	305,0	PM-13 C4	321,7	PM-19 C4	275,0
PM-4 C1	ND	PM-9 C1	25,0	PM-14 C1	ND	PM-20 C1	ND
PM-4 C2	ND	PM-9 C2	ND	PM-14 C2	ND	PM-20 C2	66,7
PM-4 C3	28,6	PM-9 C3	19,8	PM-14 C3	25,0	PM-20 C3	ND
PM-4 C4	ND	PM-9 C4	361,7	PM-14 C4	43,5	PM-20 C4	298,3

Figura 4.2.11: Gráficos demonstrando a correlação do DBO com o DQO ($mg \cdot L^{-1}$ O_2).

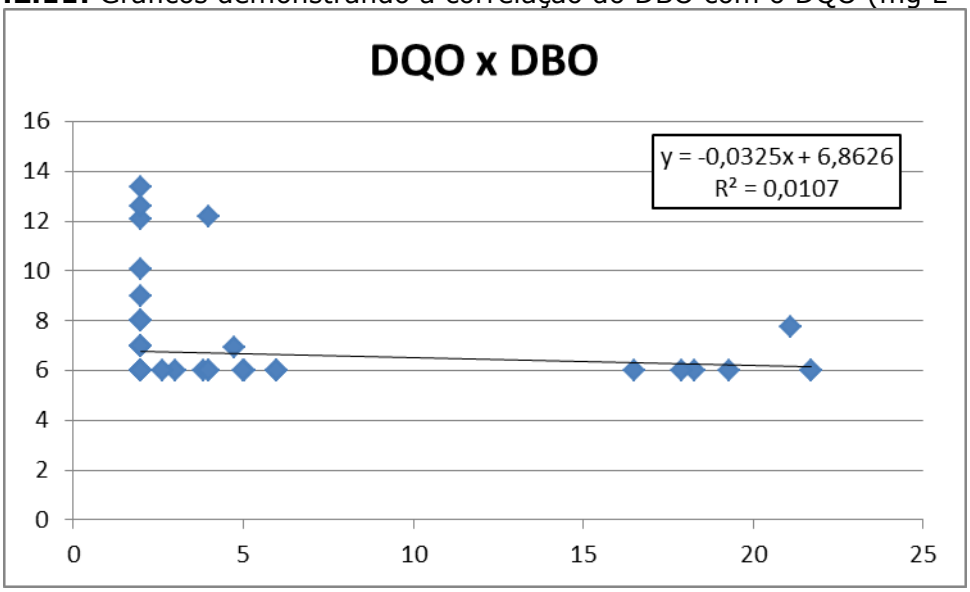
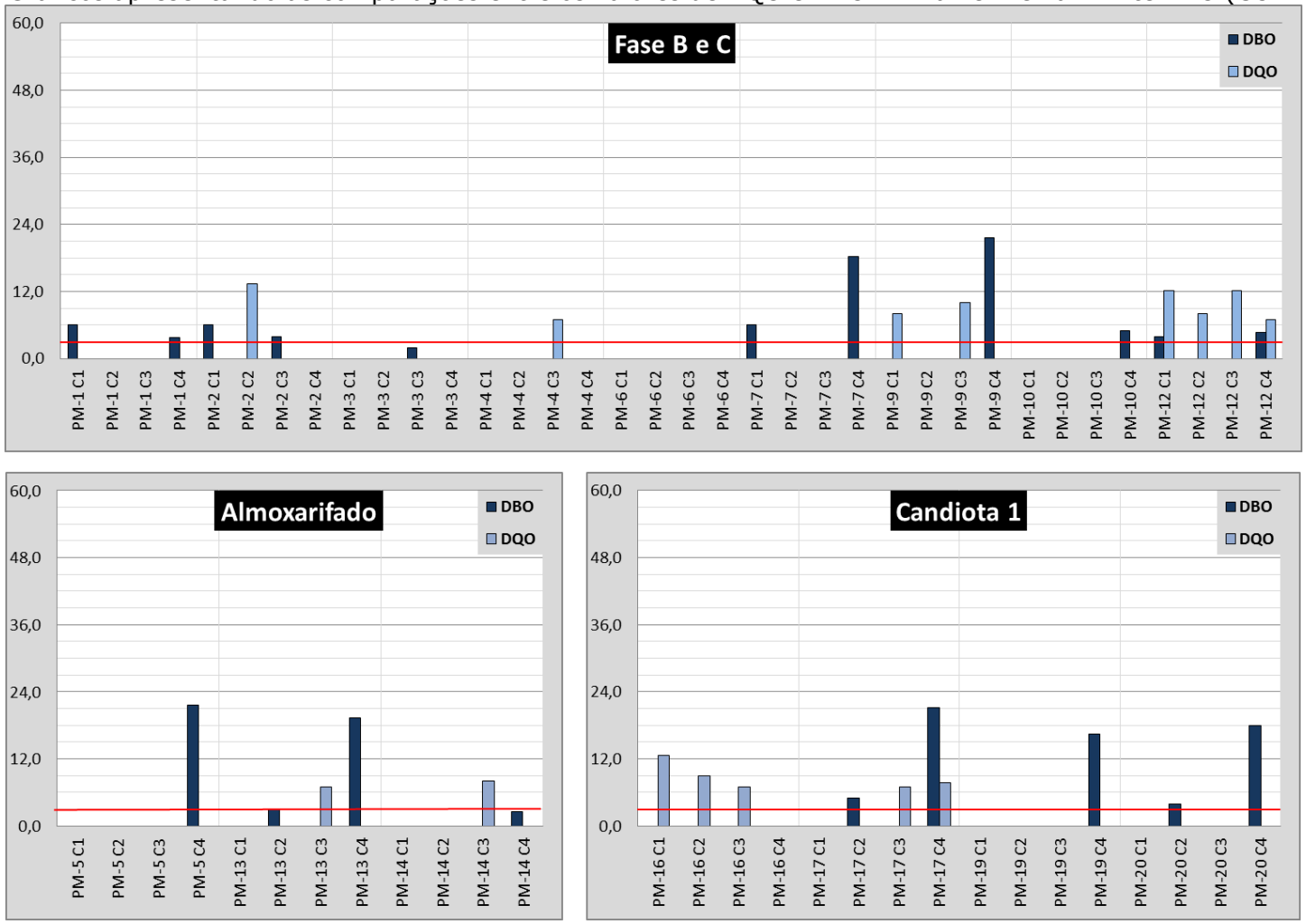


Figura 4.2.12: Gráficos apresentando as comparações entre os valores de DQO e DBO. Linha vermelha: limite DBO (CONAMA 357, 2005).

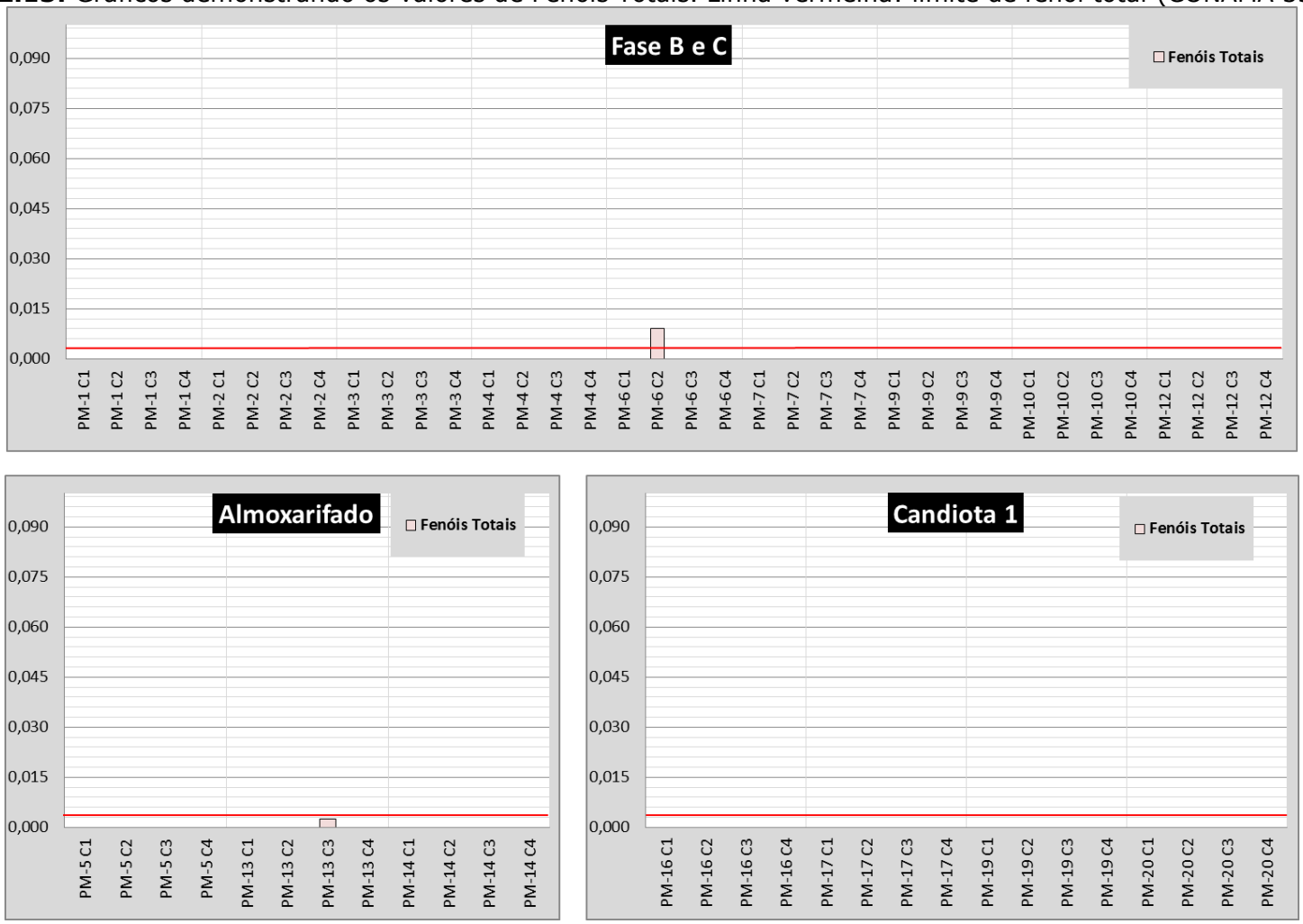


Fenóis Totais

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).

A Figura 4.2.13 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo os valores obtidos para os fenóis totais. Os valores dos fenóis totais não apresentam uma regularidade específica ou tendência geral para os poços de monitoramento, e sua detecção vem cada vez mais diminuindo em relação aos estudos de anos anteriores. No projeto vigente, a obtenção de valores acima do determinado pela legislação (classe 1 do CONAMA 357, 2005) ocorreu apenas no poço PM-6 durante a Campanha 2 com valor de 0,009 $mg \cdot L^{-1}$.

Figura 4.2.13: Gráficos demonstrando os valores de Fenóis Totais. Linha vermelha: limite de fenol total (CONAMA 357, 2005).



Fósforo Total

O fósforo aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. Nestes, 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).

A Figura 4.2.13 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 os valores de fósforo total que não ultrapassam o limite determinado pela legislação vigente para classe 1 da Resolução CONAMA 357-2005 são as dos poços PM-3, PM-4 e PM-7, exatamente os mesmos poços do ano anterior. Os demais poços em pelo menos uma das campanhas amostrais tiveram seus valores de fósforo total acima do limite. O maior valor encontrado nessa área foi no poço PM-12 durante a primeira campanha amostral com valor de 0,080 $mg \cdot L^{-1}$. Na área do Almoxarifado os valores de fósforo total ultrapassaram o limite para o consumo humano em todos os pontos e em quase todas as campanhas amostrais. O poço PM-5 durante a segunda campanha amostral apresentou o maior índice com 0,100 $mg \cdot L^{-1}$. Na área do Candiota 1 os valores de fósforo total ultrapassam o limite em todos os pontos e em várias campanhas amostrais, sendo que o poço PM-16 durante a Campanha 3, novamente, exibiu o pior resultado para fósforo total de todos os poços com o valor de 0,317 $mg \cdot L^{-1}$. A Figura 4.2.14 apresenta o comportamento do fósforo total para as quatro campanhas amostrais. Nos mapas podemos observar uma mancha com maiores valores de fósforo durante a primavera principalmente na área do poço PM-16. Essa mancha vai aumentando ao longo do tempo até chegar o seu pico no outono, mas decai no inverno. Esses picos podem ter correlação com alguma emissão de esgoto oriundo da ocupação do centro cultural localizado ao lado do ponto PM-16. Já no ponto PM-5 pode estar vinculado à ocupação urbana do entorno. Apesar disso, os picos são menores que do ano anterior.

Figura 4.2.13: Gráficos demonstrando os valores de Fósforo Total. Linha vermelha: limite de fósforo total (CONAMA 357, 2005).

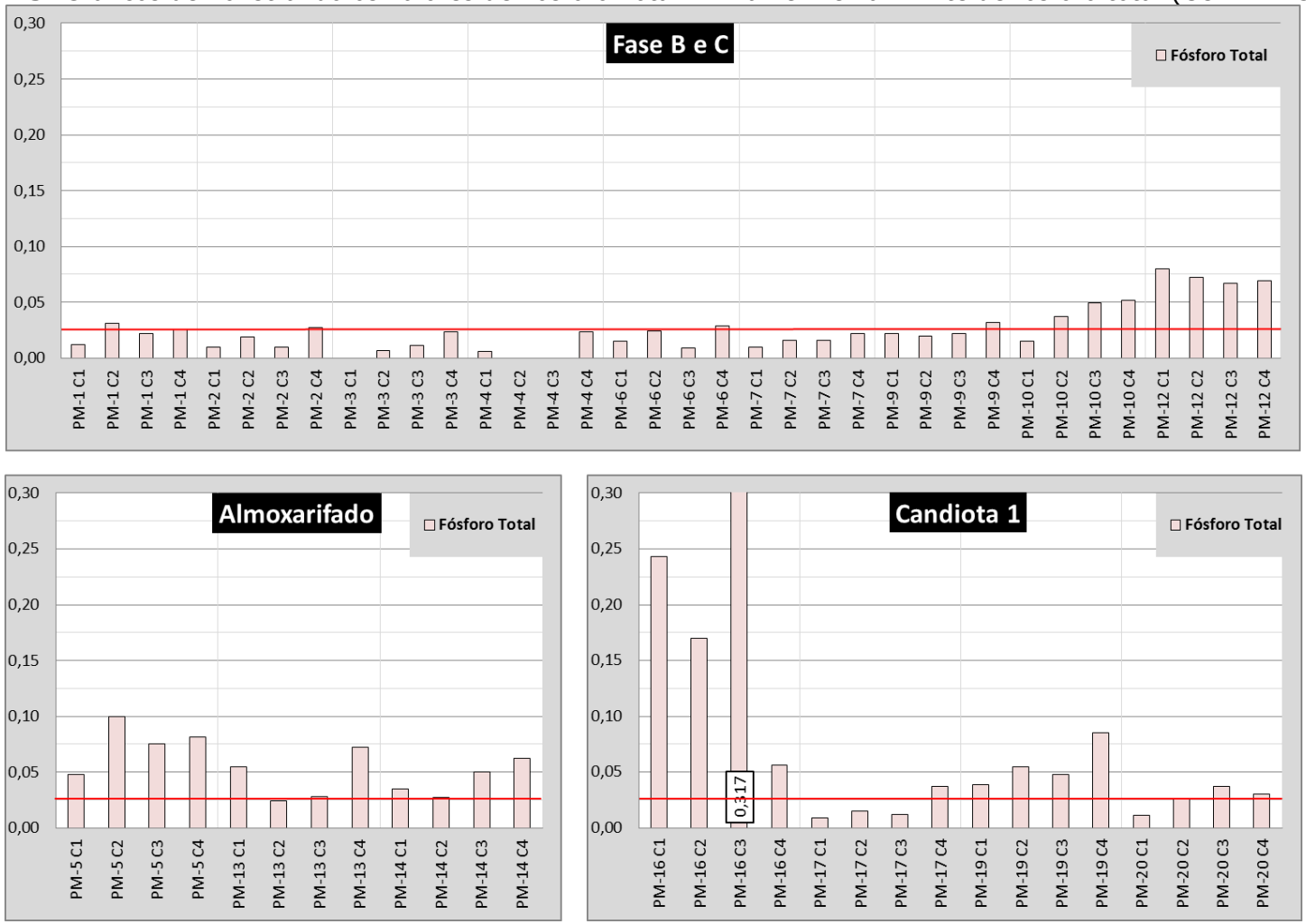
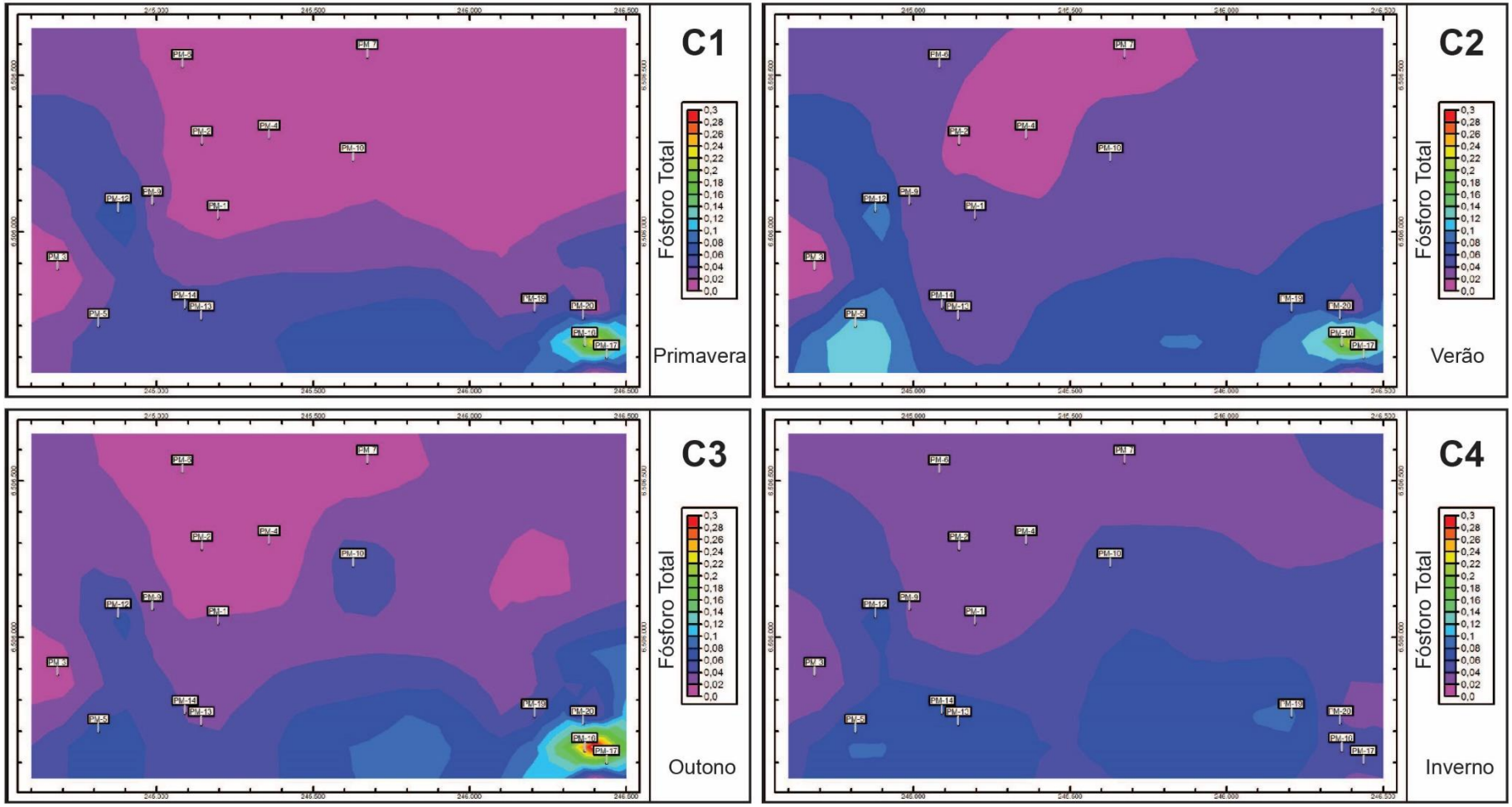


Figura 4.2.14: Mapas demonstrando o comportamento do Fósforo Total (mg·L^{-1}) durante as quatro campanhas amostrais.



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 Figura 4.2.15 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo os valores obtidos para a variável de oxigênio dissolvido (O.D.). As medidas de O.D. apresentaram valores gerais um pouco menores em relação ao ano anterior e uma tendência notável da diminuição de O.D. nas campanhas amostrais 2 e 4 em relação às campanhas 1 e 3 desse ano de estudo.

Na área da Usina Fase B e C o oxigênio dissolvido possui valores abaixo do limite proposto para classe 1 da Resolução CONAMA 357-2005 para todos os poços em pelo menos uma das campanhas, sendo que os poços PM-1, PM-7, PM-9, PM-10 e PM-12 na quarta campanha obtiveram resultados de O.D. os quais ficaram abaixo do limite de detecção ($<0,2$ $mg \cdot L^{-1}$).

Na área do Almoxarifado os valores de oxigênio dissolvido ficaram baixo do limite em pelo menos uma campanha em todos os pontos. Os poços PM-5, PM-13 e PM-14 na quarta campanha obtiveram resultados de O.D. os quais ficaram abaixo do limite de detecção ($<0,2$ $mg \cdot L^{-1}$).

Na área do Candiota 1 os valores de oxigênio dissolvido ficaram acima do limite exigido em pelo menos uma das campanhas. Os piores valores encontrados foram para os poços PM-17, PM-19 e PM-20 durante a quarta campanha com valor abaixo do limite de detecção ($<0,2$ $mg \cdot L^{-1}$).

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 4.2.15: Gráficos demonstrando os valores de oxigênio dissolvido. Área preenchida em azul: boas condições (CONAMA 357, 2005).

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.

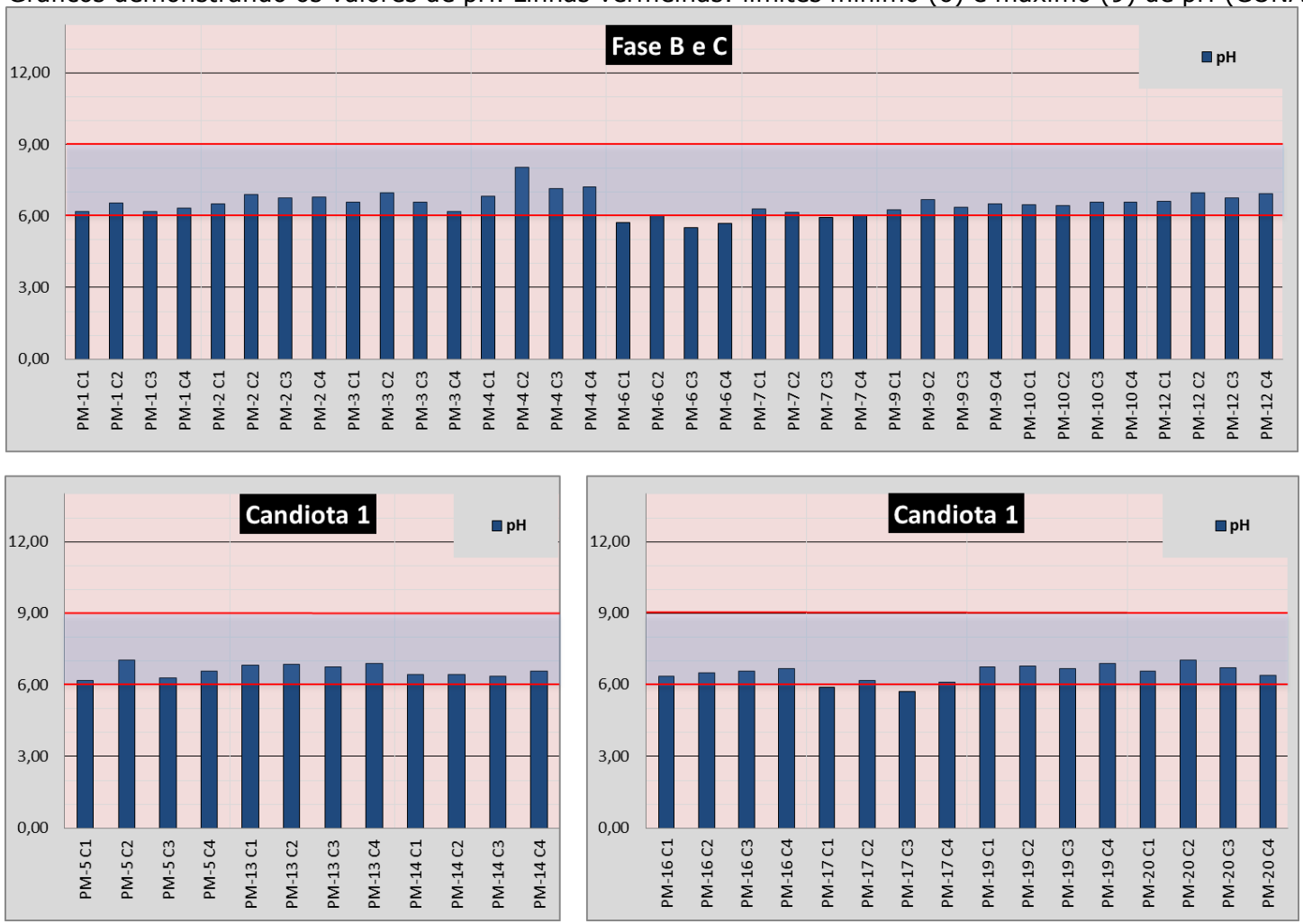
Foi detectada contaminação por óleos e graxas apenas nos poços PM-4 e PM-10 na quarta campanha durante os estudos do ano 2020/2021 com os valores de 15,7 e 643,4 $mg \cdot L^{-1}$, respectivamente. As águas subterrâneas nos demais locais analisados não apresentam detecção laboratorial desse contaminante.

pH

A Figura 4.2.16 apresenta os valores de pH encontrados nos poços para as quatro campanhas amostrais e classificados dentro da faixa (azul) determinado pela legislação brasileira (CONAMA 357, 2005).

De modo geral, os valores para pH se encontram dentro da faixa ou próxima ela, não ocorrendo evidências de maiores problemas. O menor valor encontrado para pH foi de 5,51 para o poço PM-6 na terceira campanha, o qual também apresentou a menor média no seu pH durante as campanhas, podendo ter relação com a proximidade com área de agropecuária.

Figura 4.2.16: Gráficos demonstrando os valores de pH. Linhas vermelhas: limites mínimo (6) e máximo (9) de pH (CONAMA 357, 2005).



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 4.2.17 apresenta os índices para turbidez para cada poço nas quatro campanhas amostrais. Os valores de turbidez ficaram acima dos limites para o consumo humano em quase todos os pontos amostrais em pelo menos alguma das campanhas, com exceção dos pontos PM-3, PM-5, PM-9, PM-10 e PM-20. Os maiores valores foram encontrados no poço PM-12 durante a quarta campanha com registro de 96,7 NTU.

É notado nas tabelas de dados desse estudo que sempre que a turbidez ultrapassa os limites legislativos, a cor também ultrapassa.

Figura 4.2.17: Gráficos demonstrando os valores de Turbidez. Linhas vermelhas: limite de turbidez (MS 1469, 2000).

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).

As medidas de metais totais que apresentaram valores acima do limite para alguns poços em pelo menos uma campanha amostral foram: alumínio, chumbo, ferro, manganês, mercúrio e níquel. Os valores de metais dissolvidos que ultrapassaram os limites em pelo menos uma campanha amostral foram: alumínio, cobre, ferro e manganês.

No grupo dos metais de caráter tóxico, o arsênio total e dissolvido, o cádmio total e dissolvido, o chumbo dissolvido, o cobre total, o cromo total e dissolvido, o mercúrio dissolvido, e o níquel 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 4.2.18 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 geralmente mantém um mesmo desenho geométrico oriundo das análises quantitativas, variando apenas a quantidade, porém mantendo uma identidade e proporção. 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.

Figura 4.2.18: Gráficos apresentando a distribuição dos metais totais analisados nesse estudo para cada campanha amostral. Valores dos gráficos em mg·L^{-1}.

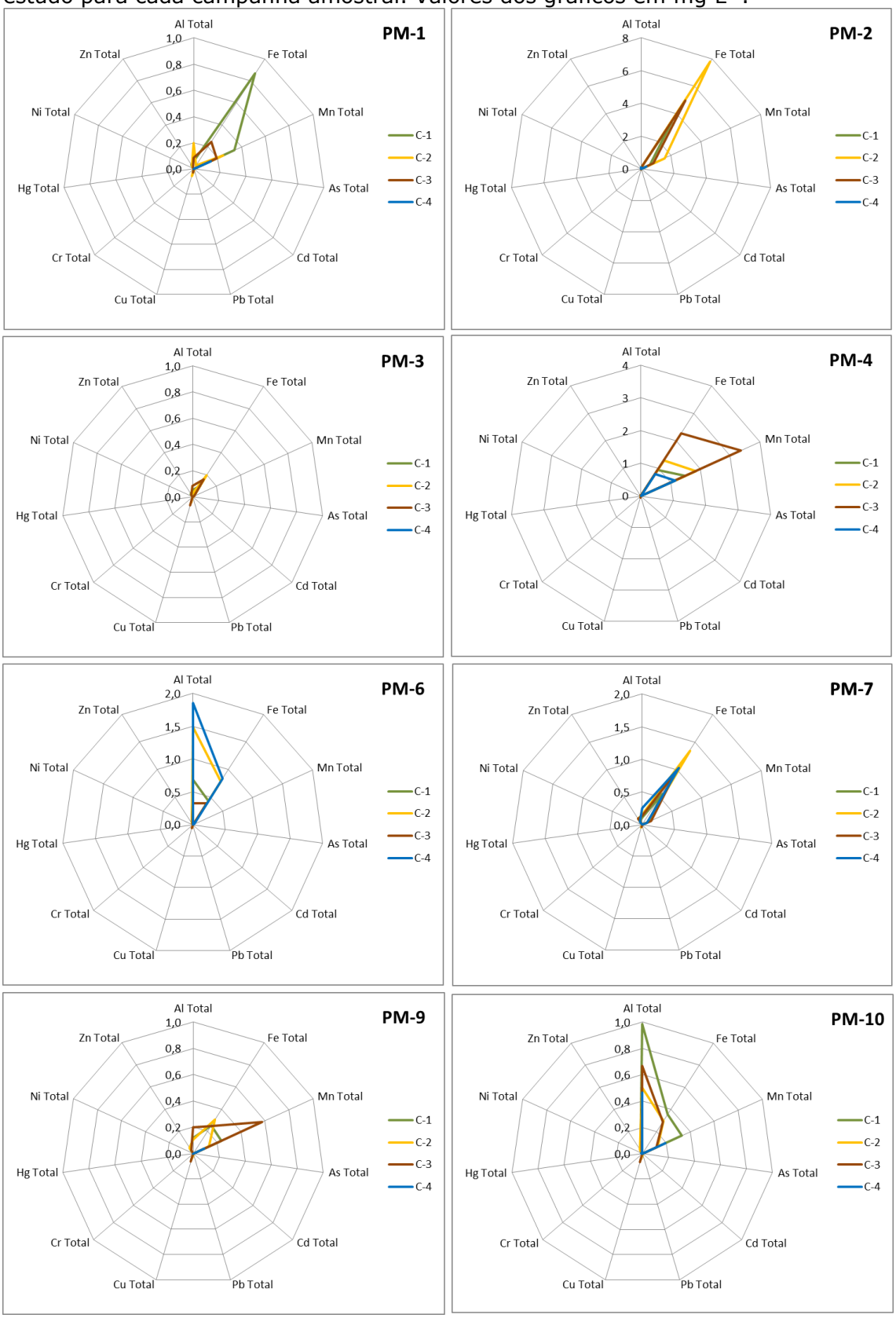
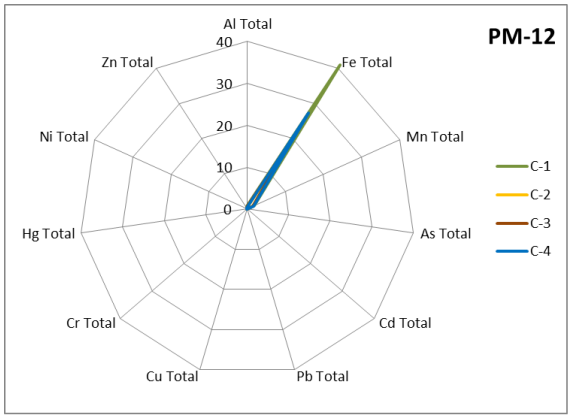
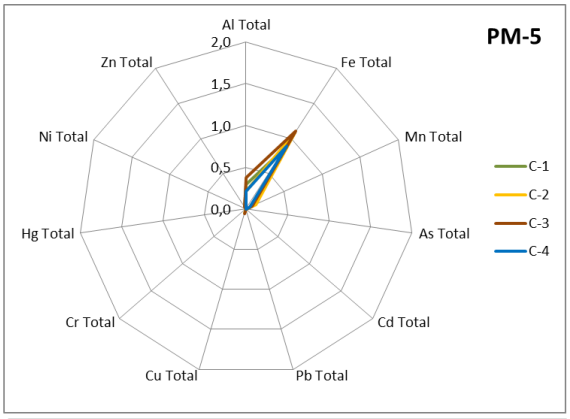
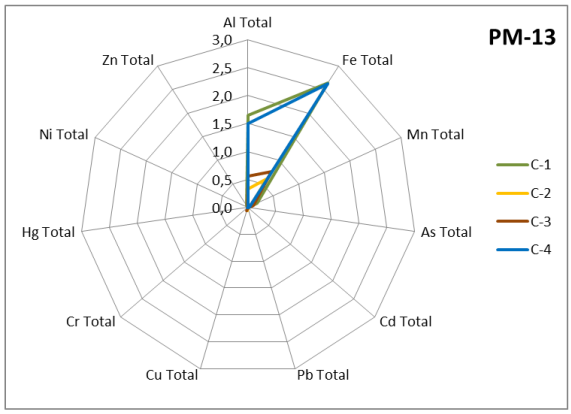


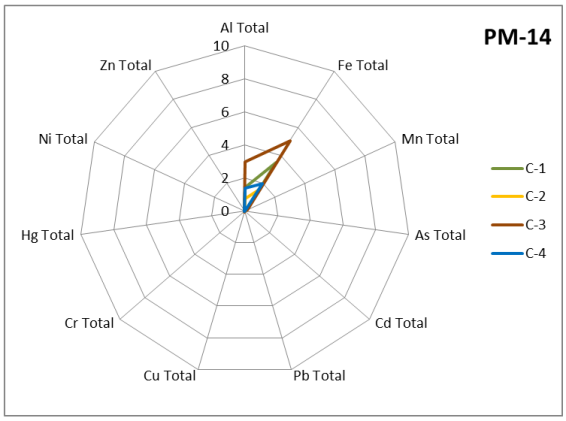
Figura continua na próxima página.

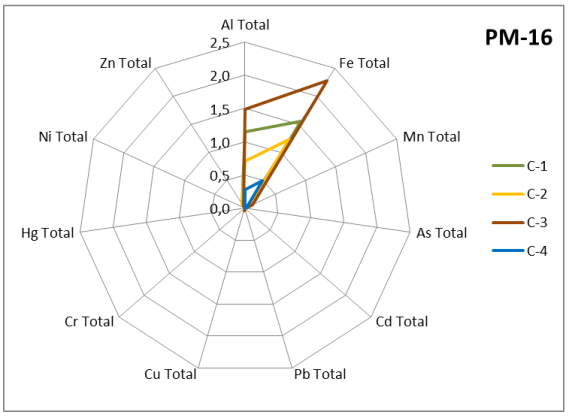
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

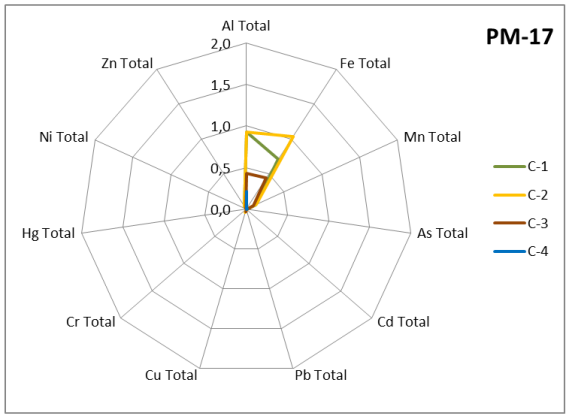


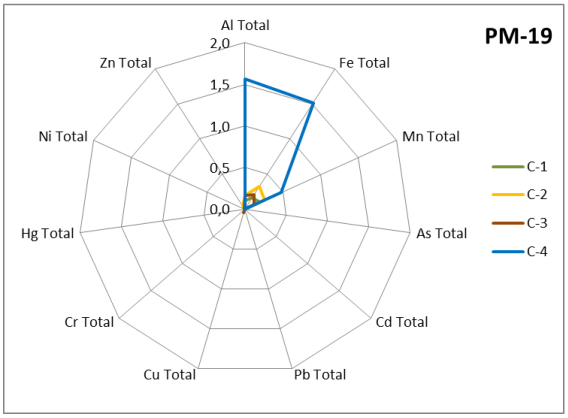


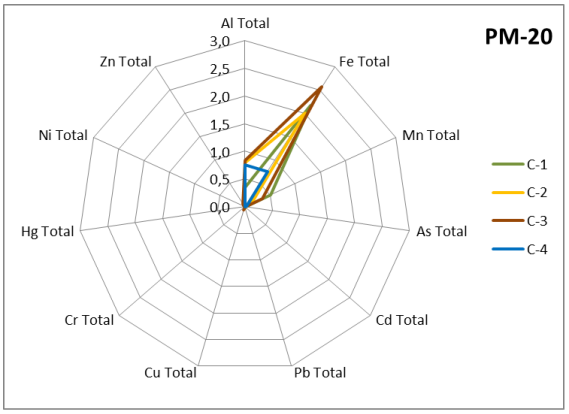












A Figura 4.2.19 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de alumínio dissolvido e alumínio total.

Na área da Usina Fase B e C, os poços PM-1, PM-2, PM-3 e PM-4 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-6 oque obteve o maior valor com 1,850 $mg \cdot L^{-1}$ de Al. O alumínio dissolvido é encontrado acima do limite (0,1 $mg \cdot L^{-1}$ de Al) nos pontos PM-6, PM-7 e PM-10, tendo o maior valor no ponto PM-6 em que ultrapassa em todas as campanhas os limites com medidas chegando a 0,722 $mg \cdot L^{-1}$ de Al.

Na área do Almoxarifado os valores de alumínio total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos e em todas as campanhas, sendo que no poço PM-14 foi encontrado o maior valor em frente à legislação vigente da Resolução CONAMA 396-2008 durante a Campanha 3 com 2,961 $mg \cdot L^{-1}$ de Al. Os valores de alumínio dissolvido ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os poços pelo menos em uma campanha, com o valor máximo encontrado de 0,355 $mg \cdot L^{-1}$ de Al no PM-13 durante a quarta campanha.

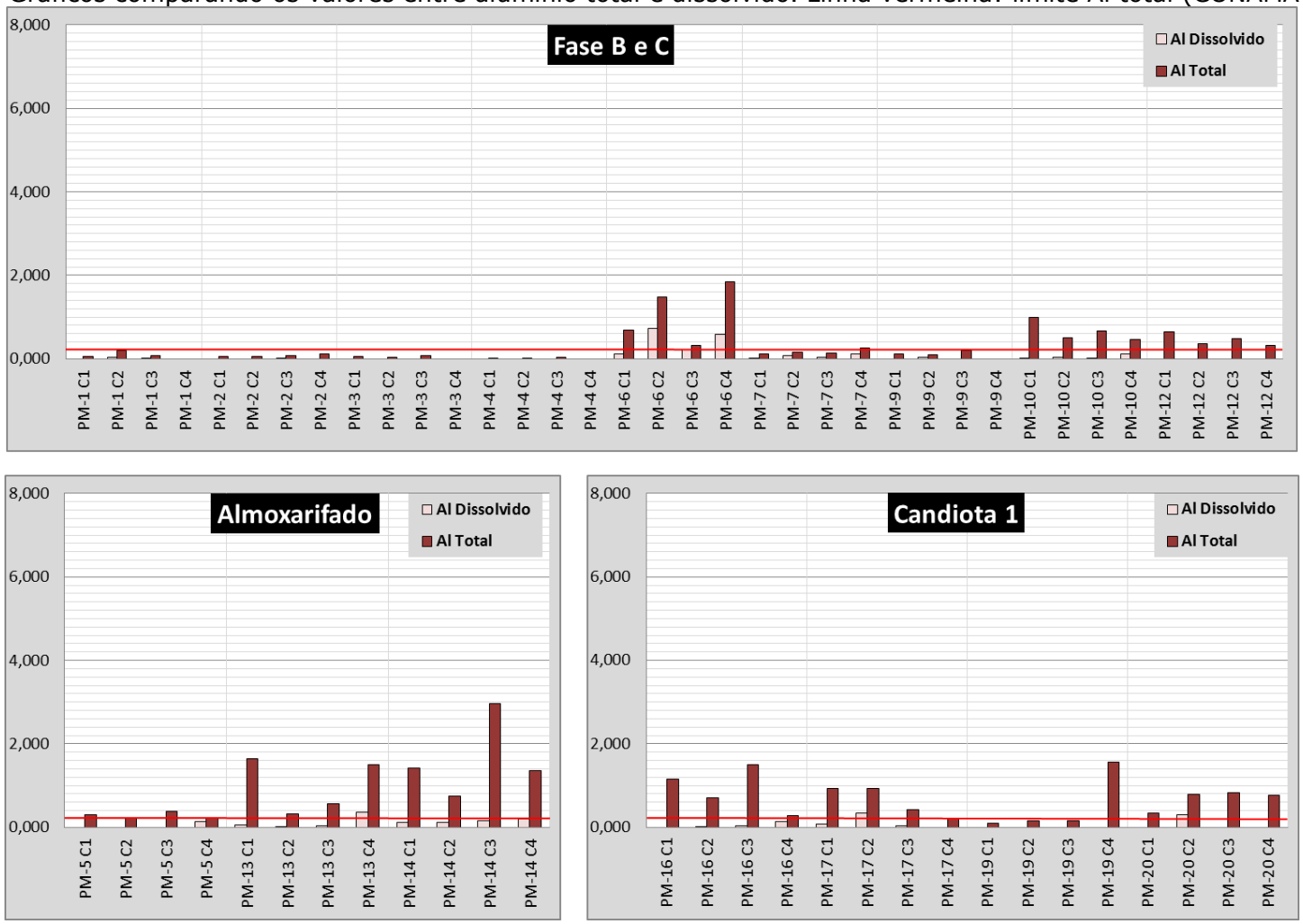
Na área do Candiota 1, os valores de alumínio total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos e em quase todas as campanhas amostrais, sendo que o poço PM-19 durante a Campanha 4 apresentou o valor mais elevado com 1,564 $mg \cdot L^{-1}$ de Al. Os valores ultrapassam os limites para Al dissolvido nos poços PM16, PM-17 e PM-20, tendo o seu máximo valor na área encontrado no poço PM-17 com 0,340 $mg \cdot L^{-1}$ de Al durante a segunda campanha amostral.

A Figura 4.2.20 apresenta o mapa com os diagramas em pizza plotados nos locais dos poços respectivos 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.

A relação entre alumínio total e dissolvido tem maior significância nos poços PM-6, PM-7 e PM-17 apresentando valores de Al dissolvido igual ou acima de 15%.

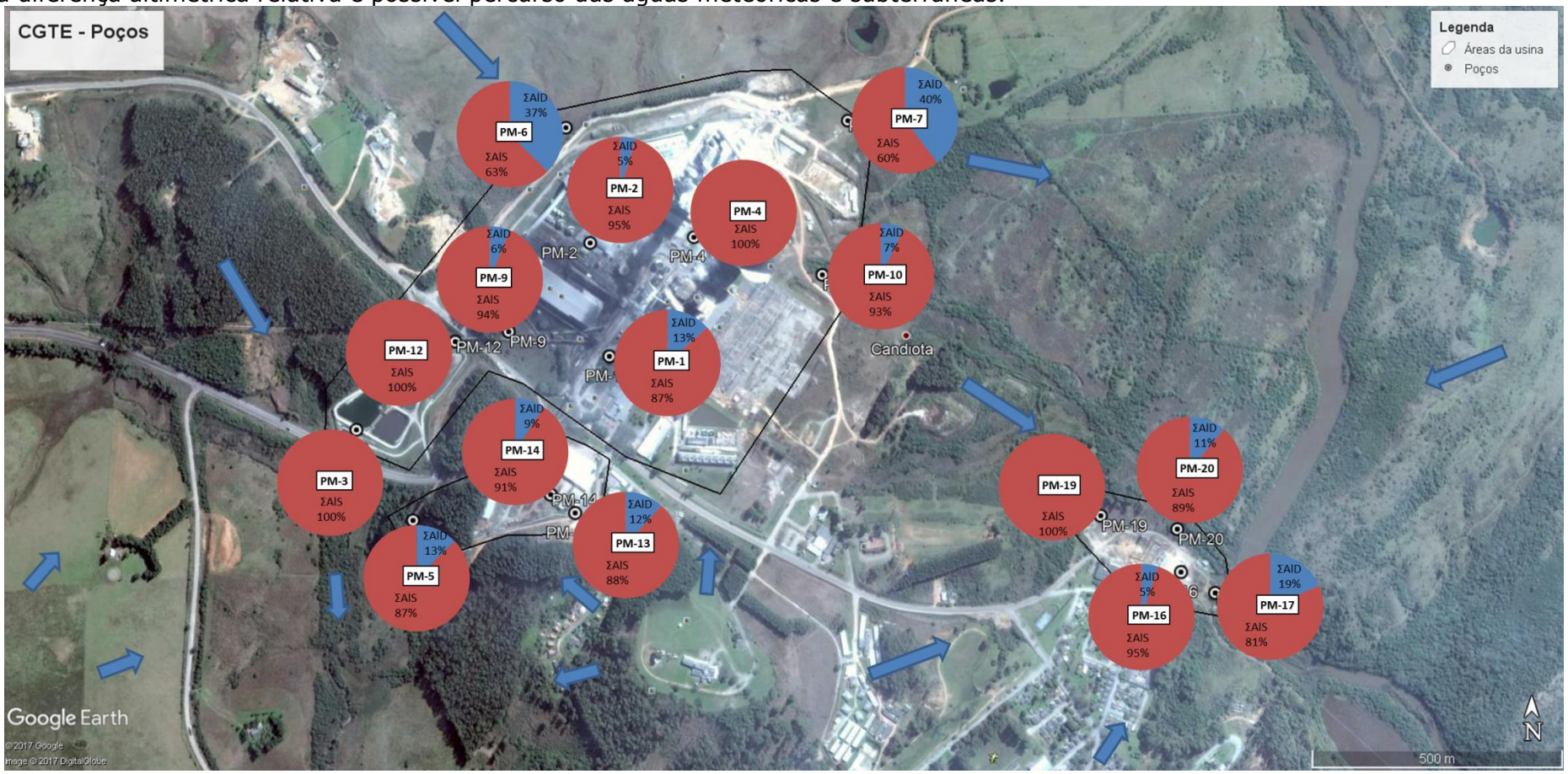
Analisando os mapas e os gráficos com as relações dos metais totais e dissolvidos de Al, o maior percentual se encontra nos poços PM- 6 e PM-7 com 37% e 40%, respectivamente, de Al dissolvido em relação à medida de Al total. Isso pode ser devido ao poço PM-6 estar localizado na área externa podendo ser originário de fontes externas a noroeste do ponto a área da usina termelétrica e possivelmente relacionada aos usos do solo, o qual o poço PM-7 também pode estar sofrendo influência.

Figura 4.2.19: Gráficos comparando os valores entre alumínio total e dissolvido. Linha vermelha: limite Al total (CONAMA 396, 2008).



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 4.2.20: 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 4.2.21 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 ao poço PM-3. Os maiores valores se encontram no poço PM-12 o qual chega a valores de até 40,8 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe. Já o Fe dissolvido é encontrado acima do limite para os pontos PM-2, PM-6 e PM-12, tendo os maiores valores no ponto PM-2 durante a segunda campanha com valor de 4,531 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe. Na área do Almoxarifado os valores de ferro total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos e em todas as campanhas, sendo o poço PM-14 o que registra o pior valor no local com 5,055 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe. O valor de ferro dissolvido ultrapassa o limite para o consumo humano nos poços PM-5 e PM-13 durante a Campanha 4 com o maior valor obtido pelo PM-13 com 0,469 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe. Na área do Candiota 1 os valores de ferro total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos e em quase todas as campanhas amostrais tendo o maior valor encontrado para a área no ponto PM-20 com 2,574 $mg \cdot L^{-1}$ de Fe durante a Campanha 3. Nenhum poço localizado na área do Candiota 1 apresentou valores de Fe dissolvido acima do limite exigido pela legislação.

A Figura 4.2.22 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 maior significância no poço PM-2 e PM-6 apresentando valores de Fe dissolvido acima de 15%. A maioria dos poços é composta quase que completamente por Fe em suspensão. O maior percentual de Fe dissolvido é exibido pelo PM-2 com 32%. A análise dos mapas e gráficos com as relações de Fe dissolvido e total demostra que o poço PM-2 pode ter sofrido influência de atividades de manutenção da usina ou de influência externa vindo do poço PM-6.

Figura 4.2.21: Gráficos comparando valores (mg·L^{-1}) entre ferro total e dissolvido. Linha vermelha: limite Fe total (CONAMA 396, 2008).

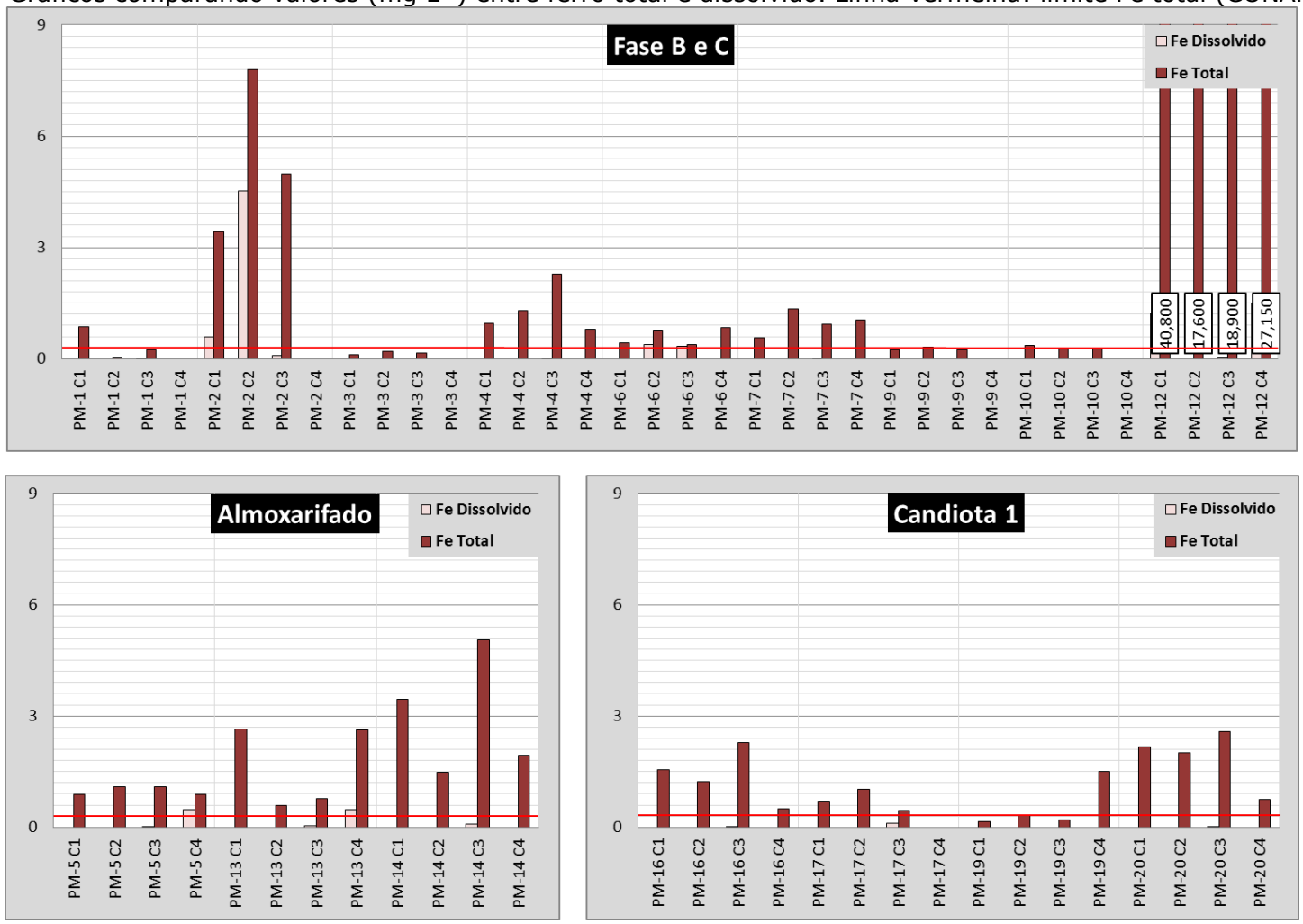
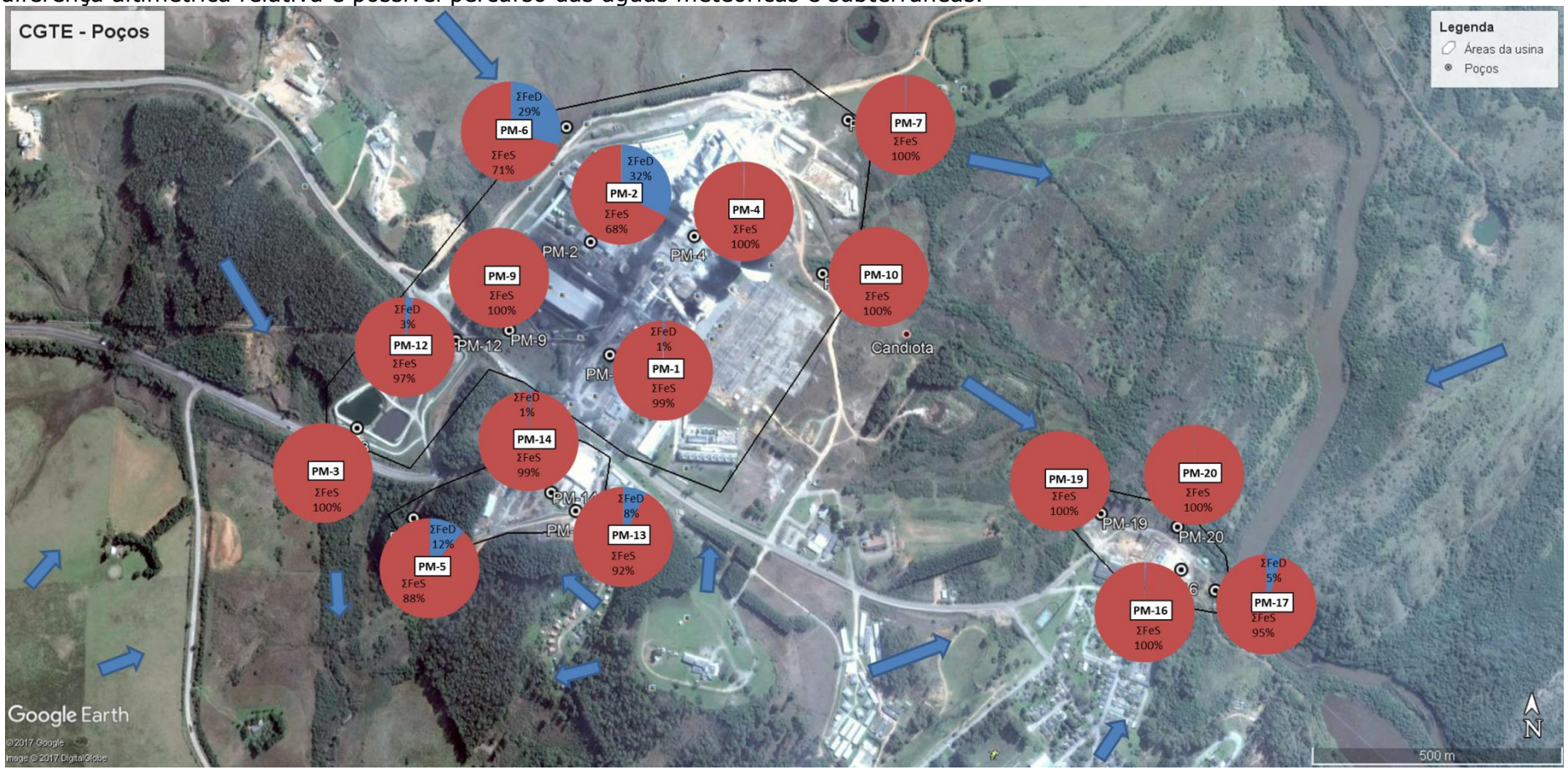


Figura 4.2.22: Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de ferro em suspensão (porção vermelha dos diagramas em pizza) e ferro dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas.



A Figura 4.2.23 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 quase todos os poços em pelo menos uma das campanhas, com exceção dos pontos PM-3 e PM-6. O poço PM-4 registra o maior valor de Mn total chegando com 3,350 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn durante a Campanha 3. O Mn dissolvido foi encontrado acima do limite para os poços PM-1, PM-2, PM-4, PM-9, PM-10 e PM-12, sendo que o PM-4 atingiu o maior valor com 3,068 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn também na Campanha 3.

Na área do Almoxarifado os valores de Mn total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos pelo menos uma das campanhas, sendo o maior valor encontrado no PM-13 com 0,180 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn. Os valores de Mn dissolvido não ultrapassam o limite para o consumo humano na área do almoxarifado. Na área do Candiota 1 os valores de Mn total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos em pelo menos uma das campanhas amostrais. O poço PM-20 registra o maior valor chegando a 0,505 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn. O Mn dissolvido ultrapassa o limite em pelo menos uma campanha apenas no ponto PM-20 chegando ao valor de 0,443 $mg \cdot L^{-1}$ de Mn.

A Figura 4.2.24 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 tem maior significância nos poços PM-1, PM-2, PM-3, PM-4, PM-5, PM-6, PM9, PM-10, PM-12 e PM-20 apresentando valores de Mn dissolvido acima de 15%. O maior percentual de Mn dissolvido se encontra nos poços PM-1 e PM-4 com 94%, seguido do poço PM-10 com 92%.

Figura 4.2.23: Gráficos comparando os valores entre manganês total e dissolvido. Linha vermelha: limite Mn total (CONAMA 396, 2008).

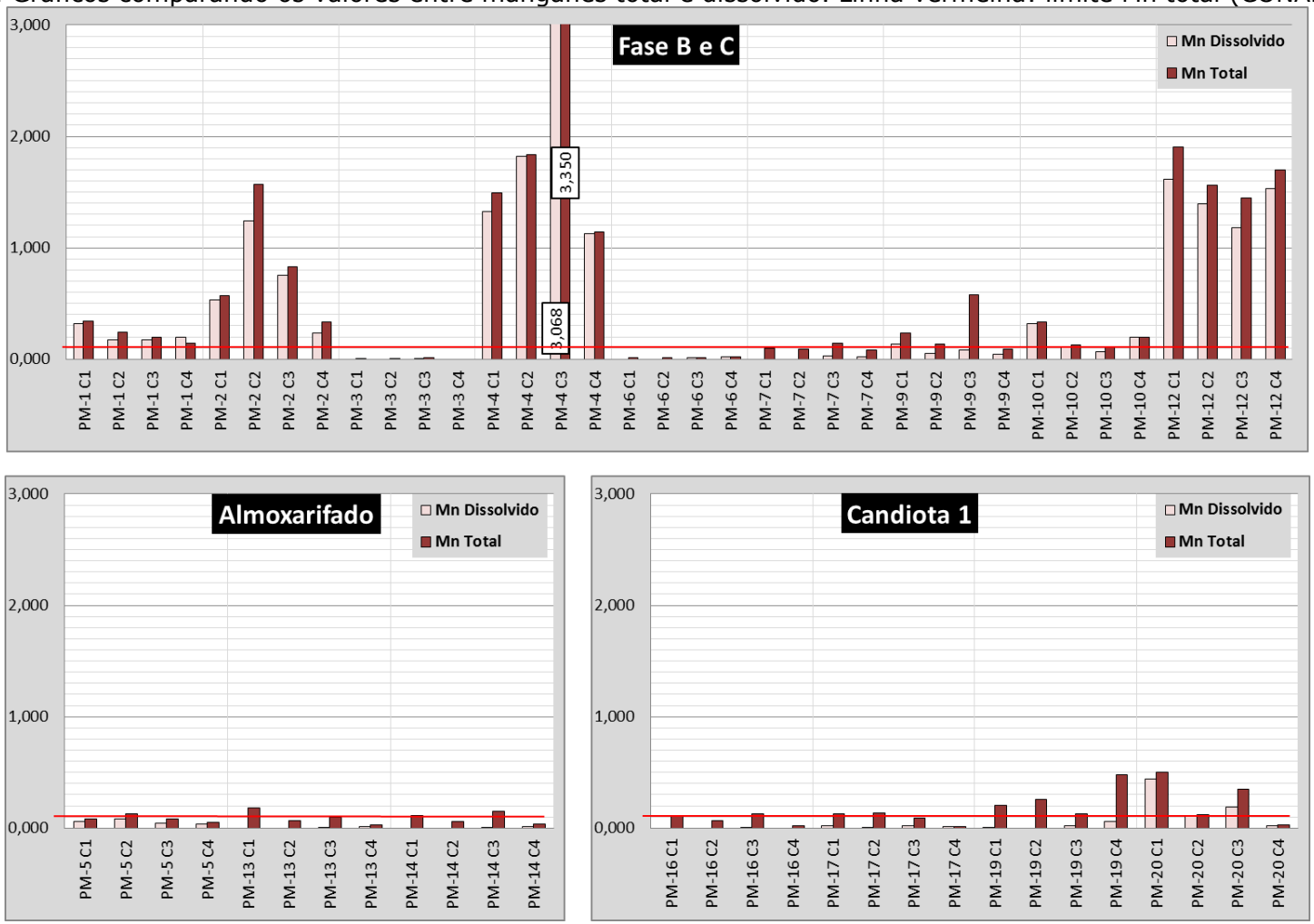
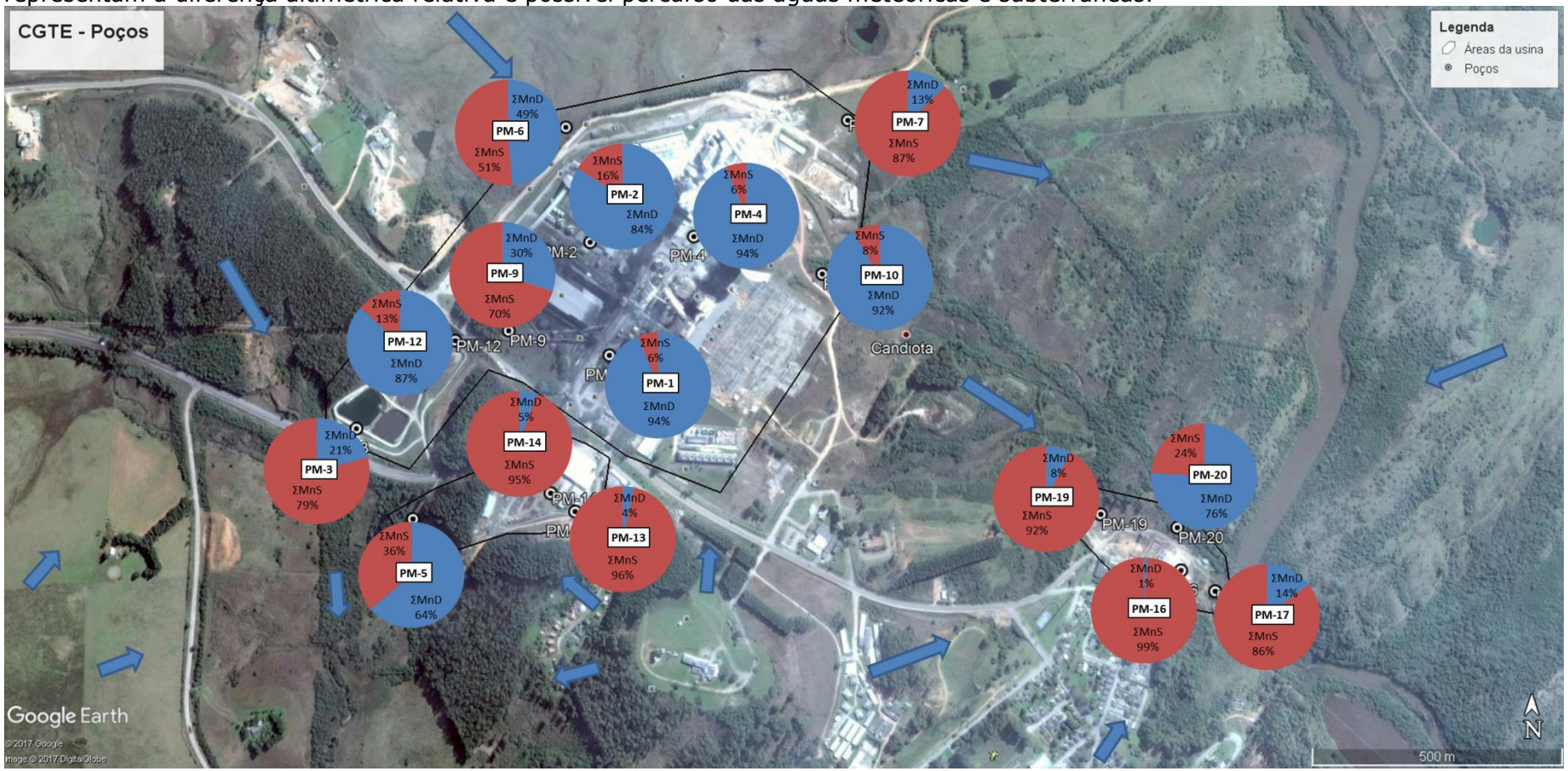


Figura 4.2.24: Mapa apresentando as relações percentuais da soma dos valores das quatro campanhas de manganês em suspensão (porção vermelha dos diagramas em pizza) e manganês dissolvido (porção azul dos diagramas em pizza) para cada poço. As setas azuis representam a diferença altimétrica relativa e possível percurso das águas meteóricas e subterrâneas.



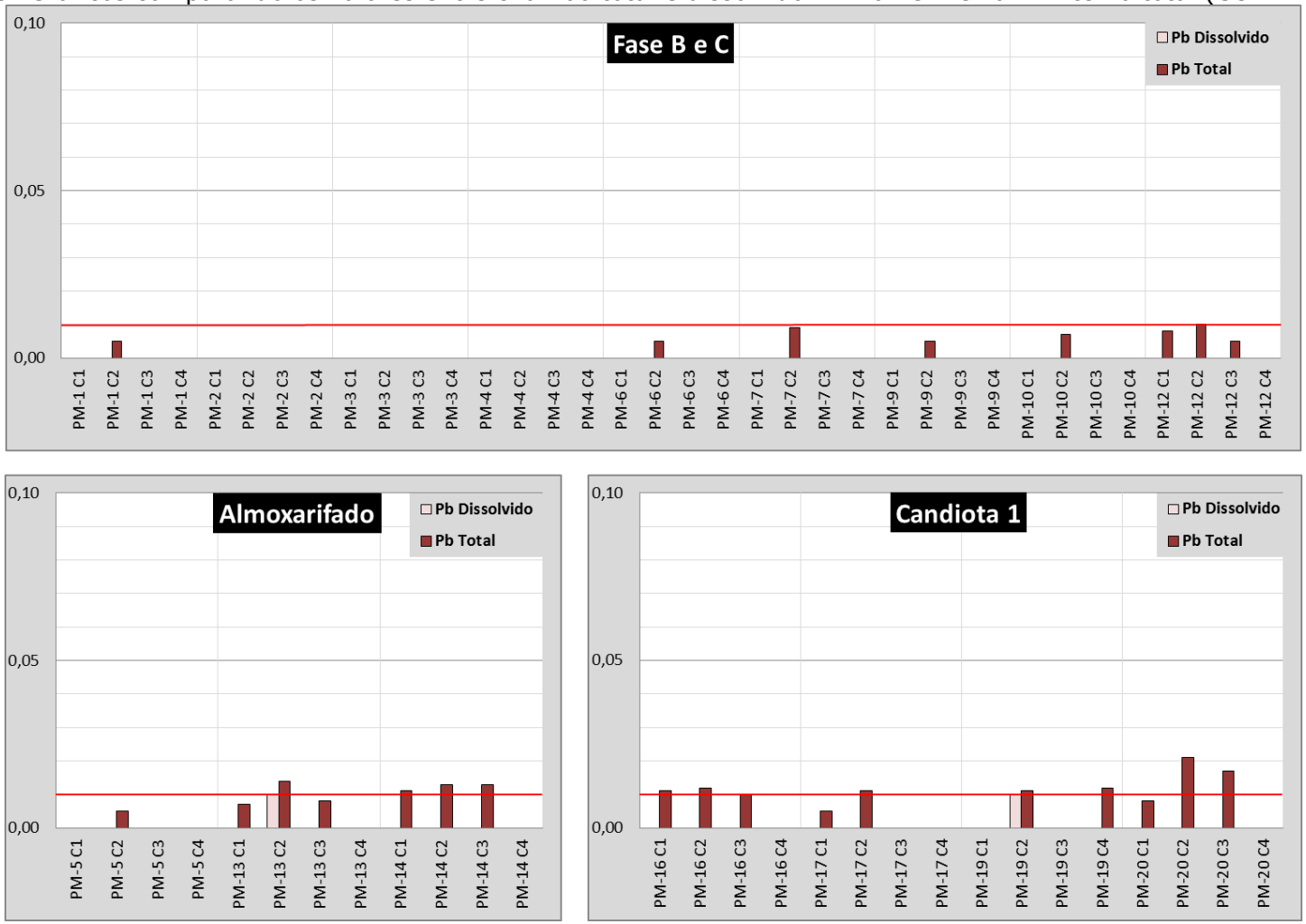
A Figura 4.2.25 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de chumbo dissolvido e chumbo total. Os valores do chumbo não apresentam uma regularidade específica ou tendência geral para os poços de monitoramento, onde cada poço variou de maneira diferente o seu teor de Pb.

Na área da Usina Fase B e C, o chumbo total e dissolvido não ultrapassou os valores determinados para o consumo humano nas campanhas amostrais.

Na área do Almoxarifado os valores de chumbo total ultrapassam o limite para o consumo humano nos pontos PM-13 e PM-14 em pelo menos uma das campanhas amostrais, sendo o ponto PM-13 obteve o maior registro na área com o valor de 0,014 $mg \cdot L^{-1}$ de Pb durante a Campanha 2. O chumbo dissolvido não ultrapassou o limite estabelecido pela legislação para o consumo humano (0,01 $mg \cdot L^{-1}$ de Pb).

Na área do Candiota 1 os valores de chumbo total ultrapassam o limite para o consumo humano em todos os pontos em pelo menos umas das campanhas amostrais, em que o poço PM-20 registra os maiores valores encontrados na área com 0,021 $mg \cdot L^{-1}$ de Pb durante a Campanha 2. O chumbo dissolvido não ultrapassou o limite estabelecido pela legislação para o consumo humano (0,01 $mg \cdot L^{-1}$ de Pb) na área de Candiota 1.

Figura 4.2.25: Gráficos comparando os valores entre chumbo total e dissolvido. Linha vermelha: limite Pb total (CONAMA 396, 2008).



A Figura 4.2.26 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 o níquel total e dissolvido não ultrapassaram os valores do limite de consumo humano em frente à legislação vigente da Resolução CONAMA 396-2008.

Na área do Almoxarifado o valor de níquel total que ultrapassou o limite para o consumo humano foi detectado no poço PM-14 durante a Campanha 3 com o valor de 0,021 $mg \cdot L^{-1}$ de Ni. O níquel dissolvido não atingiu o limite de detecção analítico nos poços monitorados na área, com exceção do PM-14 durante a terceira campanha, mas muito abaixo do limite estipulado pela legislação.

Na área do Candiota 1 os valores de níquel total e dissolvido não ultrapassaram o limite para o consumo humano em todos os pontos e em todas as campanhas amostrais.

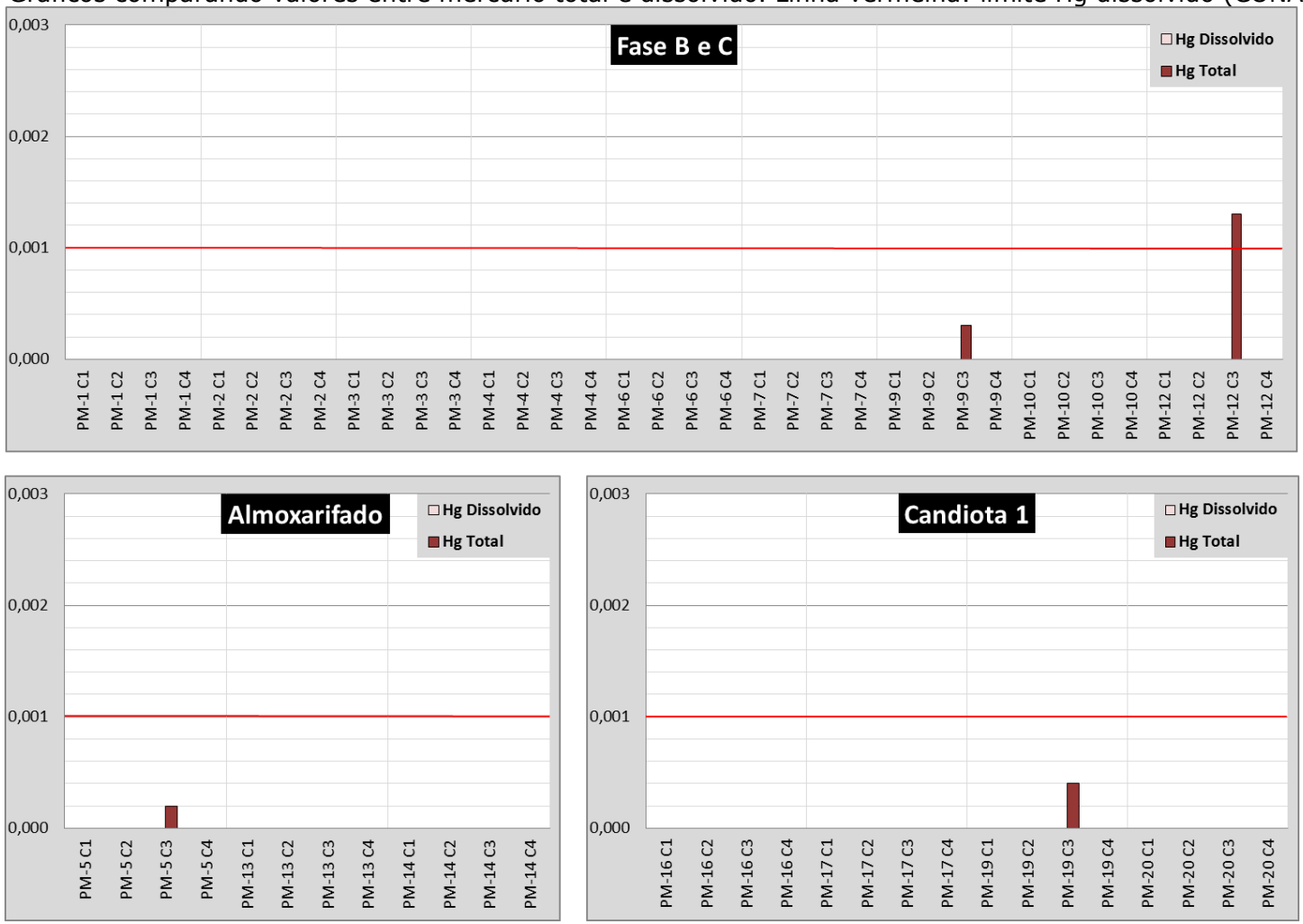
FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 4.2.26: Gráficos comparando os valores entre níquel total e dissolvido. Linha vermelha: limite Ni total (CONAMA 396, 2008).

A Figura 4.2.27 apresenta os gráficos para as áreas da usina exibindo as comparações entre os valores obtidos para as variáveis de mercúrio dissolvido e mercúrio total. Os valores de mercúrio são pontuais e não apresentam uma regularidade específica ou tendência geral para os poços de monitoramento. A única observação é que quando detectado foi preferencialmente durante a terceira campanha amostral. Apenas o poço PM-12 durante a Campanha 3 ultrapassou o valor limítrofe para mercúrio total com 0,0013 $mg \cdot L^{-1}$ de Hg. No entanto, os valores de mercúrio dissolvido não ultrapassaram o limite de consumo humano definido na legislação vigente da Resolução CONAMA 396-2008 em nenhum poço amostral durante o monitoramento anual. Isso mostra uma boa evolução se comparado com anos anteriores que por vezes apresentaram valores acima da legislação vigente em mais de um poço.

Outros metais do grupo com caráter tóxico foram encontrados acima dos limites exigidos pela legislação pontualmente sendo eles: níquel total e cobre dissolvido. O níquel total ultrapassou o limite no poço PM-14 durante a terceira campanha amostral registrando o valor de 0,021 $mg \cdot L^{-1}$ de Ni. O cobre dissolvido ultrapassou o limite da legislação durante a Campanha 2 no poço PM-17 obtendo o valor de 0,029 $mg \cdot L^{-1}$ de Cu.

Figura 4.2.27: Gráficos comparando valores entre mercúrio total e dissolvido. Linha vermelha: limite Hg dissolvido (CONAMA 396, 2008).



As Tabelas 4.2.20, 4.2.21, 4.2.22 e 4.2.23, 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 357-2005, da Resolução 1469-2000 do Ministério da Saúde, e de valores internacionais da ANZECC (2010).

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 que 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 devido o limite quantitativo ser no mínimo 6 perante a legislação, 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.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.20: 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 (2010). 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	ND	ND	ND	C	C	ND	ND	ND	ND	C	C	C	C	ND	C
Condutividade	1,0	1,1	1,2	0,7	1,5	0,8	0,6	1,1	0,9	0,9	0,4	0,3	1,1	0,2	1,0	0,2
Cor Real	1,2	4,3	3,9	4,2	12,3	0,0	4,7	6,7	0,7	0,8	4,8	6,1	1,6	5,1	1,7	6,9
DBO5	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7
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	0,5	0,4	0,0	1,2	0,8	0,3	0,9	0,4	0,4	1,9	2,2	1,4	9,7	0,4	6,8	0,6
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
OD	0,8	0,9	1,0	2,7	5,3	3,2	1,4	1,5	1,5	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	1,5	0,8
Turbidez	0,8	1,1	0,0	1,9	8,2	0,0	1,6	3,1	0,0	0,4	2,4	1,9	0,7	2,1	0,7	2,7
Al Total	0,3	0,3	0,3	1,0	0,2	0,1	0,4	0,4	0,4	1,5	8,2	7,1	5,7	4,6	3,6	4,6
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	0,5	0,0	0,5
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	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,1	1,1	0,5	1,2	1,1
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	0,2	0,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe Total	2,9	11,4	0,3	0,1	26,0	0,6	0,8	16,6	0,5	3,0	8,8	11,5	5,2	2,4	4,1	3,4
Mn Total	3,4	5,7	0,0	2,4	15,7	0,1	1,9	8,3	0,1	0,8	1,8	1,1	1,1	1,3	0,7	1,3
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	0,5	0,0	0,0	0,3	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	0,2	0,0	0,3	0,1
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

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.21: 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 (2010). 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	ND	ND	ND	C	ND	C	C	ND	C	C	C	ND	C	C	ND
Condutividade	0,9	1,3	0,9	1,3	0,1	0,2	1,3	0,1	0,2	0,8	0,5	0,3	0,6	0,2	0,5	0,2
Cor Real	2,0	3,4	0,0	0,0	11,7	2,2	0,0	13,8	1,4	1,1	2,1	1,5	6,7	4,7	4,7	2,9
DBO5	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
Fenóis Totais	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fósforo Total	1,0	1,1	0,9	0,2	0,6	0,4	0,0	1,0	0,6	4,0	1,0	1,1	12,7	0,5	2,3	1,5
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
OD	30,0	2,7	5,0	1,0	0,8	0,9	3,7	0,9	1,4	2,9	0,7	1,0	1,1	2,0	1,0	30,0
Turbidez	0,5	0,7	0,0	0,4	4,9	1,2	0,0	12,0	1,2	0,6	1,2	0,9	2,4	1,6	4,0	1,3
Al Total	0,0	0,6	0,0	0,1	3,4	0,6	0,1	7,4	0,8	1,1	1,6	3,8	7,5	2,2	1,4	1,1
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	0,5	0,9	0,5	1,4	1,3	1,0	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	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe Total	0,0	0,0	0,0	3,2	1,4	1,9	4,3	2,6	4,5	3,6	2,0	5,0	7,6	1,5	1,6	0,0
Mn Total	1,4	3,3	0,0	14,9	0,2	1,0	18,4	0,2	0,9	1,3	0,7	0,6	1,3	0,9	0,2	0,2
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	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,6	0,2	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

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.22: 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 (2010). 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	C	ND	ND	ND	C	C	ND	ND	ND	C	ND	ND	C	ND	C
Condutividade	1,4	0,1	0,2	1,2	0,1	0,2	0,9	0,7	1,0	0,7	0,4	0,3	1,3	0,6	1,7	0,5
Cor Real	2,1	11,7	2,6	4,8	18,5	3,3	0,0	0,0	8,7	1,8	3,3	6,6	0,0	1,9	0,0	1,8
DBO5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
Fenóis Totais	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fósforo Total	0,0	0,4	0,6	0,9	1,1	0,9	0,9	0,6	3,2	3,0	1,1	2,0	1,6	0,4	2,2	1,0
Óleos e Graxas	0,0	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
OD	1,5	1,5	1,2	2,7	1,7	30,0	0,9	1,1	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,1	3,2	0,9
Turbidez	1,1	4,8	0,9	0,0	6,8	1,1	0,0	0,0	5,1	0,6	1,0	2,5	0,0	0,9	0,0	0,6
Al Total	0,1	1,6	0,7	0,0	9,3	1,3	0,6	4,9	3,2	1,9	2,8	14,8	0,5	1,7	0,8	4,0
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	0,8	0,0	0,8	1,3	0,0	0,8	1,1	2,1
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	0,1	0,1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe Total	7,6	1,3	3,1	2,6	2,8	3,5	0,9	1,2	136,0	3,7	2,5	16,9	0,5	7,3	1,1	6,7
Mn Total	33,5	0,2	1,5	11,5	0,2	0,8	2,3	3,3	19,1	0,8	1,0	1,5	2,1	5,1	2,6	1,2
Hg Total	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	0,0	0,0
Ni Total	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	0,0	0,0	0,1	1,1	0,4	0,0	0,4	0,2
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

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

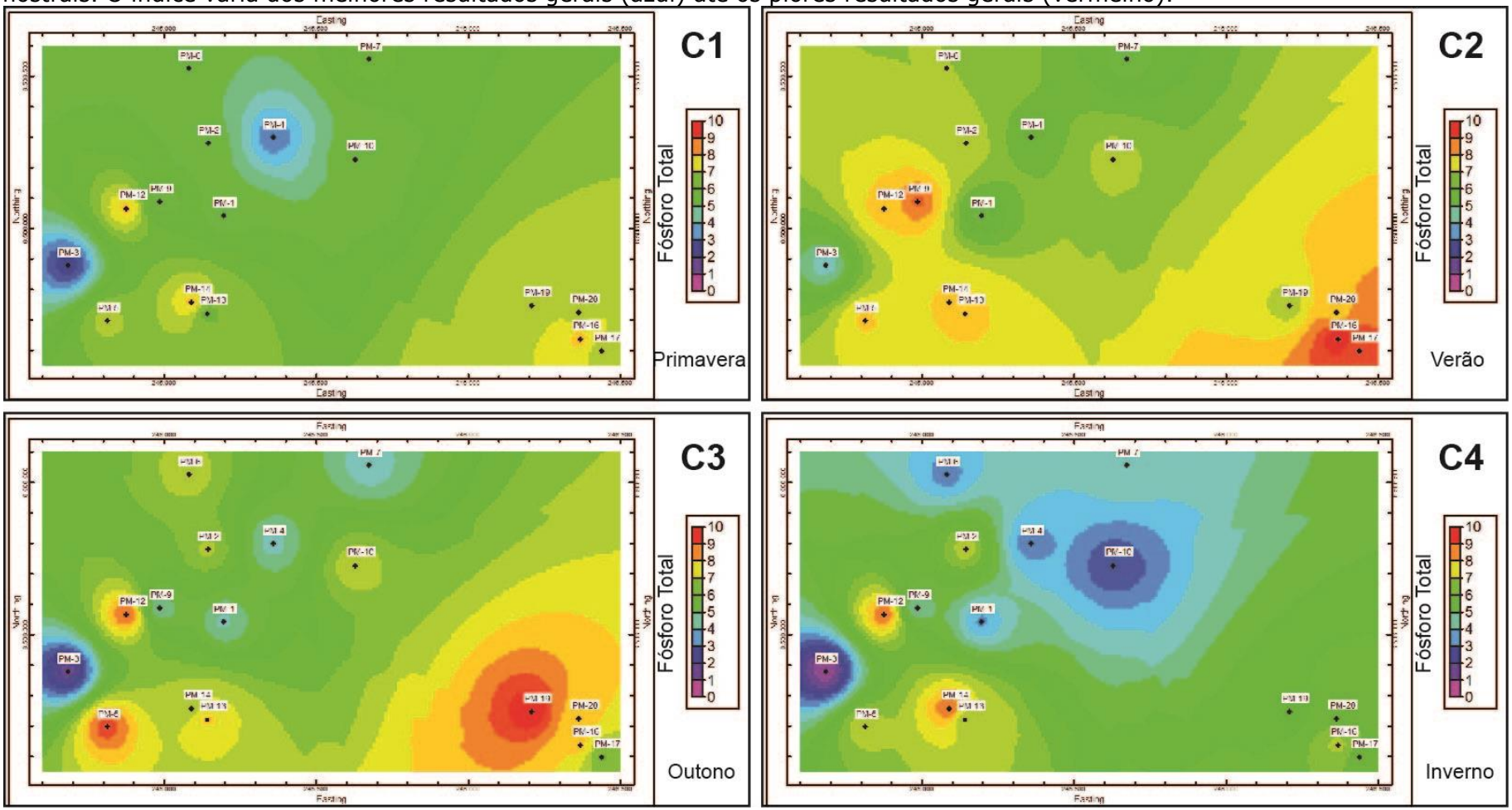
Tabela 4.2.23: Índice qualitativo da Campanha 4 apresentando as razões matemáticas a partir de valores de referência com limites mais rigorosos vigentes na legislação entre os critérios da Resolução CONAMA 396-2008, da Resolução CONAMA 357-2005, da Resolução MS 1469-2000, e valores internacionais da ANZECC (2010). 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	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	C	C	C	ND	C	C	ND
Condutividade	0,8	0,5	1,3	0,8	0,4	0,9	1,0	0,6	1,0	0,7	0,4	0,3	1,5	0,6	0,4	1,2
Cor Real	2,5	1,8	5,9	2,2	1,2	6,9	2,1	1,0	12,9	2,9	21,6	15,9	0,7	3,2	2,2	2,7
DBO5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	1,7	1,6	7,2	6,4	0,9	0,0	0,0	5,5	6,0
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	0,8	1,5	2,9	0,9	2,0	2,7	1,3	2,1	2,8	3,3	2,9	2,5	1,9	1,5	3,4	1,2
Óleos e Graxas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
OD	1,4	0,9	3,7	1,4	1,1	1,6	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	1,1	1,6	30,0	30,0
Turbidez	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	4,4	0,7	0,4	19,3	1,0	11,7	7,2	0,0	0,7	1,3	1,0
Al Total	0,5	2,5	1,8	1,0	3,3	2,4	0,0	2,3	1,6	1,1	7,5	6,8	0,8	4,2	7,8	3,8
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	0,5	0,7	1,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,2	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	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe Total	1,0	1,0	58,7	0,8	1,0	63,0	0,0	0,0	90,5	3,0	8,7	6,5	0,7	8,6	5,1	2,5
Mn Total	1,3	1,3	15,6	5,8	1,2	14,4	0,9	1,9	17,0	0,5	0,3	0,3	1,3	3,5	4,8	0,3
Hg Total	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Ni Total	0,2	0,3	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,6	0,4	0,2	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

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, continua sendo o poço com as melhores condições de qualidade de água. Já o ponto PM-14 ficou com o pior desempenho anual.

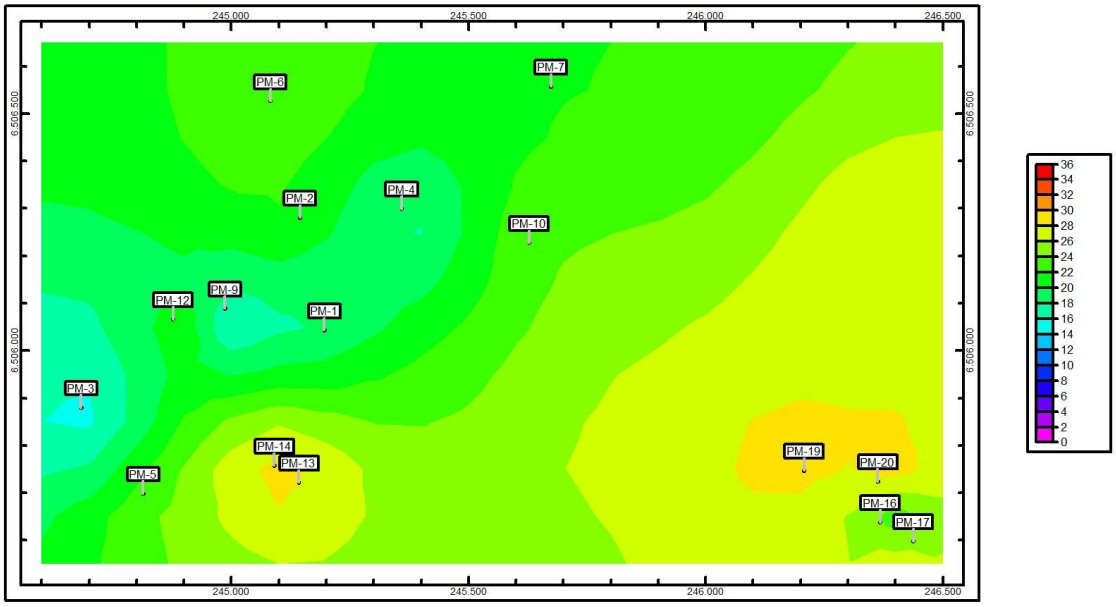
A Figura 4.2.28 apresenta um índice geral de qualidade relativa das águas subterrâneas das áreas monitoradas por estação do ano. A imagem ilustra uma acentuação na piora da qualidade da água nos períodos de primavera (C1) e inverno (C4), e um quadro mais ameno para o verão (C2) e o outono (C3). Essa 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 (Figura 4.2.6). Conforme os gráficos apresentados nos relatórios trimestrais, o inverno apresentou a menor média de precipitação, seguido da primavera; no entanto, as baixas temperaturas (média de 15,6°C na primavera e de 13,2°C no inverno) influenciaram menores taxas de evaporação e evapotranspiração colaborando assim para um nível freático relativamente mais elevado em alguns poços em comparação com as estações de outono e verão. O verão obteve a maior média de precipitação, e apesar das maiores médias de temperatura (22,6°C) não apresentou uma constância em elevadas temperaturas apresentando bastante flutuação das máximas e mínimas durante a estação, e consequentemente em taxas de evaporação e evapotranspiração não muito altas, resultando em alguns poços um nível freático relativamente alto comparado com as demais estações do ano. O outono apresenta a segunda maior taxa de precipitação e temperaturas médias próximas a do verão (21,0°C), e é caracterizado por baixos níveis do freático em diversos poços em frente às demais estações. Assim, as estações do ano que apresentaram um maior volume geral de água meteórica apresentaram índices de qualidade melhores do que as estações com menores volumes. Essa associação com o volume de água sugere que nos períodos com menor pluviosidade temos maior concentração dos parâmetros analisados, e consequentemente os piores índices de qualidade das águas subterrâneas.

Figura 4.2.28: Mapas demonstrando o comportamento do índice de qualidade das águas subterrâneas durante as quatro campanhas amostrais. O índice varia dos melhores resultados gerais (azul) até os piores resultados gerais (vermelho).



Os poços com as piores condições de qualidade da água são o PM-13, PM-14, PM-17, PM-19 e PM-20 apresentando a maioria dos parâmetros com altos índices (Figura 4.2.29). Um exemplo disso é o poço PM-14 que 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 4.2.29: Mapa apresentando o nível de qualidade relativa entre os poços analisados durante o ano de monitoramento. O índice varia dos melhores resultados gerais (azul) até os piores resultados gerais (vermelho).



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

Resultados e Considerações para a Toxicidade das Águas Subterrâneas

Ensaios de toxicidade das águas subterrâneas coletadas nos poços de monitoramento presentes na área da Usina Termelétrica Presidente Médici foram realizados nas amostras coletadas nos meses de novembro de 2020, fevereiro, maio e agosto de 2021.

Foram realizados ensaios buscando identificar a presença de toxicidade crônica nas amostras coletadas nos poços de monitoramento. Os métodos de análise utilizados para esta avaliação são apresentados na Tabela 4.2.24. Para os ensaios realizados com peixes (*P. promelas*) e microcrustáceos (*C. dubia*) os métodos determinam que, caso seja observada mortalidade dos organismos-teste nas primeiras 48h de exposição, esse efeito deve ser considerado como toxicidade aguda, e assim reportado. No caso dos ensaios com algas, foi considerado como toxicidade aguda quando houve inibição total no desenvolvimento das algas, após o período de exposição às amostras, previsto na metodologia.

Tabela 4.2.24: Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas subterrâneas nas campanhas Nov/2020 a Ago/2021.

PARÂMETRO	METODOLOGIA/ REFERÊNCIA
Toxicidade crônica com o peixe *Pimephales promelas*	ABNT NBR 15499/2016
Toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*	ABNT NBR 13373/2016
Toxicidade crônica com a alga *Pseudokirchneriella subcaptata*	ABNT NBR 12648/2018

Para melhor visualização das informações ecotoxicológicas das águas subterrâneas da área de estudo, os dados das coletas realizadas nas quatro últimas campanhas (Nov/2020 a Ago/2021) foram tabulados e comparados com os dados das coletas realizadas nos quatro anos anteriores do atual projeto (2016 a 2020).

Buscando melhores interpretações da qualidade ambiental das águas subterrâneas da área monitorada, do ponto de vista ecotoxicológico, foi criado aqui um índice de toxicidade. Aos efeitos tóxicos observados nas amostras de águas subterrâneas foram atribuídos pesos de acordo com o grau de toxicidade observado. Desta

forma, foi atribuído peso 3 quando observada toxicidade aguda em cada nível trófico avaliado e peso 2 quando observada toxicidade crônica para cada nível trófico. Assim, totalizamos um máximo de 9 (nove) pontos para o pior cenário possível (toxicidade aguda para três níveis tróficos) e 0 (zero) para o melhor cenário (total ausência de toxicidade aguda ou crônica para todos os organismos-teste).

A partir da tabulação dos dados são apresentadas caracterizações ecotoxicológicas para os 16 poços de monitoramento ativos da área de estudo considerando: (a) índice de toxicidade média observada no período de 2016 a 2021; (b) o índice de toxicidade em função das estações do ano, e (c) o índice toxicidade comparada para todo o período de estudo.

O resumo com o índice de toxicidade média para todos os poços de monitoramento durante os últimos quatro anos de coletas está apresentado na Tabela 4.2.25. A intensidade do índice de toxicidade aqui apresentado está relacionado não apenas ao tipo de toxicidade observada na área de estudo (aguda e crônica), como também a frequência que a mesma ocorreu durante o período de estudo. A Tabela 4.2.25 também ressalta a frequência com que a toxicidade é detectada nas amostras de águas subterrâneas ao longo das 20 campanhas realizadas de novembro de 2016 a agosto de 2021. Chamam a atenção, tanto em relação ao índice de toxicidade, como em relação à frequência de ocorrência, os poços de monitoramento PM-4, PM-7 e PM-12, localizados na área da usina, fases B e C.

Tabela 4.2.25: Índice de toxicidade média (em uma escala de 0 a 9) observada nos 16 Poços de Monitoramento (PM) ativos da área de estudos, considerando os resultados dos ensaios de toxicidade crônica em três níveis tróficos e frequência com que a toxicidade é detectada nas 20 campanhas realizadas no período de nov/2016 a ago/2021.

Poço de Monitoramento	Índice de toxicidade média	Frequência de Toxicidade
PM-1	1,8	65 %
PM-2	1,6	70 %
PM-3	2,0	70 %
PM-4	**3,3**	**85 %**
PM-5	1,4	55 %
PM-6	1,5	55 %
PM-7	**2,6**	**80 %**
PM-9	1,1	35 %
PM-10	1,7	60 %
PM-12	**2,6**	**90 %**
PM-13	1,0	30 %
PM-14	1,4	45 %
PM-16	2,0	75 %
PM-17	1,1	35 %
PM-19	2,3	65 %
PM-20	1,7	65 %

Sem Toxicidade — Alguma Toxicidade — Toxicidade Máxima

A Tabela 4.2.26 apresenta o índice médio de toxicidade observada nos 16 poços de monitoramento (PM) ativos da área de estudos em função das estações do ano. Não é possível observar um padrão de distribuição da toxicidade nas quatro estações do ano, considerando que o índice de toxicidade oscila entre as estações. Chama a atenção, novamente, o PM-12 que apresenta um índice de toxicidade mais elevado e constante entre as estações, o que pode ser observado pelo baixo coeficiente de variação (CV = 6,3%).

Tabela 4.2.26: Índice médio de Toxicidade (em uma escala de 0 a 9) observada nos 16 Poços de Monitoramento (PM) ativos da área de estudos em função das estações do ano, considerando os resultados dos ensaios de toxicidade crônica em 3 níveis tróficos. Período considerado: nov/2016 a ago/2021.

Poço de Monitoramento	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média	CV (%)
PM-1	**3,2**	1,0	1,6	1,2	1,8	57,0
PM-2	2,2	1,2	1,6	1,4	1,6	27,0
PM-3	2,8	1,8	1,6	1,8	2,0	27,1
PM-4	**3,6**	1,6	**4,0**	**4,0**	**3,3**	34,8
PM-5	1,4	1,6	1,6	0,8	1,4	28,0
PM-6	1,8	1,0	1,6	1,4	1,5	23,6
PM-7	2,6	1,0	**3,0**	**3,6**	**2,6**	43,6
PM-9	1,4	1,0	1,6	0,4	1,1	48,1
PM-10	2,0	1,4	1,8	1,6	1,7	15,2
PM-12	2,6	2,4	2,8	2,6	**2,6**	**6,3**
PM-13	1,8	1,0	0,8	0,4	1,0	58,9
PM-14	2,0	1,4	0,4	1,6	1,4	50,4
PM-16	2,2	2,0	2,6	1,2	2,0	29,4
PM-17	1,2	2,2	0,0	1,0	1,1	82,0
PM-19	2,6	**3,2**	2,4	1,0	2,3	40,5
PM-20	2,2	1,8	1,0	1,8	1,7	29,6

Sem Toxicidade — Alguma Toxicidade — Maior Toxicidade

A Tabela 4.2.27 apresenta o índice médio de toxicidade observada nos 16 poços de monitoramento ativos da área de estudos ao longo dos últimos cinco anos. Em destaque na tabela, os resultados das últimas campanhas, realizadas de novembro/2020 a agosto/2021.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.2.27: Índice médio de Toxicidade (em uma escala de 0 a 9) observada nos 16 poços de monitoramento (PM) ativos da área de estudos ao longo dos últimos cinco anos de monitoramento, considerando os resultados dos ensaios de toxicidade crônica em três níveis tróficos e percentuais de amostras consideradas tóxicas em cada período do estudo. Período considerado: nov/2016 a ago/2021.

Poço de Monitor.(PM)	2016-2017				2017-2018				2018-2019				2019-2020				2020-2021			
	NOV	JAN	ABR	JUL	NOV	JAN	ABR	JUL	NOV	FEV	MAI	JUL	NOV	FEV	MAI	AGO	NOV	FEV	MAI	AGO
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
	% de Amostras Tóxicas 73,4%				% de Amostras Tóxicas 90,6%				% de Amostras Tóxicas 57,8%				% de Amostras Tóxicas 42,2%				% de Amostras Tóxicas 42,2%			

0,0 — 9

Sem Toxicidade — Alguma Toxicidade — Maior Toxicidade

Baseado nos percentuais de amostras tóxicas em cada período avaliado observa-se uma redução na toxicidade detectada em vários poços de monitoramento nos dois últimos anos de monitoramento (nov/2019 a ago/2021). Contudo, para as duas ultimas campanhas realizadas em 2021 (maio e agosto) foi novamente observado um percentual mais elevado de amostras com alguma toxicidade (68,7%). Desatacam-se nestas duas campanhas os poços de monitoramento PM-4, PM-7, PM-14 e PM-20, por apresentarem os maiores índices de toxicidade.

Conclusões e Recomendações

Assim como nas campanhas de 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 durante as quatro campanhas amostrais para a anuidade 2020/2021 se observaram a necessidade de restauração e preservação de muitos poços da rede de amostragem de água subterrânea, pois a falta de conservação como a ausência de tampas, por exemplo, expõem ao risco de contaminar tais poços e interferir negativamente a avaliação da qualidade da água. Além disso, podem sofrer influência pluviométrica direta, sem o processo de percolação da água no solo, e assim implicar também em resultados diferentes. No entanto, algumas medidas de melhoria já foram tomadas em campanhas anteriores como a instalação da estrutura externa de proteção do poço no ponto PM-14, assim como a elaboração de uma proteção na área em volta de alguns poços para evitar colisões e uma possível danificação na estrutura nos pontos PM-3, PM-5, PM-12, PM-13 e PM-14.

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 foi 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 piora quando comparado com o ano anterior. 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 2020/2021os poços PM-14, PM-19 e PM-20 estiveram entre as piores qualidades gerais da água subterrânea.

A contaminação por coliformes termotolerantes está presente em diversos poços em todas as campanhas amostrais, principalmente nas áreas do Almoxarifado e Candiota 1, tendo o nível mais elevado no ponto PM-20 apresentando medidas superiores a 270 NMP·100mL^{-1}. Assim como no último ano de estudo, a contaminação com fenóis totais foi rara, acontecendo apenas uma vez no poço PM-6 na segunda campanha amostral. Alguns pontos apresentaram um valor de condutividade elétrica acima de 500µS/cm, sendo os principais o PM-2, PM-4 e o PM-19, possuindo as maiores frequências e valores. A cor e a turbidez extrapolaram os seus limites legislativos em quase todos os pontos amostrais em pelo menos alguma das campanhas, sendo que toda vez que a turbidez ultrapassa os limites legislativos, a cor também ultrapassa.

Os óleos e graxas foram presenciados acima dos limites apenas em duas vezes durante a última campanha amostral nos poços PM-4 e PM-10, sendo que o poço PM-10 obteve um valor relativamente alto com 643,4 mg·L^{-1}. O fósforo total apresentou índices acima dos limites para o consumo humano em vários os pontos amostrais, principalmente nas áreas do Almoxarifado e Candiota 1, mostrando com um índice geral ruim para o parâmetro que tem fortes relações com esgotos domésticos e processos agrícolas, chegando a valores desse contaminante acima dos 0,300 mg·L^{-1} no poço PM-16, o qual pode ter correlação com alguma emissão de esgoto oriundo da ocupação do centro cultural localizado ao lado do ponto. O oxigênio dissolvido ficou abaixo do limite mínimo estipulado pela legislação em todos os poços de monitoramento em pelo menos uma das campanhas com alguns poços com índices muito ruins, principalmente na última campanha amostral, tendo águas muito menos oxigenadas. Analisando os resultados de DBO e DQO foi constatado que os maiores percentuais biodegradáveis foram encontrados durante a última campanha amostral. Em uma análise geral, os índices de pH estavam na maioria das vezes dentro dos limites da legislação brasileira estabelecidos para o consumo humano.

As variáveis de metais totais que apresentaram em suas medidas valores acima do limite para alguns poços foram alumínio, chumbo, ferro, manganês, mercúrio e níquel. E os valores das variáveis de metais dissolvidos que ultrapassaram os limites foram: alumínio, cobre, ferro e manganês. 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. 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. O mercúrio total foi registrado pontualmente no ponto PM-12, mas devido suas características tóxicas exige monitoramento constante. O chumbo apresentou maiores valores nas áreas do Almoxarifado e Candiota 1, assim como nos anos anteriores, e tiveram uma variação irregular nas concentrações nas campanhas desse ano de pesquisa. Apesar da ocorrência ser praticamente na fração sólida em suspensão do Pb, ele aparece em duas ocasiões na sua fração dissolvida, porém dentro do limite legislativo. Devido à toxicidade do chumbo é importante a constante verificação deste parâmetro tanto na porção em suspenção como a dissolvida. O níquel total obteve apenas um valor acima da legislação no poço PM-14, e devido à toxicidade do metal também deve ser observado. O cobre dissolvido ultrapassou o limite da legislação no poço PM-17, e devido o seu caráter de toxicidade se faz importante o monitoramento.

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-14 com o pior desempenho em frente à qualidade.

Em relação aos resultados de ecotoxicologia, as condições gerais da maioria dos poços apresentaram relativa redução na toxicidade detectada em vários poços de monitoramento nos dois últimos anos de monitoramento, principalmente durante as duas primeiras campanhas do atual projeto (nov/2020 e fev-2021). No entanto, as duas últimas campanhas realizadas em 2021 (maio e agosto) foi novamente observado um aumento na toxicidade das águas e relativa piora da qualidade em relação ao primeiro semestre dos estudos do atual projeto. Sendo o ponto PM-7 o

poço com as piores taxas ecotoxicológicas, tendo sido observado alguma toxicidade em todas as campanhas amostrais.

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 os diversos usos da bacia hidrográfica. Além disso, a proteção e conhecimento da água é um bem de grande importância para o consumo humano e suas diversas utilizações para as gerações presentes e futuras. Esse estudo gerou a oportunidade para a contribuição na formação acadêmica de aluno de doutorado, sendo primordial na formação de recursos humanos e para o avanço da ciência brasileira relativos aos estudos ambientais.

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.

Referencias Bibliográficas

ABNT NBR 12648:2018, Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas (Chlorophyceae). Ensaio de Crescimento Algáceio com *Pseudokirchneriella subcaptata* (*Selenastrum capricornutum*) ou *Scenedesmus subspicatus.*

ABNT NBR 12713:2016, Toxicidade aguda - Método de ensaio com Daphnia spp (Crustacea, Cladocera).

ABNT NBR 13373:2016, Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera).

ABNT NBR 15088:2011, Toxicidade aguda - Método de ensaio com peixes.

ABNT NBR 15470:2013, Toxicidade aguda e crônica — Método de ensaio com Hyalella spp (Amphipoda) em sedimentos.

ABNT NBR 15499:2016, Toxicidade crônica de curta duração - Método de ensaio com peixes. Ensaios de Toxicidade Crônica com *Pimephales promelas.*

Allen S.K., Allen J.M., Lucas S. 1996. Concentration of contaminants in surface water samples collected in westcentral Indiana impacted by acid mine drainage. Environ. Geol., 27:34-37.

ANZECC - AUSTRALIAN AND NEW ZEALAND ENVIRONMENT AND CONSERVATION COUNCIL. Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters, National Water Quality Management Strategy. ANZECC, Canberra, 2000.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17th ed. APHA, Washington, 1997.

APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater, 18 th edition. Washington DC.: American Public Health Association, 1992.

Banks D., Younger P.L., Arnesen R., Iversen E.R., Banks S. 1997. Mine-water chemistry: the good, the bad and the ugly. Environ. Geol., 32:157-174.

Brackish Waters as a Factor in Development (edited by A. Issar), pp. 15-24. Desert Research Inst., Ben

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 357, de 23 de Janeiro 2005. Disponível em:<www.mma.gov.br/port/conama>.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 396, de 3 de Abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância Sanitária. 2004. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004. Disponível em http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/ pdf/portaria_518_2004.pdf. Acessado em 26 set 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 1469, de 29 de Dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 518, de 25 de Março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2008. Resolução n. 396, de 03 de abril de 2008. Disponível em http://www.mma.gov.br/ port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562. Acessado em 18 jun 2008.

CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001a, Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0, user's manual. *In*: Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999, Winnipeg.

CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001b, Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0, technical report. *In*: Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999, Winnipeg.

CEE - Comunidade Econômica Européia. Norma 80/778/CEE. 1980. Disponível em <http://eurlex.europa.eu/pt/index.htm>.

CETESB, 2007. Procedimento para estabelecer e utilizar os valores orientadores para solo e água subterrânea. São Paulo-SP.

CETESB, 2016. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. São Paulo-SP. Disponível em < https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Apêndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitário-das-Variáveis-de-Qualidade-2016.pdf >.

Chow V.T. 1964. Handbook of applied hydrology. New York, McGraw-Hill, 1400p.

Chow, Ven Te (1964) 'Runoff' Section 14. In: Handbook of Applied Hydrology (edited by V. T. Chow).McGraw Hill Co.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Projeto Grande Candiota Bloco Sul de Candiota, Arroio dos Vimes: relatório final de pesquisa, áreas RS-15, RS-16, RS-17, RS-18, RS-19, RS-20, RS-21, RS-22, RS-23, RS-24 e RS-25. Porto Alegre: CPRM, 1987. 2 v.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO (CRM) 2008. Carvão, Jazida de Candiota. Disponível em

http://www.crm.gov.br/hypervisual/carvao/carvao_candiota.php?secao=carvao. Acessado em 25 out 2008.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Diário Oficial da União – Portaria 357/2005.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Diário Oficial da União – Portaria 247/2000.

Cosmochim. Acta, 38, 1117-1131.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Carta geológica do Brasil ao milionésimo : sistema de informações geográficas - SIG = Geological map of Brasil 1:1.000.000 scale : geographic information system - GIS 2004 edition: folha SH.22 Porto Alegre. Brasília: CPRM, 2004. CD 40/41. 41 CD-ROM. Programa Geologia do Brasil. ISBN 85-7499-009-4.

Craig, H. (1961) Isotopic variations in meteoric waters. Science, 33, 1702-1703.

Daemon R.F. & Marques-Toigo M. 1991. An integrated biostratigraphic column for the Paraná Basin, Brazil. In: International Congress of Carboniferous-Permian Stratigraphy and Geology,12, Buenos Aires, Resumos, p.25.

Dethier, David P. (1979) Atmospheric contributions to stream water chemistry in the North Cascade

Deutsch W.J. 1997. Groundwater Geochemistry: fundamentals and applications to contamination. New York, Lewis, 221p.

Dincer, T., Al-Mughrin & Zimmerman, U. (1974) Study of the infiltration and recharge through the sand dunes in arid zones with special reference to the stable isotopes and thermonuclear tritium. J. Hydrol.23, 79-109.

Dohare, D., Deshpande, S., Kotiya, A. (2014). Analysis of ground water quality parameters: a review. Research Journal of Engineering Sciences, vol. 3(5), 26-31.

Eriksson, E. & Khunakassem, V. (1969) Chloride concentration in groundwater, recharge rate and rate of deposition of chloride in the Israel Coastal Plain. J. Hydrol. 7, 178-197.

Eriksson, G. & Khunakasem, V. (1968) The chemistry of groundwaters. In: Groundwater Problems (edited by G. Eriksson, Y. Gustafsson and T. Nilsson), pp. 89-121. Pergamon Press, Oxford.

ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

Eugster, H.P. & Hardie, L.A. (1978) 'Saline Lakes'. In: Lakes: Chemistry, Geology. Physics (edited by A. Lerman), pp. 237-294. Springer Verlag, Berlin.

FAO/UNESCO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Irrigation, drainage and salinity: an international source book. London, Hutchinson/FAO/UNESCO, 1973. 510p.

Fernandes L.F.D., Tommasi A., Porcher C.C., Menegat R., Koester E. 1993. Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu: caracterização e importância na compartimentação tectônica do Cinturão Dom Feliciano. Rev. Bras. Geoc., 23:1-10.

Fiedler H. & Solari J. 1988. Caracterização do impacto ambiental da mina de Candiota sobre as águas superficiais da região. In: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios de Hidrometalurgia, São Paulo, Anais, 13:483-498.

Fiedler H.D. 1987. Caracterização do carvão em Candiota e implicações ambientais do seu processamento. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia,

Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 156p.

Fiorucci, A.R., Benedetti Filho, E., 2005. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. Química e Sociedade.

Garrels R.M. & Thompson M.E. 1960. Oxidation of pyrite by iron sulfate solutions. Am. J. Sci., 259:57-67.

Garrels, R.M. & Mackenzie, F.T. (1967) Origin of the chemical compositions of some springs and lakes.In: Equilibrium Concepts in Natural Waters Systems, pp. 222 242. ACS.

Garrels, R.M. (1976) A survey of low temperature water-mineral relations. In: Interpretation of Environmental

Gat, J.R. & Issar, A. (1974) Desert isotope hydrology: water sources of the Sinai Desert. Geochim.

Gat, J.R. & Naor, H. (1979) The relationship between salinity and the recharge/discharge mechanism in arid lowlands. In: The Hydrology of Areas of Low Precipitation (Proceedings of the Canberra Symposium, December 1979), 307-312. IAHS Publ. No. 128.

Gat, J.R. & Tzur, Y. (1967) Modification of the isotope composition of rainwater by processes which occur before groundwater recharge. In: Isotopes in Hydrology, pp. 49-60. IAEA, Vienna.

Gat, J.R. (1975) Elucidating salination mechanisms by stable isotope tracing of water sources. In:

Gat, J.R. (1977) The water potential of the arid zone. Ann. N. Y. Acad. Sci. 300, 33-39.

Gibbs, H.J. (1970) Mechanism controlling world water chemistry. Science, 70, 1088-1090.

Goldschmidt, M.J. & Jacobs, M. (1958) Precipitation over and replenishment of the Yarkon and Nahal-Hataninim Underground Catchments. Hydrol. Paper No. 3, Hydrological Service, Jerusalem.

Goni J.C., Goso H., Issler R.S. 1962. Estratigrafia e Geologia econômica do Pré-cambriano e Eo-paleozóico uruguaio e sul-riograndense. Boletim da Escola de Geologia, UFRGS, 3:1-105.

Graf, D.L., Friedman, I. & Meents, W.F. (1965) The origin of saline formation waters. II. Isotopic fractionation by shale micropore systems. Illinois Geol. Surv. Circ. 393, 1-32.

Gurion University of the Negev, Beersheva.

Hellwig, D.R. (1973) Evaporation of water from sand. The loss of water into the atmosphere from a sandy river bed under arid conditions. /. Hydrol. 18, 305-316.

Hellwig, D.R. (1974) Evaporation of water from sand. 5. The effect of evaporation on the concentration of salts dissolved in water stored in sand. J. Hydrol. 21, 101-110.

Holz M. 1999. Early Permian sequence stratigraphy and the palaeophysiographic evolution of the Paraná Basin in southernmost Brazil. J. African Earth Sci., 29:51-61. Holz M., Kalkreuth W., Banerjee I. 2002. Sequence stratigraphy of paralic coal-bearing strata: an overview. Int. J. Coal Geol., 48:147-179.

Hvorslev M. 1951. Time leg and soil permeability in groundwater observations. Bull. U. S. Army Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, 36:50.

Inmet, Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas

Isotope and Hydrochemical Data in Groundwater Hydrology. IAEA, Vienna, 65-84. Surface and subsurface water relationship 267

Junge, Ch. (1963) Air chemistry and Radioactivity. Academic Press, N.Y.

Ketzer J.M., Holz M., Morad S., Al-Aasm S. 2003. Sequence stratigraphic distribution alterations in coal-bearing, paralic sandstones: evidence from the Rio Bonito Formation (early Permian), southern Brazil. Sedimentology, 50:855-877.

Kheonevromme, I. & Garner, L.R. (1979) Dissolved iron: an indicator of the groundwater componente of small streams tracing a granite terrain, Southern Carolina. Wat. Resour. Res. 15, 15-20.

Kim J.Y. & Chon H.T. 2001. Pollution of a water course impacted by acid mine drainage in the Imgok creek of the Gangreung coal field, Korea. Appl. Geochem., 16:1387- 1396.

KPDES – KENTUCKY POLLUTANT DISCHARGE ELIMINATION SYSTEM. Conductivity and Water Quality. http://kywater.org/ww/ramp/rmcond.htm

LEVIN, M., GAT, J.R. & ISSAR, A. (1980) Precipitation, floods and groundwaters of the Negev Highland:an isotopic study of desert hydrology. In: Isotopic Methods in Arid Zone Hydrology. IAEA, Vienna.In press.

LÔNDERO, Eliana et al. ANÁLISE DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DAS ÁGUAS DOS RIOS BUGRES E PARAGUAI. Engenharia de Alimentos – Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Disponivel em: Acesso em : 24 de agosto de 2015.

Machado J.F.L. 1985. Mineração de carvão: contaminação e vulnerabilidade dos mananciais. In: Simpósio Sul-brasileiro de Geologia, 2, Florianópolis, Boletim de Resumos Expandidos, 1:539-553.

Machado J.L.F., Peruffo N., Luna J.E.S. 1984. Projeto de Estudo da Vulnerabilidade à Contaminação dos Mananciais Subterrâneos Decorrente da Extração do Carvão Mineral. Relatório Final, Porto Alegre, CPRM, 301p.

MACHADO, José Luiz Flores; FREITAS, Marcos Alexandre de. Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final. Porto Alegre: CPRM, 2005. 1 CD-ROM Escala 1:750.000.

MAGARITZ, M. & AMIEL, A.J. (1980) Calcium carbonate in a calcareous soil from the Jordan Valley, Israel: its origin as revealed by the stable isotope method. Soil Soc. Am. J. (in press.)Pearson, F.J. & Swarzenski, W.T. (1974) 14C evidence for the origin of arid region groundwaters, Northeastern Province Kenya. Isotope Techniques in Groundwater Hydrology, II, 95-108, IAEA, Vienna.

Martins A.F. & Zanella R. 1987. Análise de águas de superfície e de profundidade da região de Candiota, RS: determinação da concentração de elementos traços de relevância ambiental, elementos menores e macroelementos. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, 1, Porto Alegre, Anais, 2:217-223.

MENEZES Fº, N. R. Projeto Grande Candiota – Áreas de Hulha Negra, Tupi Silveira e Pedras Altas: sul de Candiota. Porto Alegre: CPRM, 1982. 1 mapa 60 x 60 m, escala 1:50.000.

MENEZES J.R.C. 1994. Estratigrafia de seqüências em dados de sondagem: aplicação ao permiano da Bacia do Paraná na região de Candiota (RS). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 124

p.MILANI, E.J. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. 1997. 2 V. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

Menezes, J.M., Prado, R.B., Silva Jr., G.C., Santos, R.T. Índice de Qualidade de Água Subterrânea. https://www.iwra.org/member/congress/resource/PAP00-5061.pdf

Menezes, J.M., Silva Junior, G.C., Prado, R.B., 2013. Índice de Qualidade de Água (WQICCME) Aplicado à Avaliação de Aquíferos do Estado do Rio de Janeiro. Águas Subterrâneas 27(2):79-92.

METCALF & EDDY. Wastewater Engineering - Treatment, Disposal, Reuse, 3rd Edition. McGrawHill, 1991.

Migliavacca D.M. 2001. Estudo da precipitação atmosférica na região de Candiota, RS. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 131p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE PORTARIA N.º 1469, DE 29 DE DEZEMBRO DE 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

NHMRC – National Health and Medical Research Council. Australian Government. Australian Drinking Water Guidelines 6, 2011, version 3.4 updated October 2017. Disponível em < https://www.nhmrc.gov.au/sites/default/files/documents/NHMRC%20ADWG%206%20-%20Version%203.5%20-%20Proof%203.pdf >.

Paktunc D. 1999. Mineralogical constraints on the determination of neutralization potential and prediction of acid mine drainage. Environ. Geol., 39:103-112.

Pinder, G.F. & Jones, J.F. (1969) Determination of the groundwater component of peak discharge from the chemistry of total runoff. Wat. Resour. Res. 5, 438-445.

Range, Washington. Wat. Resour. Res. 15, 787-794.

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.

RESOLUÇÃO CONAMA no 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68.

Salomons, W. & Mook, W.G. (1976) Isotope geochemistry of carbonate dissolution and precipitation in soils. Soil Sci. 122,15-24.

Schmorak, S. & Mercado, A. (1969) Wat. Resour. Res. 5, 1290-1311.

Schôeller, H. (1959) Arid zone hydrology: recent developments. UNESCO Series on Arid Zone Research, No. 12, Paris.

SILVEIRA, M. C. de M. Aspectos hidrogeológicos e hidrogeoquímicos do Aqüífero Rio Bonito na Região de Candiota - RS. / - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2007. [100 f]. il. Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia.

Skibilzke, H., Brown, R.H. & Harshbarger, J. (1963) Water and its use. In: Aridity and Man. Publ. 74, AAAS, 145-171.

Sklash, M.G., Farvolden, R.N. & Fritz, P. (1976) A conceptional model of watershed response to rainfall, developed through the use of oxygen-18 as a natural tracer. Can. J. Earth Sci. 13, 271-283.

Slatyer, R.O. & Mabbutt, J.A. (1964) Hydrology of arid and semi-arid regions. In: Handbook of Applied Hydrology (edited by V. T. Chow), pp. 24.1-24.46, McGraw Hill Co.

Streck C.D. 2001. Estudo da qualidade das águas superficiais e estimativa dos fluxos de elementos-traço na região de Candiota, RS. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 159p.SURFER 2002. SURFER 8.0: Contouring and 3D surfasse mapping for scientists and engineers. New York, Golden Software Inc. 640p.

Stumm, W. & Morgan, J.T. (1970) The acquisition of solutes. Chapter 8.2. In: Aquatic Chemistry,Wi ley-1 nterscience.

Sugawara, K. (1967) Migration of elements through phases of the hydrosphere and atmosphere. In:Chemistry of the Earth's Crust, vol. 2 (edited by A. P. Vinogradov), pp. 501-510. Israel Program for Scientific Translations.

TESSARI, R. I.; GIFFONI, L. E. Geologia da Região Piratini Pinheiro Machado Bagé ,Rio Grande do Sul. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, n. 246, p.103-122, 1970.

USEPA – U.S. Environmental Protection Agency. National Primary Drinking Water Standards. 2009. Disponível em: <www.epa.gov/safewater>. Acesso em: 29 jul. 2009.

Verhagen, B.T., Mazor, E. & Sellschop, J. (1974) Radiocarbon and tritium evidence for direct rain recharge to groundwaters in the northern Kalahari. Nature, 249, 643-644.

White, D. (1965) Saline waters of sedimentary rocks in fluids in subsurface environments (edited by M. R. Galley and A. Young). Mem. Am. Ass. Petrol. 4, 342-366.

WHO - World Health Organization. Guidelines for drinking - water quality. 3º ed. Geneva: WHO, 2006. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health >. Acesso em: 12 jan. 2007.

Williams E.G., Rose A.W., Parizek R.R., Waters S.A. 1982. Factors controlling the generation of acid mine drainage. Final Report on United States Bureau of Mines Research Grant N. G5105086, Pennsylvania, University Park, 265p.

Wolery T.J. & Daveler S.A. 1992. EQ3/6, A Computer Program for Reaction Path Modeling of Aqueous Geochemical Systems: Theoretical Manual, User's Guide, and Related Documentation (Version 7.0). Livermore, University of California, 246p.

Yaalon, D. (1964) Downward movement and distribution of anions in soil profiles with limited wetting: In Proc. 11th Easter School in Agricultural Sciences, Nottingham University, pp. 157-164.

Zalan P.V., Wolff S., Astolfi M.A.M., Santos V.I., Conceição J.C.J., Appi V.T., Neto E.V.S., Cerqueira J.R., Marques A. 1990. The Paraná Basin, Brazil. In: Leighton M.W., Kolata D.R., Oltz D.F., Eidel J.J. (eds.) Interior cratonic basins. Tulsa, AAPG Memoir, 51:681-708.

4.3 SEDIMENTOS

INTRODUÇÃO

Este é o relatório com os resultados do monitoramento ambiental, desenvolvido e executado no período de setembro de 2020 a setembro de 2021. Na área estabelecida como de influência da Usina Termelétrica Presidente Médici situada em Candiota, Rio Grande do Sul.

A bacia hidrográfica do arroio Candiota foi estudada, estabelecendo a usina termelétrica Presidente Médici como o centro de referencial geográfico da área de estudos, e as medições e acompanhamentos da situação ambiental desenvolveram-se em torno desta atividade que envolve a combustão do carvão mineral e a geração de energia elétrica, o enfoque de bacia hidrográfica esteve sempre presente nas concepções e estratégias existentes e desenvolvidas. Dentro deste contexto, o estado ambiental da bacia, medido e relatado é produto dos usos da bacia, sendo esta uma bacia de múltiplos usos.

Em especial trata-se aqui neste texto da presença de metais nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, e a sua influência no estado ambiental, na qualidade ambiental, desta importante bacia hidrográfica do Bioma Pampa.

Foram medidos nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota e seus afluentes, as concentrações dos elementos químicos, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, Ni, Zn.

Os metais são elementos químicos que nos ecossistemas aquáticos naturais ocorrem em pequenas concentrações na maioria das vezes são onipresentes. Alguns desses metais são essenciais aos seres vivos, ainda que em pequenas concentrações, tem importante papel no metabolismo dos organismos aquáticos, uma vez que participam de um grande número de processos fisiológicos. Entretanto, outros elementos-traço, como As, Hg, Cd, e Pb, não tem função biológica conhecida e são geralmente tóxicos a uma grande variedade de

organismos, mesmo em pequenas concentrações, apresentam alta toxidade aos organismos vegetais e animais.

Em decorrência das várias características como elevada toxicidade mobilidade e disponibilidade em sedimentos, os metais têm sido foco de diversos estudos. Esses elementos estão entre os contaminantes mais comuns em corpos hídricos e seu comportamento nesse tipo de ambiente merece destaque, principalmente por serem substâncias não degradáveis, e que permanecem por longos períodos nos ecossistemas.

Estes elementos químicos são inseridos no ambiente como resultado de intemperismo natural, processos de erosão, transporte, e deposição, bem como por várias atividades antropogênicas, emissões agrícolas, emissões industriais, queima de combustíveis fósseis, efluentes domésticos e industriais, etc. Essas atividades proporcionam a entrada de um grande número de metais contaminantes nos ambientes naturais, agregando-se às liberações geogênicas.

Uma vez introduzidos no meio, esses elementos são transportados atingindo os diversos compartimentos dos ecossistemas aquáticos.

Portanto são motivo de grandes preocupações dos gestores em função dos riscos que apresentam ao se incorporarem aos ciclos biogeoquímicos e às cadeias tróficas, incorporando-se aos processos e aos serviços ecossistêmicos função da eficiência em bioacumular.

Os ambientes sedimentares representam os meios mais propícios para concentrações desses elementos químicos, devido a propriedade conferida pela alta capacidade de acumulação neste que é um importante compartimento dos ecossistemas aquáticos.

A matriz sedimentar passa a ter uma grande importância para monitorar ambientes pois são indicadores da saúde dos ecossistemas aquáticos.

A qualidade natural e sua variação espacial e temporal são modificadas como consequências das múltiplas atividades socioeconômicas, de acordo com as características dessas dinâmicas e podem dar origem à contaminação.
Esse estudo busca estabelecer o estado ambiental da calha fluvial do arroio Candiota, através de seus sedimentos, retrato das atividades socioeconômicas desenvolvidas na bacia hidrográfica do arroio Candiota.

A atividade de geração de energia elétrica através da combustão do carvão mineral, está no centro geográfico destes estudos, muito embora não se possa afirmar que é a atividade de termeletricidade, Usina Termelétrica Presidente Médici, seja a única responsável pelo estado ambiental aqui relatado. Já que são muitos os usos socioeconômicos da bacia.

Agricultura, pecuária, atividades industriais múltiplas como mineração de carvão mineral, mineração de calcário, produção de cimento através de coprocessamento, planta industrial de fabricação de azeite de oliva, e ocupação urbana com estradas de transporte de produtos e ir e vir de pessoas, e seus efluentes, são alguns dos usos na bacia.

Há, portanto, um programa de monitoramento ambiental com o centro geográfico estabelecido na usina termelétrica, e este é o relatório que caracteriza o estado ambiental da calha fluvial através dos elementos químicos presentes, em especial aqueles que apresentam caráter de preocupação por parte das autoridades.

Sedimentos e Metais

Os metais podem causar sérios danos ao sistema ambiental devido à sua toxicidade, persistência e bioacumulação. Após a frequência de atividades naturais e antropogênicas e a descarga de metais nos rios, a contaminação é onipresente no ambiente aquático.

As fontes naturais de metais incluem principalmente intemperismo geológico, erosão do solo e poeira transportada pela bacia aérea. As atividades antropogênicas são a principal causa de contaminação e ou poluição por metais no

ambiente aquático, como descargas industriais, escapamento veicular, operações de mineração, pecuária, cultivo agrícola e precipitação atmosférica.

Os metais são introduzidos em vários ciclos biogeoquímicos e, eventualmente, entram na cadeia alimentar humana, o que provoca bioacumulação e bio-ampliação ou biomagnificação e representa uma ameaça potencial à saúde humana.

Os principais objetivos deste estudo são:

1) Estabelecer um sistema de vigilância ambiental com base nas concentrações de metais e um metaloide nos sedimentos superficiais de fundo fluvial do Arroio Candiota;

2) Medir a contaminação e investigar a distribuição de dez metais e um metaloide (Al, Fe, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Mn, Ni, Zn e As);

3) Usar indicadores de qualidade de sedimentos, para avaliar o grau de contaminação ou poluição dos sedimentos do arroio Candiota;

4) usar o risco ecológico potencial para avaliar o risco de metais, e

5) usar a análise multivariada para distinguir possíveis fontes de metais pesados.

Estes objetivos estão no contexto da vigilância ambiental no "Monitoramento Ambiental da bacia hidrográfica do arroio Candiota" e na relação de pesquisa cientifica, onde os métodos científicos são estudados e utilizados.

Material, Métodos e Abordagens

A prospecção destes metais na forma de suas taxas de concentração foi desenvolvida nos sedimentos superficiais de fundo de calha fluvial do arroio Candiota e seus afluentes.

Aqueles sedimentos que estão contaminados representam um risco potencial para o ambiente para o meio aquático e para saúde humana, porque liberam produtos químicos recalcitrantes que podem prejudicar organismos e entrar nas cadeias alimentares aquáticas que levam ao homem.

Foram três as linhas bases usadas para a comparação das concentrações encontradas nos sedimentos do estudo:

- O primeiro: as linhas guias da qualidade dos sedimentos os "Benchmarks";
- O segundo: as taxas consideradas médias pela prospecção geoquímica os "backgrounds";
- O terceiro: as comparações da variabilidade das concentrações com o local de referência, e com as condições de referências estabelecidas para o estudo, a razão para referência (RTR) e o valor agregado para referência (ARTR).

Os as linhas guias da qualidade dos sedimentos usados neste documento; isto é, os valores utilizados como as SQGs (Sediment Quality Guidelines), referenciais foram aqueles estabelecidos por:

- TEC (TresholdEffectContamination); PEC (ProbableEffect Contaminantion), (MacDonald 2000);
- LEL (Low Effect Level); SEL (severe Effect Level), Persaud 1993;
- ERL (Effect Range Low); ERM (Effect Range Median) estabelecidos por NOAA; National Oceanic and Atmospheric Administration; Long et al. (1990).
- TEL (Treshold Effects Levels), PEL (Probable Effect Contamination), estabelecido e divulgados por MacDonald (1994).

Foram obtidos de Environment Canada e Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec [EC et MDDEP] (2007), e neste relato são denominados de "benchmark".

Eles foram na sua origem definidos com base nos efeitos biológicos observados em organismos bentônicos e pelágicos e concentrações de contaminantes medidas no sedimento.

Os índices de qualidade, foram determinados como a razão entre a concentração medida de cada elemento presente, Alumínio, Arsênio, Cadmio, Cobre, Chumbo, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel e Zinco, (dez metais e um metaloide) em cada amostra, e os valores referenciais, os "benchmarks".

Um resultado desta razão a partir de agora chamado de índice, superior a 1 indica que a concentração excede o critério e efeitos biológicos podem ser observados, enquanto um índice inferior a 1 indica que a qualidade do sedimento é boa.

Quadro 4.3.1: Razões entre as taxas de metais encontradas nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota e os valores de referências estabelecidos dentro do contexto SQGs ("sediments quality guidelines"). Foram quatro concepções utilizadas, TEC-PEC; LEL-SEL; ERL-ERM; TEL-PEL. Neste relato estas referências são denominadas de "benchmark".

Índice = Metal medido nos Sedimentos do arroio Candiota / Referencial TEC

Índice = Metal medido nos Sedimentos do arroio Candiota / Referencial PEC

Índice = Metal medido nos Sedimentos do arroio Candiota / Referencial LEL

Índice = Metal medido nos Sedimentos do arroio Candiota / Referencial SEL

Índice = Metal medido nos Sedimentos do arroio Candiota / Referencial ERL

Índice = Metal medido nos Sedimentos do arroio Candiota / Referencial ERM

Índice= Metal medido nos Sedimentos do arroio Candiota / Referencial TEL

Índice= Metal medido nos Sedimentos do arroio Candiota / PEL

As outras linhas bases utilizadas, os chamados "backgrounds" ou níveis de base, são aqueles fornecidos pela geologia ortodoxa:

- As concentrações médias encontradas na crosta terrestre;
- As concentrações médias nos sedimentos do planeta;
- As concentrações médias nos folhelhos;
- O Clarke geoquímico, utilizado na prospecção geoquímica.

Foram extraídos de Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979), e neste relato são denominados de "backgrounds".

O mesmo se aplica quando se utiliza o "background", apesar da interpretação ser outra. Isto é, razão com valores maiores do que 1,00, apontam um enriquecimento frente as taxas consideradas médias pelos valores de referência.

O status geral do indicador é baseado na proporção do local de referência que em tese passa a ser o local que não sofre a influência do uso da Termeletricidade, na bacia do arroio Candiota, isto é a estação amostral 1.

Quadro 4.3.2: Razões entre as taxas de metais encontradas nos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota e os valores de referências estabelecidos dentro do contexto níveis de base geoquímico, Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979). Foram utilizadas quatro concepções Crosta terrestre, Sedimentos do planeta, folhelho médio e o Clarke geoquímico.

Índice= <u>Metal medido nos Sedimentos do arroio Candiota</u>
Referencial o Teor Médio na Crosta do Metal

Índice= <u>Metal medido nos Sedimentos do arroio Candiota</u>
Referencial o Teor Médio nos Sedimentos do Metal

Índice= <u>Metal medido nos Sedimentos do arroio Candiota</u>
Referencial o Teor médio nos Folhelhos do Metal

Índice= <u>Metal medido nos Sedimentos do arroio Candiota</u>
Referencial o Clarke Geoquímico do Metal

Portanto há dois valores de referências utilizados os "benchmarks" que referenciam a prejuízos biológicos e o "background" e que representa a quantidade dos elementos frente os referenciais da geologia ortodoxa.

As linhas bases de comparação "RTR" e o "ARTR"

A linha base (razão de referencia) RTR baseia-se, mas não depende, da suposição de que as concentrações apresentadas pelo "local de referência" e ou pelas "condições de referências" estabelecidas e construídas respectivamente, são de fato, indicativas de uma referência ou de condições que não sofrem influencias da atividade termelétrica e, portanto, representando o nível de base da bacia, em se tratando das condições da geoquímica sedimentar.

O grau relativo em que as concentrações químicas são elevadas acima das concentrações de referência em um local selecionado será aqui utilizado como mais um critério para selecionar os produtos químicos com maior probabilidade de serem antropogenicamente enriquecidos e preocupantes.

Um índice de contaminação pode ser determinado para cada estação determinando separadamente os valores de referência para cada variável que caracteriza a estação amostral ou o local medido (RTR), relativizando e ordenando, *as variáveis* que caracterizam os locais amostrados.

Os valores agregados de referência (ARTR), que por sua vez representam o "mix" das variáveis características para cada local estudado, uma vez que estes valores foram combinados como um único valor médio, o valor agregado de referência (ARTR), relativizando e ordenando, *as estações amostrais* de uma mesma campanha amostral.

Portanto os dados são comparados de forma mais útil pela normalização para valores do local de referência, convertendo-os em valores de razão para referência (RTR) como descrito por Chapman et al. (1986, 1987) e Chapman (1989), com o local de referência geralmente escolhido como o local menos contaminado daqueles amostrados.

Local de Estudo

Os locais de estudo foram previamente escolhidos em imagem de satélite e após através de campanhas de reconhecimento, a verdade terrestre reconhecida e os locais amostrais então definidos sob a aquiescência do IBAMA, órgão fiscalizador da atividade de geração de termeletricidade CGTEE-Usina Presidente Médici. Estes locais estão apresentados na Tabela 4.3.1.

Tabela 4.3.1: Localização através de coordenadas UTM dos locais de amostragens.

Estação Amostral	Curso d´água	Descrição das Estações Amostrais
PM 1	Arroio Candiota	Estação à montante da BR 293, visando ser a estação amostral de referência Coordenadas UTM 22J 6518528 / 243952
PM 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
PM 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
PM 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
PM 5	Arroio Candiota	Estação à jusante do deságüe Arroio Candiotinha, visando avaliar as atividades da Usina no corpo receptor Coordenadas UTM 22J 6495108 / 240637
PM 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
PM 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
PM 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

Coleta e Análises das Unidades Amostrais-Química Analítica

As extrações das unidades amostrais de sedimentos do sistema foram executadas utilizando um amostrador do tipo "corer", e ou do tipo "Petersen" permitindo o controle do amostrador para a extração do primeiro centímetro da camada sedimentar, que é a camada ativa dos corpos hídricos, a determinação entre um ou outro a mostrador foi determinada pelas condições de energia do meio, por ocasião da campanha amostral.

As unidades amostrais receberam letras, como sufixos: AU (primavera de 2020), AV (verão de 2021), AX (outono de 2021) e AZ (inverno de 2021).

Na Tabela 4.3.2 estão referenciados os métodos utilizados para a detecção das concentrações dos elementos químicos.

Tabela 4.3.2: Os Métodos de Análise e os Limites de Detecção.

Parâmetros	Unidade	LQ	Referência do Método Analítico
Alumínio Total	mg Al/Kg	0,6	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Arsênio Total	mg As/Kg	0,4	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Cádmio Total	mg Cd/Kg	0,1	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Chumbo Total	mg Pb/Kg	0,4	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Cobre Total	mg Cu/Kg	0,6	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Cromo Total	mg Cr/Kg	0,3	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Ferro Total	mg Fe/Kg	0,6	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Manganês Total	mg Mn/Kg	0,2	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Mercúrio Total	mg Hg/Kg	0,02	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Níquel Total	mg Ni/Kg	0,2	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001
Zinco Total	mg Zn/Kg	0,6	EPA Método 3050B:1996 / EPA Método 200.7:2001

Os Sedimentos e suas Referências

A análise química de sedimentos fornece uma ferramenta eficiente para a gestão da saúde ambiental.

O sedimento é uma parte integral da bacia hidrográfica, e faz parte da dinâmica do arroio Candiota e de seus contribuintes. O sedimento, naturalmente tem como origem o intemperismo de minerais e dos solos "a montante" e é susceptível de ser transportado rio abaixo pela água, pelo ar, obedecendo aos ciclos de erosão, transporte e deposição, agregando-se a estes ciclos geológicos os produtos das atividades antrópicas na bacia.

Valores Referenciais Usados

Utilizaram-se aqui, os níveis de base da geologia ortodoxa para o planeta, os "backgrounds", dados pelos estudos de Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979),

Um grande problema metodológico associado à correta avaliação da contaminação dos sedimentos é a identificação de valores de referência para condições de sedimentos não contaminados ou limites que determinem um "treshold" para a contaminação, uma vez que todos métodos de avaliação quantitativa se baseiam em valores de referência de concentrações de nível de base.

Para resolver tal questão foram utilizadas as linhas guias da qualidade dos sedimentos que foram definidos com base nos efeitos biológicos observados em organismos bentônicos e pelágicos frente as concentrações de contaminantes medidas no sedimento, e então estabelecidos, os "benchmarks" aceitos internacionalmente como referencias importantes neste tipo de estudos.

Portanto, o uso dos benchmarks,
- TEC (Treshold EffectContamination); PEC (ProbableEffect Contaminantion), McDonald 2000);
- LEL (Low Effect Level); SEL (severe Effect Level), Persaud 1993;
- ERL (Effect Range Low); ERM (Effect Range Median) estabelecidos por NOAA; National Oceanic and Atmospheric Administration; Long et al. (1990).
- TEL (Treshold Effects Levels), PEL (Probable Effect Contamination),

Sendo que o primeiro termo de cada concepção é o "treshold", isto é o valor limiar, que determina que acima deste referencial algum prejuízo os organismos vivos irão sofrer, Figura 4.3.1.

A análise e interpretação dos resultados neste programa foi estabelecida como a mais restritiva possível, até para alertar ao gestor quando os valores de "treshold são ultrapassados, utilizaram-se os referencias dados pelas concepções TEC, LEL, ERL ,TEL, que são os valores "treshold", para cada uma das quatro concepções.

O CONAMA utiliza a concepção TEL-PEL, resolução 454. No entanto neste documento utilizam-se as quatro concepções mais aceitas internacionalmente buscando a maior rastreabilidade possível como subsídio aos gestores.

O uso dos valores de referência em combinação com toxicidade, é uma abordagem diferente para avaliar a contaminação dos sedimentos, Resolução do CONAMA 454, Estes valores estão nas Tabelas 4.3.4 e 4.3.5 e na Figura 4.3.1.

Os valores referenciais podem dar origem a uma sensação enganosa de certeza, conhecimento e confiança, o que pode levar a relutância por parte dos usuários em aplicá-los a riscos específicos das avaliações dos locais, no entanto, uma abordagem combinada, usando valores de diretrizes para simplificar as etapas preliminares da tomada de decisão e especificar avaliação de risco para obter ajustes nas fases posteriores de uma investigação, é geralmente considerado o mais apropriado.

Já os "backgrounds" ou níveis de base, dados por Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979), da crosta terrestre, dos sedimentos do planeta, do Clarke geoquímico e as composições medias dos folhelhos, Tabela 4.3.3, são os valores de referência regulatórios, e são valores de referência comuns usados para avaliação da contaminação do sedimento e dos solos; o valor de nível de base.

O termo aqui usado "background" tem vários usos, Quadro 4.3.3, no entanto utiliza-se aqui como referência frente as taxas encontradas nos sedimentos superficiais da calha do arroio Candiota.

Quadro 4.3.3: Uma seleção de conceitos de plano de nível de base e alguns termos associados.

Background 1
A abundância normal de um elemento em material de terra estéril, e é mais realista ver o nível de base como um intervalo que um valor absoluto.
Background 2
Concentração média geogênica ou pedogênica de uma substância em um sedimento ou solo examinado.
Background 3
Se a atmosfera em uma área específica estiver poluída por alguma substância de uma fonte local específica, o plano de nível de base de poluição é a concentração que existiria sem a fonte local estar presente.
Nível de Base Natural
Amplamente utilizado para inferir níveis de base que refletem processos não influenciados por atividades humanas.
Nível de Base Natural
Usado para descrever o incomensuravelmente perturbado e não mais base natural intocado
Nível de Base Pré-industrial
Utilizado quando dados provêm de materiais datados da idade ou são coletadas de áreas que se acredita representar uma pesquisa / estudo área em seu suposto estado de pré-industrialização.
Treshould ou Limiar
O limite externo da variação de nível de base.
Anomalia
Uma descrição dos padrões geoquímicos normais para uma determinada área ou paisagem geoquímica.
Linha de Base Natural
Concentrações de substâncias que caracterizam a variabilidade no geoquímica dos materiais de superfície da Terra e são necessários para documentando o estado atual do ambiente de superfície e fornecer dados contra os quais quaisquer alterações podem ser medidas.

Uso indiscriminado do termo "background" para avaliar contaminação dos solos e sedimentos pode resultar em más interpretações e várias falhas são ignoradas. Reimann e de Caritat (2000), discutem criticamente as definições e uso de valores históricos em questões de geoquímica ambiental, Reimann C, Filzmoser P, Garrett RG (2005).

Algumas características foram resumidas a seguir:

1) Nenhum nível global específico de elementos de "nível de base" pode ser definido. As concentrações de elementos naturais podem ser tão altas ou ainda mais alto do que qualquer contaminação antropogênica visível, portanto, é

considerado difícil identificar adições antropogênicas e contaminação na maioria dos casos;

2) Os níveis de base dependem da localização e escala e devem em geral, serem restritos à escala local. Tem sido demonstrado que os níveis de base podem variar muito entre regiões;

3) É mais realista ver o nível de base como um intervalo do que um valor absoluto. Há uma gama de valores caracterizando qualquer área ou região específica que reflita a heterogeneidade do ambiente;

4) Pode-se argumentar que os "backgrounds" naturais, em se tratando dos sedimentos, não existem mais neste planeta. Há evidências das camadas de gelo do mundo e geleiras com pequenas quantidades de elementos foram transportadas em escalas intercontinentais para regiões remotas e depositadas como resultado de serem liberados na atmosfera a partir de atividades humanas. O limite geralmente é expresso como um valor único, mostrando o nível de base superior entre as concentrações anômalas e de base, enquanto a linha de base, geralmente é expressa como uma observação ou faixa esperada de 95%, é usado principalmente na exploração geoquímica, e parece não ser muito apropriado para fins ambientais. Mesmo assim se utiliza neste estudo baseado na necessidade de rastreabilidade destes dados.

O uso do percentil como limite de base superior (limiar) fornece uma abordagem prática para continuar a usar o termo "background". Mas isto implica na disponibilidade de confiabilidade e de procedimentos para avaliar a contaminação dos sedimentos, mas levanta-se a questão sobre a comparabilidade de dados. Quando as informações locais não estão disponíveis e mais não podem serem obtidas, é necessário recorrer aos dados gerados por pesquisas de diferentes partes do mundo cobrindo áreas espacialmente significativas.

As concentrações médias de 90 ocorrências naturais de elementos na crosta terrestre foram estimadas; estes são conhecidos como '' valores de Clarke '' e pode ser encontrado em Taylor e Wedepohl, (Taylor SR, McLennan SM (1995), Wedepohl KH (1995). Esses dois artigos resumem os dados publicados sobre a composição da crosta continental superior, que varia ligeiramente porque existem

concentrações hipotéticas baseadas em pressupostos proporções de vários tipos de rochas crustais.

As concentrações de elementos diferem tão amplamente de uma unidade geológica para outra, que o uso do valor Clarke para um elemento em um local regional ou local contexto não representa suficientemente variações nas distribuições dos elementos causadas por mineralização ou contaminação em meio de amostragem específico Salminen R, Gregorauskiene V (2000).

No entanto, esses valores podem dar uma indicação preliminar de resultados de uma nova investigação estão dentro de um intervalo esperado e se refletem variações nas concentrações presentes em diferentes ambientes Reimann C, Filzmoser P, Garrett RG (2005), e foram aqui utilizados dentro deste contexto.

Desaules (2012) afirma que a referência no local é um valor específico para um determinado material e para uma localidade específica. Considerando o que foi descrito até aqui opta-se por usar os referencias da geologia ortodoxa e os referencias da qualidade dos sedimentos.

Já os "benchmarks" consideram valores limítrofes referenciados aos danos causados aos organismos selvagens e por vias indiretas ao homem.

Os "backgrounds" não consideram os limites de proteção a vida selvagem, já que são aqueles usado pela geologia ortodoxa, especifica da geoquímica.

A anomalia, é uma distribuição geoquímica dos elementos, que está representando por sua vez um desvio no somatório dos processos de movimentação dos materiais que refletem a presença de certos litotipos; processos atuantes no interior da terra (depósitos magmáticos e metamórficos) ou processos hipogênicos e; processos geológicos atuantes na superfície da terra ou próximos a ela os processos supergênicos, aqueles processos superficiais (intemperismo, erosão) processos pedogenéticos e mais recentemente os usos antropogênicos das bacias

hidrográficas, acrescentam a esta carga os seus efluentes e seus resíduos, a sua complexidade natural.

O ecossistema fluvial, o ecossistema aqui estudado, é um ecossistema de extrema complexidade, associa-se a isto as sinergias resultantes dos diversos usos que a sociedade humana desenvolve na bacia hidrográfica do arroio Candiota e seus efluentes.

Utilizam-se valores referenciais para estabelecer estas anomalias, ou ao menos valores que chamem a atenção daqueles que pensam o ambiente e que tomam decisões ao ponto de ultrapassarem de maneira significativa estes valores de referência.

Ao considerar-se que os sedimentos fornecem habitat para muitos organismos bentônicos e epibentônicos. Também influenciam no destino ambiental de muitas substâncias químicas nos ecossistemas aquáticos, atuando como verdadeiros sumidouros e subsequentemente fontes que podem fornecer elementos ao ambiente aquático, verdadeiras bombas de tempo.

Muitos organismos aquáticos podem ser expostos a substâncias químicas através de interações imediatas com os sedimentos do leito; portanto, os "benchmarks" de qualidade ambiental SQGs, são necessários para apoiar as estratégias de proteção e manejo de ecossistemas.

Tabela 4.3.3: "Backgrounds" (níveis de base) utilizados como referenciais, nas comparações, com as taxas encontradas nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial, da bacia hidrográfica do arroio Candiota, Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979).

Elementos	Crosta Terrestre Background	Sedimentos Background	Clarke	Folhelho Médio
Al (%)	8,2	7,2	8,36	8,8
As (ppm)	1,5	7,7	1,8	13
Cd (ppm)	0,11	0,17	0,16	0,22
Pb (ppm)	14	19	13	23
Cu (ppm)	50	33	68	39
Cr (ppm)	100	72	122	90
Fe (%)	4,1	4,1	6,2	4,8
Mn (ppm)	950	770	1060	850
Hg (ppm)	0,05	0,19	0,08	0,18
Ni (ppm)	80	52	99	68
Zn (ppm)	75	95	76	120

Tabela 4.3.4: "Benchmarks" ou "tresholds" (SQGs), referenciais de níveis de efeito biológico, utilizados como referenciais nas comparações com as taxas encontradas nos sedimentos superficiais de fundo das calhas fluvial da calha fluvial da bacia hidrográfica do arroio Candiota. Apresentam-se os valores limites de cada uma das quatro concepções apresentadas. São vários autores, cada concepção é referenciada no texto.

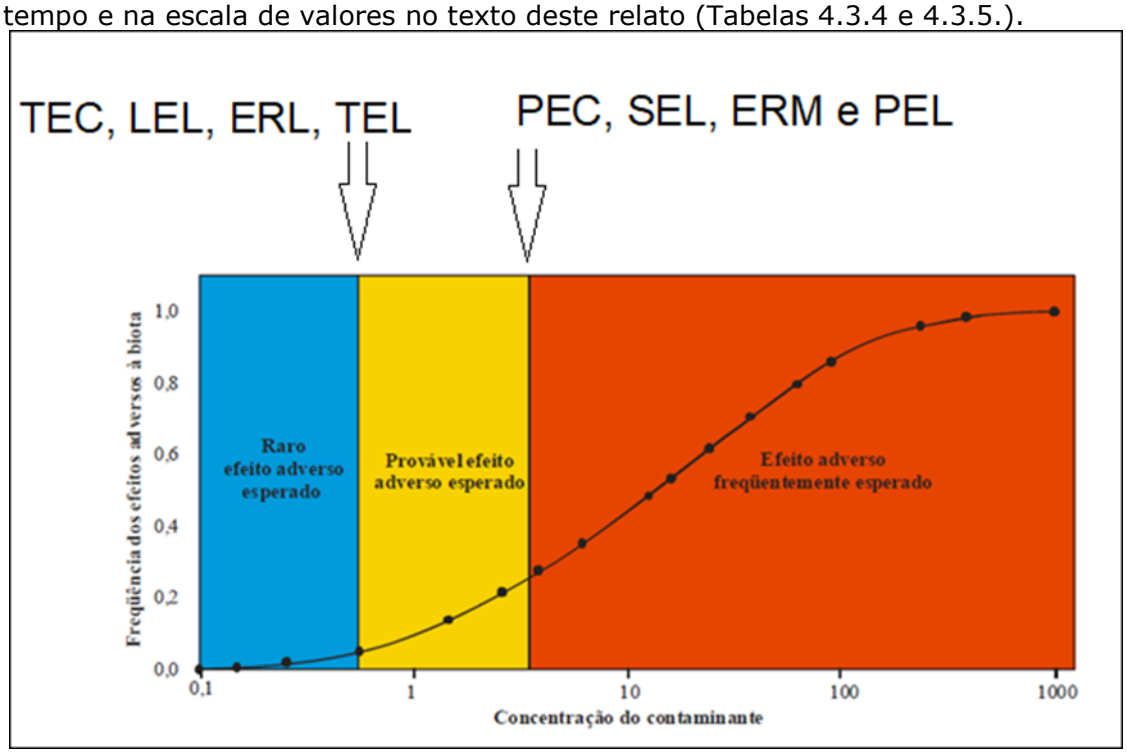
Elementos Estudados	Concepções dos limites em que há prejuizos as comunidades de organismos							
	TEC	PEC	LEL	SEL	ERL	ERM	TEL	PEL
Al (%)								
As ppm	9,8	33	6	33	8,2	70	5,9	17
Cd ppm	0,99	5	0,6	10	1,2	9,6	0,6	3,5
Pb ppm	36	130	31	250	46,7	218	35	91,3
Cu ppm	32	150	16	110	34	270	35,7	197
Cr ppm	43,4	110	26	110	81	370	37,3	90
Fe (%)	2	4	2	4				
Mn (ppm)	460	1100	460	11000				
Hg (ppm)	0,18	1,1	0,2	2	0,15	0,71	0,17	0,49
Ni (ppm)	23	49	16	75	20,9	51,6	18	35,9
Zn (ppm)	120	460	120	820	150	410	123	315

Obs: Onde há hachurado cinza, significa que a concepção não contemplou o referido elemento. Os valores estão vinculados as Linhas Guias da Qualidade dos Sedimentos (SQGs).

Tabela 4.3.5: Os valores TEL-PEL foram detalhados e associados a classes nominais, pela CETESB, São Paulo, Brasil. Para ser aplicado a qualidade dos sedimentos. Resolução 454 CONAMA para a qualidade de sedimentos em processos de dragagem de corpos hídricos, em substituição a Resolução CONAMA que utilizava a concepção ERL-ERM.

	TEL		PEL		
Met/Classes	Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima
As (µg/g)	<5,9	≥5,9 a 11,5	> 11,5 a < 17,0	17,0 a 25,5	>25,5
Cd(µg/g)	<0,6	≥0,6 a 2,1	> 2,1 a < 3,5	3,5 a 5,3	> 5,3
Pb(µg/g)	<35,0	≥35,0 a 63,2	> 63,2 a < 91,3	91,3 a 137,0	>137,0
Cu(µg/g)	<35,7	≥35,7 a 116,4	> 116,4 a < 197,0	197,0 a 295,5	>295,5
Cr(µg/g)	<37,3	≥37,3 a 63,7	> 63,7 a < 90,0	90,0 a 135,0	>135,0
Hg(µg/g)	<0,170	≥0,170 a 0,328	> 0,328 a < 0,486	0,486 a 0,729	>0,729
Ni(µg/g)	<18	≥18 a 27	> 27,0 a < 36,0	36,0 a 54,0	>54,0
Zn(µg/g)	<123	≥123 a 219	> 219,0 a < 315,0	315,0 a 473,0	>473,0

Figura 4.3.1: Exemplo conceitual dos intervalos de efeitos para contaminantes associados a sedimentos, é assim que funciona a aplicação das concepções para a proteção da vida selvagem (modificado de CCME,1995). As siglas referenciam concepções usadas para a comparação e como guias da qualidade dos sedimentos. Estão definidas e referenciadas no tempo e na escala de valores no texto deste relato (Tabelas 4.3.4 e 4.3.5.).



Condição de Referência e Local de Referencia

A condição de referência, foi construída com base na variabilidade das taxas encontradas no próprio sedimento da calha fluvial do arroio Candiota, enquanto que o local de referência é a estação 1.

O termo "condição de referência" que é reservado para se referir à "naturalidade" da biota (estrutura e função) e que naturalidade implica a ausência de perturbação ou alteração humana significativa. No entanto esta condição não existe na bacia hidrográfica do Arroio Candiota. Então, a necessidade da comparação relativa no âmbito da própria bacia e no âmbito da campanha amostral especifica é uma demanda importante e foi e tem sido executada, ao longo do Programa de Monitoramento.

Condição de referência, é um conceito alternativo da condição de referência, que é aqui utilizado, para preservar o conceito original de condição de referência nesta forma modificada do termo: “Condição de referência para integridade biológica”.

Cada um desses conceitos pode ser restrito definido e cada um implica em métodos específicos para estimar expectativas.

Utilizou-se a condição de referência como valores relativos aos valores médios, valores máximos, e os valores mínimos encontrados na campanha amostral dos sedimentos superficiais de fundo do arroio Candiota.

Um componente importante da avaliação biológica da condição do ambiente fluvial ou de fluxo de águas superficiais, é uma avaliação dos efeitos diretos ou indiretos das atividades ou distúrbios humanos. O conceito de '' condição de referência '' é usado para descrever o padrão ou referência em relação a qual condição a atual é comparada.

Muitas nações individuais e a União Europeia como conjunto, codificaram o conceito de condição de referência na legislação destinada a proteger e melhorar

a condição ecológica dos córregos. No entanto, a expressão ''condição de referência'' ainda tem muitos significados em uma variedade de contextos.

A condição de referência estabelecida para este estudo foram:
- Valores mínimos dos elementos na campanha amostral;
- Valores máximos dos elementos na campanha amostral;
- Valores médios dos elementos na campanha amostral;
- Valores mínimos considerando conjuntamente as quatro campanhas amostrais, AU-AV-AX-AZ;
- Valores máximos considerando conjuntamente as quatro campanhas amostrais AU-AV-AX-AZ;
- Valores médios considerando conjuntamente as quatro campanhas amostrais, AU-AV-AX-AZ.

Além disso, o local de referência foi escolhido por ser um local a montante do uso da geração de energia elétrica através da queima do carvão mineral, e foi definido como a estação amostral 1 (Estação 1)

Resultados e Discussão

Concentração dos Elementos (Metais e Metalóide)

O ataque total, é um ataque forte a amostra para extrair aproximadamente 90% do metal, exceto para o Cromo que possui uma porcentagem de recuperação aproximado a 60%, os resultados obtidos por este ataque, se obtém uma boa referência do conteúdo total de uma unidade amostral.

Na Tabela 4.3.6, apresentam-se respectivamente as concentrações resultantes do ataque forte (elemento total) as amostras de sedimentos do sistema estudado produzidas nas quatro campanhas amostrais, AU (primavera de 2020) -AV (verão de 2021) -AX (outono de 2021) e AZ (inverno de 2021).

Concentração de Metais e Distribuição Espacial - Análise da Estatística Descritiva

As análises estatísticas descritivas das distribuições dos elementos do estudo nas campanhas amostrais estão apresentadas na forma das concentrações máximos e mínimos, médias, a variância, o desvio padrão, a assimetria e a curtose dos dados e estão apresentados na Tabela 4.3.7, apresenta a analise descritiva considerando, a campanha amostral de primavera de 2020, já a Tabela, 4.3.8, mostra a analise descritiva da campanha amostral do verão de 2021, já a Tabela 4.3.9, apresenta a analise descritiva da campanha amostral do outono de 2021, enquanto a Tabela 4.3.10 apresenta a analise descritiva da campanha amostral do inverno de 2021.

A Tabela 4.3.11 reúne a analise descritiva considerando as quatro campanhas amostrais 2020-2021.

Tabela 4.3.6: Concentrações dos elementos medidos nos sedimentos da calha fluvial do arroio Candiota, Al e Fe expressos em %, os demais elementos expressos em ppm. Campanha amostral de primavera de 2020, recebeu o sufixo AU, campanha amostral de verão de 2021, recebeu o sufixo de AV. Campanha amostral de outono de 2021, recebeu o sufixo AX. Campanha amostral de inverno de 2021, recebeu o sufixo AZ.

Metais Totais	Altot	Astot	Cdtot	Pbtot	Cutot	Crtot	Fetot	Mntot	Hgtot	Nitot	Zntot
1AU	0,08	1,07	0,10	1,27	0,80	1,33	0,28	66,30	0,02	0,70	4,04
2AU	1,29	5,96	0,10	5,63	26,00	18,00	1,66	165,00	0,05	15,10	59,80
3AU	0,08	1,22	0,10	2,50	1,16	1,21	0,31	165,00	0,02	0,70	5,07
4AU	0,32	3,37	0,10	2,31	3,00	13,00	1,49	199,00	0,02	4,58	23,70
5AU	0,09	1,91	0,10	1,69	1,56	1,72	0,37	210,00	0,02	1,67	8,89
6AU	0,37	1,69	0,10	2,25	2,45	2,85	0,80	45,40	0,02	3,33	14,00
7AU	0,37	1,85	0,10	3,09	1,31	2,25	0,43	270,00	0,02	2,37	10,20
8AU	0,67	4,98	0,10	3,66	7,95	9,11	1,88	316,00	0,02	4,88	119,00
1AV	0,51	2,41	0,1	2,67	0,6	3,68	0,70	526	0,02	1,85	10,6
2AV	1,53	3,49	0,1	0,4	5,76	16,1	2,09	325	0,02	9,41	34,3
3AV	0,07	1,54	0,1	1,91	0,6	1,2	0,41	119	0,02	0,4	7,38
4AV	0,18	1,44	0,1	2,41	0,6	5,93	0,51	150	0,02	1,54	13,7
5AV	0,09	1,02	0,1	2,11	1,43	2,24	0,42	227	0,02	1,69	11,6
6AV	0,09	3,33	0,1	2,01	0,6	3,86	0,91	65,9	0,02	2,43	10,3
7AV	0,62	2,08	0,1	1,84	0,6	4,55	0,66	369	0,02	3,47	18,1
8AV	0,10	3,61	0,1	116	0,6	7,5	1,75	249	0,02	1,89	40,9
1AX	0,0324	1	2,01	0,9	0,6	1,43	0,275	45,4	0,02	0,4	2,64
2AX	0,0812	3,44	0,1	1,55	4,32	10,4	0,1125	208	0,02	5,05	26,8
3AX	0,0369	0,5	0,1	1,26	0,6	2	0,2827	110	0,02	0,9	3,61
4AX	0,0568	3,31	0,1	2,25	0,6	21,3	1,2545	391	0,02	1,93	16
5AX	0,0364	1	0,1	1,5	0,6	1,46	0,2507	102	0,02	0,8	4,77
6AX	0,0543	5,94	0,1	4,52	1,51	10,5	1,429	77,7	0,02	2,19	13,6
7AX	0,0508	2,27	0,1	3,67	0,81	1,45	0,4089	469	0,02	1,86	6,73
8AX	0,0816	9,72	0,1	4,87	4,63	6,82	1,9818	261	0,02	4,18	28,9
1AZ	0,0341	0,316	0,316	1,49	10,4	1,02	0,155	49,6	0,00982	0,631	5,59
2AZ	0,343	1,45	0,275	5,44	11,9	3,85	0,381	128	0,00967	1,96	11,6
3AZ	0,0203	0,276	0,276	1,02	7,38	0,382	0,0721	59,7	0,00968	0,552	3,07
4AZ	0,0421	0,666	0,267	1,36	6,31	4,69	0,299	97,2	0,00933	1,16	10,5
5AZ	0,107	2,57	2,26	26,3	10,6	2,86	1,48	231	0,00951	2,9	14
6AZ	0,0363	1,14	0,298	2,79	7,27	1,9	0,165	80,3	0,0101	0,596	5,18
7AZ	0,0953	0,811	0,37	3,28	8,82	1,09	0,227	282	0,012	1,49	7,35
8AZ	0,195	2,12	1,14	17,2	9,51	8,96	0,991	202	0,0094	1,21	20,8

Nas Tabelas 4.3.7 a 4.3.11, estão os resultados das análises descritivas que serão os principais subsídios para construção das condições de referências.

Tabela 4.3.7: Estatística descritiva da campanha amostral AU, primavera de 2020.

				Estatística Descritiva					
Campanha	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desv.Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
AU	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Altot	8	1,2134	0,0775	1,2909	0,4083	0,4101768	0,168	1,655	2,921
Astot	8	4,89	1,07	5,96	2,7563	1,83083	3,352	1,028	-0,442
Cdtot	8	0	0,1	0,1	0,1	0	0	.	.
Pbtot	8	4,36	1,27	5,63	2,8	1,36477	1,863	1,354	2,201
Cutot	8	25,2	0,8	26	5,5288	8,58407	73,686	2,476	6,29
Crtot	8	16,79	1,21	18	6,1838	6,43049	41,351	1,123	-0,157
Fetot	8	1,6064	0,275	1,8814	0,901975	0,669722	0,449	0,549	-1,874
Mntot	8	270,6	45,4	316	179,588	92,0795	8478,641	-0,137	-0,593
Hgtot	8	0,03	0,02	0,05	0,0238	0,01061	0	2,828	8
Nitot	8	14,4	0,7	15,1	4,1663	4,69672	22,059	2,21	5,408
Zntot	8	114,96	4,04	119	30,5875	40,06257	1605,01	1,947	3,515

Tabela 4.3.8: Estatística descritiva da campanha amostral AV, verão de 2021**.**

				Estatística Descritiva					
Campanha	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desv.Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
AV	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Altot	8	1,4632	0,0699	1,5331	0,39845	0,5049478	0,255	1,983	4,067
Astot	8	2,59	1,02	3,61	2,365	1,01245	1,025	0,081	-1,85
Cdtot	8	0	0,1	0,1	0,1	0	0	.	.
Pbtot	8	115,6	0,4	116	16,1688	40,34352	1627,599	2,827	7,993
Cutot	8	5,16	0,6	5,76	1,3488	1,80592	3,261	2,695	7,367
Crtot	8	14,9	1,2	16,1	5,6325	4,66639	21,775	1,899	4,183
Fetot	8	1,6852	0,4055	2,0907	0,9311	0,639161	0,409	1,259	0,125
Mntot	8	460,1	65,9	526	253,862	149,965	22489,49	0,667	0,104
Hgtot	8	0	0,02	0,02	0,02	0	0	.	.
Nitot	8	9,01	0,4	9,41	2,835	2,7923	7,797	2,314	5,875
Zntot	8	33,52	7,38	40,9	18,36	12,39445	153,623	1,278	0,15

Tabela 4.3.9: Estatística descritiva da campanha amostral AX, outono de 2021.

				Estatística Descritiva					
Campanha	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desv.Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
AX	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Altot	8	0,0492	0,0324	0,0816	0,0538	0,0192286	0	0,594	-1,028
Astot	8	9,22	0,5	9,72	3,3975	3,10784	9,659	1,37	1,634
Cdtot	8	1,91	0,1	2,01	0,3388	0,67529	0,456	2,828	8
Pbtot	8	3,97	0,9	4,87	2,565	1,56274	2,442	0,596	-1,608
Cutot	8	4,03	0,6	4,63	1,7088	1,73686	3,017	1,329	-0,152
Crtot	8	19,87	1,43	21,3	6,92	7,02852	49,4	1,344	1,612
Fetot	8	1,8693	0,1125	1,9818	0,749388	0,70193	0,493	0,928	-0,771
Mntot	8	423,6	45,4	469	208,013	155,2306	24096,55	0,785	-0,782
Hgtot	8	0	0,02	0,02	0,02	0	0	.	.
Nitot	8	4,65	0,4	5,05	2,1638	1,65231	2,73	0,936	-0,226
Zntot	8	26,26	2,64	28,9	12,8813	10,38574	107,864	0,714	-1,139

Tabela 4.3.10: Estatística descritiva da campanha amostral AZ, inverno de 2021.

				Estatística Descritiva					
Campanha	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desv.Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
AZ	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Altot	8	0,3227	0,0203	0,343	0,109138	0,1105713	0,012	1,636	2,412
Astot	8	2,294	0,276	2,57	1,168625	0,8326579	0,693	0,703	-0,673
Cdtot	8	1,993	0,267	2,26	0,65025	0,7144678	0,51	2,102	4,136
Pbtot	8	25,28	1,02	26,3	7,36	9,31527	86,774	1,627	1,606
Cutot	8	5,59	6,31	11,9	9,0238	1,92989	3,724	0,016	-1,211
Crtot	8	8,578	0,382	8,96	3,094	2,7949326	7,812	1,463	2,301
Fetot	8	1,4079	0,0721	1,48	0,471263	0,4983277	0,248	1,574	1,533
Mntot	8	232,4	49,6	282	141,225	86,5507	7491,025	0,621	-1,212
Hgtot	8	0,0027	0,0093	0,012	0,009939	0,0008679	0	2,407	6,169
Nitot	8	2,348	0,552	2,9	1,312375	0,807187	0,652	1,141	1,031
Zntot	8	17,73	3,07	20,8	9,7613	5,76593	33,246	0,94	0,673

Tabela 4.3.11: Estatística descritiva considerando as quatro campanhas: AU, primavera de 2020, AV verão de 2021, AX outono de 2021 e AZ inverno de 2021.

AU-AV-AX-AZ			Estatística Descritiva						
Metais Tot	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Desv.Pad.	Variância	Assimetria	Curtose
ppm	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatístico	Estatística	Estatístico	Estatística	Estatística	Estatística
Altot	32	15128	203	15331	2424,219	3543,425	1,26E+07	2,577	6,784
Astot	32	9,444	0,276	9,72	2,42184	2,001636	4,007	1,911	4,711
Cdtot	32	2,16	0,1	2,26	0,29725	0,520499	0,271	3,174	9,482
Pbtot	32	115,6	0,4	116	7,2234	20,47909	419,393	5,173	27,889
Cutot	32	25,4	0,6	26	4,4025	5,38657	29,015	2,308	7,278
Crtot	32	20,918	0,382	21,3	5,45756	5,413935	29,311	1,509	1,67
Fetot	32	20186	721	20907	7634,313	6286,075	3,95E+07	0,863	-0,692
Mntot	32	480,6	45,4	526	195,672	125,9778	15870,41	0,883	0,338
Hgtot	32	0,04067	0,00933	0,05	0,018422	0,007263	0	2,386	11,288
Nitot	32	14,7	0,4	15,1	2,61934	2,937554	8,629	3,001	10,69
Zntot	32	116,36	2,64	119	17,8975	22,2298	494,164	3,44	14,05

O Significado dos Dados

A contaminação e a poluição dos sedimentos estão intimamente ligadas com a poluição das águas e tem origem em diversas fontes, dentre as quais se destacam: os efluentes domésticos, efluentes industriais, carga difusa urbana e agrícola.

Como potencial latente do sistema do arroio Candiota, como produto da degradação continuada, estão a ocorrência de diversos contaminantes nos sedimentos de calha fluvial.

Ambientes como o sistema Fluvial do Arroio Candiota, mesmo que a coluna de água e a própria biota não apresentem concentrações acima daquelas estabelecidas pelas legislações vigentes, referentes à qualidade de águas. A complexidade da presença de metais nos sedimentos é fato, uma vez que estes metais podem existir de diversas formas, variando de acordo com a natureza e estado das fontes que originou o sedimento, sua relação erosão-transporte-deposição no meio.

Matemática da comparação: Razão de Referência o "RTR" e Valores Agregado de Referência o "ARTR".

Normalização dos dados visando a comparação.

Exemplo dos cálculos:

Considerando a Tabela 4.3.13, extrai-se parte da tabela, para exemplificar o cálculo, está na Tabela 4.3.12:

- Os dados químicos que caracterizam a estação 1AU (estação 1 da campanha amostral AU-primavera de 2020;
- Os dados químicos que caracterizam a estação 2AU (estação 2 da campanha de verão.

Analisando a Tabela 4.3.12, a estação 1AU é a estação estabelecida como local referência (sempre será a estação 1 da campanha analisada), para a campanha

amostral de primavera de 2020, e a estação 8AU, aquela escolhida para demonstrar o cálculo.

Tabela 4.3.12: Parte da Tabela 4.3.13, para exemplificação do cálculo de RTR e ARTR.

Metais Totais	**1AU**	RTR-1AU	**8AU**	RTR-8AU
Altot	0,0775	1	0,67	8,63
Astot	1,07	1	4,98	4,65
Cdtot	0,1	1	0,10	1,00
Pbtot	1,27	1	3,66	2,88
Cutot	0,8	1	7,95	9,94
Crtot	1,33	1	9,11	6,85
Fetot	0,275	1	1,88	6,84
Mntot	66,3	1	316,00	4,77
Hgtot	0,02	1	0,02	1,00
Nitot	0,7	1	4,88	6,97
Zntot	4,04	1	119,00	29,46
	∑	11	∑	82,99
	ARTR 1AV	1	**ARTR 8AU**	7,54

Na coluna 1AU, e 8AU, estão os dados químicos que caracterizam os dois locais amostrados, ou as unidades amostrais, 1AU e 8AU, respectivamente.

Podemos estabelecer que a assinatura de 1AU e 8AU, são as concentrações dos onze elementos químicos medidos, é considerada uma assinatura geoquímica, que caracteriza os dois locais amostrados.

A coluna RTR-1AU, e RTR-8AU, são os valores das razões de referência, obtidos por cálculo para cada um dos onze elementos químicos medidos.

Como o local de referência foi estabelecido como sendo a estação 1, iguala-se as concentrações apresentadas pelos elementos químicos a unidade, e afirma-se que os valores de razão de referência da estação 1AU quando comparada com ela mesma (1AU comparada com 1AU é igual a 1, isto é, RTR 1AU para todos os metais que a caracterizam é igual a unidade).

Ao comparar-se a estação 1AU (a estação de referência) com a estação 8AU, calculam-se as razões entre as concentrações que caracterizam uma e outra estação, isto é:
A razão de referência (RTR) para o Fe na estação 8AU é dado por 0,67/0,07, isto é 8,63.
A razão de referencia (RTR) para o As na estação 8AU é dado por 4,98/1,07, isto é 4,65.

E assim por diante!

Este cálculo é realizado para cada concentração de elemento químico que caracteriza a estação 8 comparando através de uma razão matemática a concentração do mesmo elemento registrada na estação de referência, a estação 1AU, no exemplo.

A coluna RTR-8AU é preenchida com estas razões; o significado do RTR do Ferro na estação 8AU, é de que a concentração do Ferro é 8,63 vezes maior do que aquela concentração registrada pelo Ferro na estação de referencia (1AU).

Este cálculo é realizado para todas as estações, mostrando a relação da concentração na estação que se quer comparar com aquela que é o local de referência, a estação 1.

Realizado este cálculo passam a serem calculados os valores agregados de referencia (ARTR), que é a média matemática dos RTRs calculado na estação, isto é, na estação de referência o valor do ARTR é dado pela unidade, (1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1) / 11 = 1, e na estação comparada, no exemplo a estação 8AU, o ARTR é
[(8,63+4,65+1,00+2,88+9,94+6,85+6,84+4,77+1,00+6,97+29,46)/11]
ARTR = (82,99/11)
ARTR = 7,54

O significado do ARTR é de que a estação 8AU é 7,54 vezes diferente, com taxas mais elevadas do que a estação de referência.

Portanto, o RTR analisa a concentração a concentração e o ARTR examina o mix das concentrações em cada estação.

O RTR relaciona as variáveis e o ARTR relaciona os locais de amostragem.

Os valores para referência RTR e o valores agregados de referência foram calculados para as campanhas AU-primavera de 2020, AV-verão de 2021, AX-outono de 2021 e AZ-inverno de 2021. No entanto para subsidiar o mais amplamente aos gestores foram calculados sempre como base de referência a estação ou o local 1, mas foram calculados o RTR e o ARTR para referencias de valores mínimos, máximos e médios do local de referência (estação 1) para cada campanha sazonal de amostragem.

Os valores de cada variável foram normalizados:
- Os valores do local ou estação de referência no âmbito de cada campanha amostral (Tabelas 4.3.13 a 4.3.16);
- Os valores mínimos, máximos e médios das concentrações, da campanha amostral AU-primavera de 2020;
- Os valores mínimos, máximos e médios das concentrações, da campanha amostral AV- verão de 2021;
- Os valores mínimos, máximos e médios das concentrações, da campanha amostral AX- outono de 2021;
- Os valores mínimos, máximos e médios das concentrações, da campanha amostral AZ- inverno de 2021.

Nas Tabelas 4.3.13 até 4.3.40, estão apresentadas as várias concepções das condições de referência.

A normalização, constitui no cálculo do quociente obtido, pela divisão, de cada um dos resultados obtidos em cada estação pelos resultados do "local de referência"

(estação amostral 1), pelos valores médios, pelos valores máximos, pelos valores mínimos de cada uma das concentrações nas estações de amostragem, na campanha amostral considerada.

Além disso, a média geral para cada elemento, nas quatro campanhas amostrais, também é foi uma condição de referência.

Tabela 4.3.13: Razão para local de referências (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AU, primavera de 2020, tendo como *local de referência* a estação 1AU, os valores apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de primavera de 2020.

Metais Totais	1AU	RTR-1AU	2AU	RTR-2AU	3AU	RTR-3AU	4AU	RTR-4AU	5AU	RTR-6AU	6AU	RTR-7AU	7AU	RTR-7AU	8AU	RTR-8AU
Altot	0,0775	1	1,29	16,66	0,08	1,01	0,32	4,16	0,09	1,14	0,37	4,71	0,37	4,83	0,67	8,63
Astot	1,07	1	5,96	5,57	1,22	1,14	3,37	3,15	1,91	1,79	1,69	1,58	1,85	1,73	4,98	4,65
Cdtot	0,1	1	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00
Pbtot	1,27	1	5,63	4,43	2,50	1,97	2,31	1,82	1,69	1,33	2,25	1,77	3,09	2,43	3,66	2,88
Cutot	0,8	1	26,00	32,50	1,16	1,45	3,00	3,75	1,56	1,95	2,45	3,06	1,31	1,64	7,95	9,94
Crtot	1,33	1	18,00	13,53	1,21	0,91	13,00	9,77	1,72	1,29	2,85	2,14	2,25	1,69	9,11	6,85
Fetot	0,275	1	1,66	6,03	0,31	1,12	1,49	5,43	0,37	1,35	0,80	2,91	0,43	1,56	1,88	6,84
Mntot	66,3	1	165,00	2,49	165,00	2,49	199,00	3,00	210,00	3,17	45,40	0,68	270,00	4,07	316,00	4,77
Hgtot	0,02	1	0,05	2,50	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00
Nitot	0,7	1	15,10	21,57	0,70	1,00	4,58	6,54	1,67	2,39	3,33	4,76	2,37	3,39	4,88	6,97
Zntot	4,04	1	59,80	14,80	5,07	1,25	23,70	5,87	8,89	2,20	14,00	3,47	10,20	2,52	119,00	29,46
	∑	11	∑	121,09	∑	14,35	∑	45,49	∑	18,61	∑	27,08	∑	25,86	∑	82,99
	ARTR 1AU	**1**	**ARTR 2AU**	**11,01**	**ARTR 3AU**	**1,30**	**ARTR 4AU**	**4,14**	**ARTR 5AU**	**1,69**	**ARTR 6AU**	**2,46**	**ARTR 7AU**	**2,35**	**ARTR 8AU**	**7,54**

Tabela 4.3.14: Razão para local de referências (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AV, verão de 2021, tendo como *local de referência* a estação 1AV, os valores apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de verão de 2021.

Metais Totais	1AV	RTR-1AV	2AV	RTR-2AV	3AV	RTR-3AV	4AV	RTR-4AV	5AV	RTR-5AV	6AV	RTR-6AV	7AV	RTR-7AV	8AV	RTR-8AV
Altot	0,5113	1	1,53	3,00	0,07	0,14	0,18	0,36	0,09	0,18	0,09	0,17	0,62	1,21	0,10	0,19
Astot	2,41	1	3,49	1,45	1,54	0,64	1,44	0,60	1,02	0,42	3,33	1,38	2,08	0,86	3,61	1,50
Cdtot	0,1	1	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00
Pbtot	2,67	1	0,40	0,15	1,91	0,72	2,41	0,90	2,11	0,79	2,01	0,75	1,84	0,69	116,00	43,45
Cutot	0,6	1	5,76	9,60	0,60	1,00	0,60	1,00	1,43	2,38	0,60	1,00	0,60	1,00	0,60	1,00
Crtot	3,68	1	16,10	4,38	1,20	0,33	5,93	1,61	2,24	0,61	3,86	1,05	4,55	1,24	7,50	2,04
Fetot	0,6992	1	2,09	2,99	0,41	0,58	0,51	0,72	0,42	0,60	0,91	1,30	0,66	0,95	1,75	2,51
Mntot	526	1	325,00	0,62	119,00	0,23	150,00	0,29	227,00	0,43	65,90	0,13	369,00	0,70	249,00	0,47
Hgtot	0,02	1	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00
Nitot	1,85	1	9,41	5,09	0,40	0,22	1,54	0,83	1,69	0,91	2,43	1,31	3,47	1,88	1,89	1,02
Zntot	10,6	1	34,30	3,24	7,38	0,70	13,70	1,29	11,60	1,09	10,30	0,97	18,10	1,71	40,90	3,86
	∑	11	∑	32,50	∑	6,54	∑	9,60	∑	9,43	∑	10,06	∑	12,23	∑	58,03
	ARTR 1AV	**1**	**ARTR 2AV**	**2,95**	**ARTR 3AV**	**0,59**	**ARTR 4AV**	**0,87**	**ARTR 5AV**	**0,86**	**ARTR 6AV**	**0,91**	**ARTR 7AV**	**1,11**	**ARTR 8AV**	**5,28**

Tabela 4.3.15: Razão para local de referências (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AX, outono de 2021, tendo como *local de referência* a estação amostral 1AX, os valores apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de outono de 2021.

Metais Totais	1AX	RTR-1AX	2AX	RTR-2AX	3AX	RTR-3AX	4AX	RTR-4AX	5AX	RTR-5AX	6AX	RTR-6AX	7AX	RTR-7AX	8AX	RTR-8AX
Altot	0,0324	1	0,08	2,51	0,04	1,14	0,06	1,75	0,04	1,12	0,05	1,68	0,05	1,57	0,08	2,52
Astot	1	1	3,44	3,44	0,50	0,50	3,31	3,31	1,00	1,00	5,94	5,94	2,27	2,27	9,72	9,72
Cdtot	2,01	1	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05
Pbtot	0,9	1	1,55	1,72	1,26	1,40	2,25	2,50	1,50	1,67	4,52	5,02	3,67	4,08	4,87	5,41
Cutot	0,6	1	4,32	7,20	0,60	1,00	0,60	1,00	0,60	1,00	1,51	2,52	0,81	1,35	4,63	7,72
Crtot	1,43	1	10,40	7,27	2,00	1,40	21,30	14,90	1,46	1,02	10,50	7,34	1,45	1,01	6,82	4,77
Fetot	0,275	1	0,11	0,41	0,28	1,03	1,25	4,56	0,25	0,91	1,43	5,20	0,41	1,49	1,98	7,21
Mntot	45,4	1	208,00	4,58	110,00	2,42	391,00	8,61	102,00	2,25	77,70	1,71	469,00	10,33	261,00	5,75
Hgtot	0,02	1	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00
Nitot	0,4	1	5,05	12,63	0,90	2,25	1,93	4,83	0,80	2,00	2,19	5,48	1,86	4,65	4,18	10,45
Zntot	2,64	1	26,80	10,15	3,61	1,37	16,00	6,06	4,77	1,81	13,60	5,15	6,73	2,55	28,90	10,95
	∑	11	∑	50,96	∑	13,56	∑	48,57	∑	13,83	∑	41,08	∑	30,35	∑	65,54
	ARTR 1AX	**1**	**ARTR 2AX**	**4,63**	**ARTR 3AX**	**1,23**	**ARTR 4AX**	**4,42**	**ARTR 5AX**	**1,26**	**ARTR 6AX**	**3,73**	**ARTR 7AX**	**2,76**	**ARTR 8AX**	**5,96**

Tabela 4.3.16: Razão para referencias (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AZ, inverno de 2021, tendo como *local de referência* a estação amostral 1AZ, valores apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de inverno de 2021.

Metais Totais	1AZ	RTR-1AZ	2AZ	RTR-2AZ	3AZ	RTR-3AZ	4AZ	RTR-4AZ	5AZ	RTR-5AZ	6AZ	RTR-6AZ	7AZ	RTR-7AZ	8AZ	RTR-8AZ
Altot	0,03	1,00	0,34	10,06	0,02	0,60	0,04	1,23	0,11	3,14	0,04	1,06	0,10	2,79	0,20	5,72
Astot	0,32	1,00	1,45	4,59	0,28	0,87	0,67	2,11	2,57	8,13	1,14	3,61	0,81	2,57	2,12	6,71
Cdtot	0,32	1,00	0,28	0,87	0,28	0,87	0,27	0,84	2,26	7,15	0,30	0,94	0,37	1,17	1,14	3,61
Pbtot	1,49	1,00	5,44	3,65	1,02	0,68	1,36	0,91	26,30	17,65	2,79	1,87	3,28	2,20	17,20	11,54
Cutot	10,40	1,00	11,90	1,14	7,38	0,71	6,31	0,61	10,60	1,02	7,27	0,70	8,82	0,85	9,51	0,91
Crtot	1,02	1,00	3,85	3,77	0,38	0,37	4,69	4,60	2,86	2,80	1,90	1,86	1,09	1,07	8,96	8,78
Fetot	0,16	1,00	0,38	2,46	0,07	0,47	0,30	1,93	1,48	9,55	0,17	1,06	0,23	1,46	0,99	6,39
Mntot	49,60	1,00	128,00	2,58	59,70	1,20	97,20	1,96	231,00	4,66	80,30	1,62	282,00	5,69	202,00	4,07
Hgtot	0,01	1,00	0,01	0,98	0,01	0,99	0,01	0,95	0,01	0,97	0,01	1,03	0,01	1,22	0,01	0,96
Nitot	0,63	1,00	1,96	3,11	0,55	0,87	1,16	1,84	2,90	4,60	0,60	0,94	1,49	2,36	1,21	1,92
Zntot	5,59	1,00	11,60	2,08	3,07	0,55	10,50	1,88	14,00	2,50	5,18	0,93	7,35	1,31	20,80	3,72
	∑	11,00	∑	35,29	∑	8,19	∑	18,86	∑	62,17	∑	15,63	∑	22,70	∑	54,34
	RTR AZ	**1,00**	**ARTR 2AZ**	**3,21**	**ARTR 3AZ**	**0,74**	**ARTR 4AZ**	**1,71**	**RTR5AZ**	**5,65**	**RTR 6AZ**	**1,42**	**RTR 7AZ**	**2,06**	**RTR 8AZ**	**4,94**

Descrevem-se os elementos que se apresentaram em concentrações maiores, menores ou iguais aquelas concentrações registradas no local de referência.

Estes são os elementos que geraram as diferenças entre a relativação das estações amostrais com a estação de referência (estação 1):

Estação 2AU - primavera:

Cu>Ni>Al>Zn>Cr>Fe>As>Pb>Hg>Mn; O Cádmio apresentou concentração inferior àquela registrada no local de referência.

Estação 2AV - verão

Cu >Ni >Cr >Zn >Al >Fe >As<Mn <Pb (Mn e Pb apresentaram taxas inferiores as taxas apresentadas no local de referência;

Estação 2AX-Outono

Ni >Zn>Cr>Cu >Mn > As > Al >Pb >Fe > Cd; os elementos que não estão listados, apresentaram concentrações iguais aquelas apresentadas no local de referência. Fe e Cd apresentaram concentrações inferiores aquelas apresentadas no local de referência.

Estação 2AZ-Inverno

Al>As >Cr >Pb >Ni >Mn >Fe >Zn >Cu >Hg >Cd;o Mercúrio e o Cádmio apresentaram concentrações abaixo das concentrações registradas no local de referência.

Estação 3AU- primavera

Mn>Pb>Cu>Zn>As>Fe >Cr; o Cromo apresenta concentração inferior aquela registrada no local de referência. Os elementos que não estão listados apresentaram concentrações iguais aquelas registradas no local de referência.

Estação 3AV- verão

Pb>Zn>As>Fe>Cr>Mn>Ni>Al todas concentrações menores que aquelas da estação de referência, os elementos do estudo que não estão relacionados na ordenação é porque são as mesmas concentrações do local de referência;

Estação 3AX- outono

Mn>Ni >Pb >Cr >Zn >Al >As>Cd; os elementos que não estão listados apresentaram valores iguais aqueles apresentados no local de referência. As e Cd apresentam concentrações inferiores aquelas registradas no local de referência.

Estação 3AZ-Inverno

Mn >Hg >Ni >As >Cd >Cu >Pb >Al >Zn >Fe >Cr; somente o manganês apresenta concentração acima da concentração registrada no local de referência. Todos os outros elementos químicos apresentaram concentrações abaixo daquelas registradas no local de referência.

Estação 4AU-Primavera

Cr >Ni >Zn >Fe >Al >Cu>As >Mn>Pb; os elementos Cádmio e Mercúrio apresentaram concentrações iguais aquelas registraram no local de referência.

Estação 4AV-Verão

Cr>Zn >Pb >Ni >Fe >As >Al >Mn, somente o Zinco apresenta taxas maiores que aquelas apresentadas no local de referência, os outros elementos listados apresentaram menores que as taxas apresentadas no local de referência. Aqueles elementos não listados foi porque apresentaram taxas iguais ao local de referência.

Estação 4AX-Outono

Cr >Mn >Zn >Ni >Fe >As >Pb>Al >Cd; O Cadmio apresenta concentrações menores do que aquela registrada no local de referência. Os elementos que não estão listados apresentaram concentrações iguais aquelas apresentadas no local de referência.

Estação 4AZ-Inverno

Cr >As >Mn >Fe >Zn>Ni >Al >Hg >Pb >Cd >Cu; O Mercúrio, Chumbo, Cádmio, e Cobre, apresentaram concentrações inferiores aquelas registradas no local de referência.

Estação 5AU-Primavera

Mn >Ni >Zn >Cu >As >Fe >Pb >Cr >Al >Cd>Hg

O Cádmio e o Mercúrio apresentaram concentrações iguais as concentrações registradas no local de referência.

Estação 5AV-Verão

Cu >Zn >Ni >Pb >Cr >Fe >Mn >As >Al; a concentração do Cu apresenta-se maior do que aquela apresentada no local de referência, as concentrações de Zn, Ni, Pb, Cr, Fe, Mn, As, e Al são menores do que aquelas apresentas no local de referência. Aqueles elementos que não foram listados apresentaram concentrações iguais aquelas apresentadas no local de referência.

Estação 5AX-Outono

Mn >Ni >Zn >Pb >Al >Hg >Fe >Cd; os elementos não listados são aqueles que apresentaram concentrações iguais aquelas registradas no local de referência. Os elementos Fe e Cd apresentaram concentrações iguais aquelas registradas no local de referência.

Estação 5AZ-Inverno

Pb>Fe>As>Cd>Mn>Ni>Al>Cr>Zn>Cu>Hg; o Mercúrio é o elemento que apresentou concentração inferior aquela registrada no local de referência

Estação 6AU-Primavera

Ni >Al >Zn>Cu >Fe >Cr >Pb>As>Mn

O Cádmio e Mercúrio apresentaram concentrações iguais aquelas registradas no local de referência.

Estação 6AV-Verão

As >Ni Fe >Zn >Pb >Al >Mn: a concentração do As, Ni e Fe, é maior do que a concentração no local de referência, no entanto as concentrações de Zn, Pb, Al e Mn apresentaram taxas menores do que aquelas apresentadas no local de referência. Já os elementos que não foram listados apresentaram as mesmas taxas apresentadas no local de referência.

Estação 6AX-Outono

Cr >As >Ni >Fe >Zn >Pb >Cu>Mn>Al> Cd; o Mercúrio apresentou concentrações iguais a registrada no local de referência, e o Cd apresentou concentrações inferiores aquelas registradas no local de referência.

Estação 6AZ-Inverno

As >Pb >Cr >Mn>>Ni>Cd >Zn>Cu: Níquel, Cádmio, Zinco e Cobre apresentam concentrações inferiores aquelas registradas no local de referência. Os elementos que não foram listados apresentaram concentrações iguais aquelas do local de referência.

Estação 7AU-Primavera

Al >Mn >Ni >Zn >Pb >As >Cr >Cu >Fe

Os elementos Cádmio e Mercúrio apresentam concentrações iguais aquelas registradas no local de referência.

Estação 7AV-Verão

Ni >Zn >Cr >Al >Fe >As >Mn >Pb; os elementos Ni, Zn, Cr, Al apresentam concentrações maiores do que aquelas apresentadas no local de referência, já Cd, Cu, Hg apresentam valores das concentrações iguais aquelas apresentadas no local de referência. Os elementos Fe, As, Mn e Pb apresentaram valores inferiores aos valores do local de referência.

Estação 7AX-Outono

Mn>Ni>Pb>Zn>As>Al>Fe>Cu>Cd; os elementos não listados apresentaram concentrações iguais aquelas registradas no local de referência. Cádmio apresentou concentrações inferiores aquela registrada no local de referência.

Estação 7AZ-Inverno

Mn>>Al >As >Ni >Pb >Fe >Zn >Hg >Cd >Cr >Cu; O elemento Cobre apresentou concentração inferior aquela registrada no local de referência.

Estação 8AU-Primavera

Zn >Cu>Al >Ni >Cr >Fe >Mn >As >Pb

Os elementos que não foram listados apresentaram concentrações iguais aquelas registradas no local de referência.

Estação 8AV-Verão

Pb >Zn >Fe >Cr >As >Mn >Al Chumbo, Zinco Ferro, Cromo e Arsênio apresentaram concentrações maiores do que aquelas apresentadas no local de referência, Mn e Al, apresentaram concentrações inferiores aquelas do no local de referência. Aqueles elementos não listados apresentaram concentrações iguais aquelas apresentadas no local de referência.

Estação 8AX-Outono

Zn > >As >Cu >Fe >Mn >Pb >Cr >Al >Hg >Cd; os elementos não listados apresentaram concentrações iguais aquelas registradas no local de referência. O Cadmio apresentou concentração inferior aquele apresentado no local de referência.

Estação 8AZ-Inverno

Pb >Cr>As >Fe>Al> Mn> Zn> Cd> Ni> Hg>Cu; o Mercúrio e o Cobre apresentaram taxas inferiores aquelas registradas no local de referencia

Tabela 4.3.17: Razão para condição de referências (RTR) e Valores agregados de condição de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AU, primavera de 2020, tendo como *condição de referência* os *valores mínimos* apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de primavera de 2020.

Campanha	Mínimo																	
AU	Estatístico	RTR-Min	1AU	RTR-Min-1AU	2AU	RTR-Min-2AU	3AU	RTR-Min-3AU	4AU	RTR-Min-4AU	5AU	RTR-Min-5AU	6AU	RTR-Min-6AU	7AU	RTR-Min-7AU	8AU	RTR-Min-8AU
Altot	0,0775	1,00	0,08	1,00	1,29	16,66	0,08	1,01	0,32	4,16	0,09	1,14	0,37	4,71	0,37	4,83	0,67	8,63
Astot	1,07	1,00	1,07	1,00	5,96	5,57	1,22	1,14	3,37	3,15	1,91	1,79	1,69	1,58	1,85	1,73	4,98	4,65
Cdtot	0,1	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00
Pbtot	1,27	1,00	1,27	1,00	5,63	4,43	2,50	1,97	2,31	1,82	1,69	1,33	2,25	1,77	3,09	2,43	3,66	2,88
Cutot	0,8	1,00	0,80	1,00	26,00	32,50	1,16	1,45	3,00	3,75	1,56	1,95	2,45	3,06	1,31	1,64	7,95	9,94
Crtot	1,21	1,00	1,33	1,10	18,00	14,88	1,21	1,00	13,00	10,74	1,72	1,42	2,85	2,36	2,25	1,86	9,11	7,53
Fetot	0,275	1,00	0,28	1,00	1,66	6,03	0,31	1,12	1,49	5,43	0,37	1,35	0,80	2,91	0,43	1,56	1,88	6,84
Mntot	45,4	1,00	66,30	1,46	165,00	3,63	165,00	3,63	199,00	4,38	210,00	4,63	45,40	1,00	270,00	5,95	316,00	6,96
Hgtot	0,02	1,00	0,02	1,00	0,05	2,50	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00
Nitot	0,7	1,00	0,70	1,00	15,10	21,57	0,70	1,00	4,58	6,54	1,67	2,39	3,33	4,76	2,37	3,39	4,88	6,97
Zntot	4,04	1,00	4,04	1,00	59,80	14,80	5,07	1,25	23,70	5,87	8,89	2,20	14,00	3,47	10,20	2,52	119,00	29,46
	∑	11,00	∑	11,56	∑	123,57	∑	15,59	∑	47,84	∑	20,19	∑	27,61	∑	27,90	∑	85,86
	ARTR-AU Min	**1,00**	ARTR-AU Min	**1,05**	ARTR-AU Min	**11,23**	ARTR-AU Min	**1,42**	ARTR-AU Min	**4,35**	ARTR-AU Min	**1,84**	ARTR-AU Min	**2,51**	ARTR-AU Min	**2,54**	ARTR-AU Min	**7,81**

Tabela 4.3.18: Razão para condição de referências (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AU, primavera de 2020, tendo como *condição de referência* os *valores máximos* apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de primavera de 2020.

Campanha	Máximo																	
AU	Estatístico	RTR-Max	1AU	RTR-Max-1AU	2AU	RTR-Max-2AU	3AU	RTR-Max-3AU	4AU	RTR-Max-4AU	5AU	RTR-Max-5AU	6AU	RTR-Max-6AU	7AU	RTR-Max-7AU	8AU	RTR-Max-8AU
Altot	1,2909	1,00	0,08	0,06	1,29	1,00	0,08	0,06	0,32	0,25	0,09	0,07	0,37	0,28	0,37	0,29	0,67	0,52
Astot	5,96	1,00	1,07	0,18	5,96	1,00	1,22	0,20	3,37	0,57	1,91	0,32	1,69	0,28	1,85	0,31	4,98	0,84
Cdtot	0,1	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00
Pbtot	5,63	1,00	1,27	0,23	5,63	1,00	2,50	0,44	2,31	0,41	1,69	0,30	2,25	0,40	3,09	0,55	3,66	0,65
Cutot	26	1,00	0,80	0,03	26,00	1,00	1,16	0,04	3,00	0,12	1,56	0,06	2,45	0,09	1,31	0,05	7,95	0,31
Crtot	18	1,00	1,33	0,07	18,00	1,00	1,21	0,07	13,00	0,72	1,72	0,10	2,85	0,16	2,25	0,13	9,11	0,51
Fetot	1,8814	1,00	0,28	0,15	1,66	0,88	0,31	0,16	1,49	0,79	0,37	0,20	0,80	0,43	0,43	0,23	1,88	1,00
Mntot	316	1,00	66,30	0,21	165,00	0,52	165,00	0,52	199,00	0,63	210,00	0,66	45,40	0,14	270,00	0,85	316,00	1,00
Hgtot	0,05	1,00	0,02	0,40	0,05	1,00	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40
Nitot	15,1	1,00	0,70	0,05	15,10	1,00	0,70	0,05	4,58	0,30	1,67	0,11	3,33	0,22	2,37	0,16	4,88	0,32
Zntot	119	1,00	4,04	0,03	59,80	0,50	5,07	0,04	23,70	0,20	8,89	0,07	14,00	0,12	10,20	0,09	119,00	1,00
	∑	11,00	∑	2,41	∑	9,91	∑	3,00	∑	5,39	∑	3,29	∑	3,53	∑	4,05	∑	7,54
	ARTR-AU Max	**1,00**	ARTR-AU Max	**0,22**	ARTR-AU Max	**0,90**	ARTR-AU Max	**0,27**	ARTR-AU Max	**0,49**	ARTR-AU Max	**0,30**	ARTR-AU Max	**0,32**	ARTR-AU Max	**0,37**	ARTR-AU Max	**0,69**

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.19: Razão para condição de referências (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AU, primavera de 2020, tendo como *condição de referência* os *valores médios* apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de primavera de 2020.

Campanha	Média																	
AU	Estatística	RTR-Med	1AU	RTR-Med-1AU	2AU	RTR-Med-2AU	3AU	RTR-Med-3AU	4AU	RTR-Med-4AU	5AU	RTR-Med-5AU	6AU	RTR-Med-6AU	7AU	RTR-Med-7AU	8AU	RTR-Med-8AU
Altot	0,4083	1,00	0,08	0,19	1,29	3,16	0,08	0,19	0,32	0,79	0,09	0,22	0,37	0,89	0,37	0,92	0,67	1,64
Astot	2,7563	1,00	1,07	0,39	5,96	2,16	1,22	0,44	3,37	1,22	1,91	0,69	1,69	0,61	1,85	0,67	4,98	1,81
Cdtot	0,1	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00
Pbtot	2,8	1,00	1,27	0,45	5,63	2,01	2,50	0,89	2,31	0,83	1,69	0,60	2,25	0,80	3,09	1,10	3,66	1,31
Cutot	5,5288	1,00	0,80	0,14	26,00	4,70	1,16	0,21	3,00	0,54	1,56	0,28	2,45	0,44	1,31	0,24	7,95	1,44
Crtot	6,1838	1,00	1,33	0,22	18,00	2,91	1,21	0,20	13,00	2,10	1,72	0,28	2,85	0,46	2,25	0,36	9,11	1,47
Fetot	0,901975	1,00	0,28	0,30	1,66	1,84	0,31	0,34	1,49	1,65	0,37	0,41	0,80	0,89	0,43	0,47	1,88	2,09
Mntot	179,588	1,00	66,30	0,37	165,00	0,92	165,00	0,92	199,00	1,11	210,00	1,17	45,40	0,25	270,00	1,50	316,00	1,76
Hgtot	0,0238	1,00	0,02	0,84	0,05	2,10	0,02	0,84	0,02	0,84	0,02	0,84	0,02	0,84	0,02	0,84	0,02	0,84
Nitot	4,1663	1,00	0,70	0,17	15,10	3,62	0,70	0,17	4,58	1,10	1,67	0,40	3,33	0,80	2,37	0,57	4,88	1,17
Zntot	30,5875	1,00	4,04	0,13	59,80	1,96	5,07	0,17	23,70	0,77	8,89	0,29	14,00	0,46	10,20	0,33	119,00	3,89
	∑	11,00	∑	4,21	∑	26,39	∑	5,37	∑	11,96	∑	6,19	∑	7,45	∑	8,01	∑	18,41
	ARTR-AU Med	**1,00**	**ARTR-AU Med**	**0,38**	**ARTR-AU Med**	**2,40**	**ARTR-AU Med**	**0,49**	**ARTR-AU Med**	**1,09**	**ARTR-AU Med**	**0,56**	**ARTR-AU Med**	**0,68**	**ARTR-AU Med**	**0,73**	**ARTR-AU Med**	**1,67**

Tabela 4.3.20: Razão para condição de referências (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AV, verão de 2021, tendo como *condição de referência* os *valores mínimos* apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de verão de 2021.

Campanha	Mínimo																	
AV	Estatístico	RTR-Min	1AV	RTR-Min-1AV	2AV	RTR-Min-2AV	3AV	RTR-Min-3AV	4AV	RTR-Min-4AV	5AV	RTR-Min-5AV	6AV	RTR-Min-6AV	7AV	RTR-Min-7AV	8AV	RTR-Min-8AV
Altot	0,0699	1,00	0,51	7,31	1,53	21,93	0,07	1,00	0,18	2,60	0,09	1,30	0,09	1,24	0,62	8,82	0,10	1,39
Astot	1,02	1,00	2,41	2,36	3,49	3,42	1,54	1,51	1,44	1,41	1,02	1,00	3,33	3,26	2,08	2,04	3,61	3,54
Cdtot	0,1	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00
Pbtot	0,4	1,00	2,67	6,68	0,40	1,00	1,91	4,78	2,41	6,03	2,11	5,28	2,01	5,03	1,84	4,60	116,00	290,00
Cutot	0,6	1,00	0,60	1,00	5,76	9,60	0,60	1,00	0,60	1,00	1,43	2,38	0,60	1,00	0,60	1,00	0,60	1,00
Crtot	1,2	1,00	3,68	3,07	16,10	13,42	1,20	1,00	5,93	4,94	2,24	1,87	3,86	3,22	4,55	3,79	7,50	6,25
Fetot	0,4055	1,00	0,70	1,72	2,09	5,16	0,41	1,00	0,51	1,25	0,42	1,04	0,91	2,24	0,66	1,64	1,75	4,32
Mntot	65,9	1,00	526,00	7,98	325,00	4,93	119,00	1,81	150,00	2,28	227,00	3,44	65,90	1,00	369,00	5,60	249,00	3,78
Hgtot	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00
Nitot	0,4	1,00	1,85	4,63	9,41	23,53	0,40	1,00	1,54	3,85	1,69	4,23	2,43	6,08	3,47	8,68	1,89	4,73
Zntot	7,38	1,00	10,60	1,44	34,30	4,65	7,38	1,00	13,70	1,86	11,60	1,57	10,30	1,40	18,10	2,45	40,90	5,54
	∑	11,00	∑	38,19	∑	89,63	∑	16,09	∑	27,21	∑	24,11	∑	26,46	∑	40,61	∑	322,55
	ARTR-AV Min	**1,00**	**ARTR-AV Min**	**3,47**	**ARTR-AV Min**	**8,15**	**ARTR-AV Min**	**1,46**	**ARTR-AV Min**	**2,47**	**ARTR-AV Min**	**2,19**	**ARTR-AV Min**	**2,41**	**ARTR-AV Min**	**3,69**	**ARTR-AV Min**	**29,32**

Tabela 4.3.21: Razão para condição de referências (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AV, verão de 2021, tendo como *condição de referência* os *valores máximos* apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de verão de 2021.

Campanha	Máximo																	
AV	Estatístico	RTR Max	1AV	1AV-Max	2AV	2AV-Max	3AV	3AV-	4AV		5AV		6AV		7AV		8AV	
Altot	1,5331	1,00	0,51	0,33	1,53	1,00	0,07	0,05	0,18	0,12	0,09	0,06	0,09	0,06	0,62	0,40	0,10	0,06
Astot	3,61	1,00	2,41	0,67	3,49	0,97	1,54	0,43	1,44	0,40	1,02	0,28	3,33	0,92	2,08	0,58	3,61	1,00
Cdtot	0,1	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00
Pbtot	116	1,00	2,67	0,02	0,40	0,00	1,91	0,02	2,41	0,02	2,11	0,02	2,01	0,02	1,84	0,02	116,00	1,00
Cutot	5,76	1,00	0,60	0,10	5,76	1,00	0,60	0,10	0,60	0,10	1,43	0,25	0,60	0,10	0,60	0,10	0,60	0,10
Crtot	16,1	1,00	3,68	0,23	16,10	1,00	1,20	0,07	5,93	0,37	2,24	0,14	3,86	0,24	4,55	0,28	7,50	0,47
Fetot	2,0907	1,00	0,70	0,33	2,09	1,00	0,41	0,19	0,51	0,24	0,42	0,20	0,91	0,43	0,66	0,32	1,75	0,84
Mntot	526	1,00	526,00	1,00	325,00	0,62	119,00	0,23	150,00	0,29	227,00	0,43	65,90	0,13	369,00	0,70	249,00	0,47
Hgtot	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00
Nitot	9,41	1,00	1,85	0,20	9,41	1,00	0,40	0,04	1,54	0,16	1,69	0,18	2,43	0,26	3,47	0,37	1,89	0,20
Zntot	40,9	1,00	10,60	0,26	34,30	0,84	7,38	0,18	13,70	0,33	11,60	0,28	10,30	0,25	18,10	0,44	40,90	1,00
	∑	11,00	∑	5,15	∑	9,43	∑	3,31	∑	4,04	∑	3,84	∑	4,41	∑	5,21	∑	7,15
	ARTR-AV Max	**1,00**	ARTR-AV Max	**0,47**	ARTR-AV Max	**0,86**	ARTR-AV Max	**0,30**	ARTR-AV Max	**0,37**	ARTR-AV Max	**0,35**	ARTR-AV Max	**0,40**	ARTR-AV Max	**0,47**	ARTR-AV Max	**0,65**

Tabela 4.3.22: Razão para condição de referências (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AV, verão de 2021, tendo como *condição de referência* os *valores médios* apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de verão de 2021.

Campanha	Média																	
AV	Estatística	RTR Med	1AV	RTR-Med-1AV	2AV	RTR-Med-2AV	3AV	RTR-Med-2AV	4AV	RTR-Med-4AV	5AV	RTR-Med-5AV	6AV	RTR-Med-6AV	7AV	RTR-Med-7AV	8AV	RTR-Med-8AV
Altot	0,39845	1,00	0,51	1,28	1,53	3,85	0,07	0,18	0,18	0,46	0,09	0,23	0,09	0,22	0,62	1,55	0,10	0,24
Astot	2,365	1,00	2,41	1,02	3,49	1,48	1,54	0,65	1,44	0,61	1,02	0,43	3,33	1,41	2,08	0,88	3,61	1,53
Cdtot	0,1	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00
Pbtot	16,1688	1,00	2,67	0,17	0,40	0,02	1,91	0,12	2,41	0,15	2,11	0,13	2,01	0,12	1,84	0,11	116,00	7,17
Cutot	1,3488	1,00	0,60	0,44	5,76	4,27	0,60	0,44	0,60	0,44	1,43	1,06	0,60	0,44	0,60	0,44	0,60	0,44
Crtot	5,6325	1,00	3,68	0,65	16,10	2,86	1,20	0,21	5,93	1,05	2,24	0,40	3,86	0,69	4,55	0,81	7,50	1,33
Fetot	0,9311	1,00	0,70	0,75	2,09	2,25	0,41	0,44	0,51	0,54	0,42	0,45	0,91	0,98	0,66	0,71	1,75	1,88
Mntot	253,862	1,00	526,00	2,07	325,00	1,28	119,00	0,47	150,00	0,59	227,00	0,89	65,90	0,26	369,00	1,45	249,00	0,98
Hgtot	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00
Nitot	2,835	1,00	1,85	0,65	9,41	3,32	0,40	0,14	1,54	0,54	1,69	0,60	2,43	0,86	3,47	1,22	1,89	0,67
Zntot	18,36	1,00	10,60	0,58	34,30	1,87	7,38	0,40	13,70	0,75	11,60	0,63	10,30	0,56	18,10	0,99	40,90	2,23
	∑	11,00	∑	9,62	∑	23,19	∑	5,05	∑	7,14	∑	6,82	∑	7,53	∑	10,17	∑	18,48
	ARTR-AV-Med	**1,00**	ARTR-AV Med	**0,87**	ARTR-AV Med	**2,11**	ARTR-AV Med	**0,46**	ARTR-AV Med	**0,65**	ARTR-AV Med	**0,62**	ARTR-AV Med	**0,68**	ARTR-AV Med	**0,92**	ARTR-AV Med	**1,68**

Tabela 4.3.23: Razão para condição de referências (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AX, outono de 2021, tendo como *condição de referência* os *valores mínimos* apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de outono de 2021.

	Minimo																	
AX	Estatístico	RTR-Min	1AX	RTR-Min 1AX	2AX	RTR-Min-2AX	3AX	RTR-Min-3AX	4AX	RTR-Min-4AX	5AX	RTR-Min-5AX	6AX	RTR-Min-6AX	7AX	RTR-Min-7AX	8AX	RTR-Min-8AX
Altot	0,0324	1,00	0,03	1,00	0,08	2,51	0,04	1,14	0,06	1,75	0,04	1,12	0,05	1,68	0,05	1,57	0,08	2,52
Astot	0,5	1,00	1,00	2,00	3,44	6,88	0,50	1,00	3,31	6,62	1,00	2,00	5,94	11,88	2,27	4,54	9,72	19,44
Cdtot	0,1	1,00	2,01	20,10	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00
Pbtot	0,9	1,00	0,90	1,00	1,55	1,72	1,26	1,40	2,25	2,50	1,50	1,67	4,52	5,02	3,67	4,08	4,87	5,41
Cutot	0,6	1,00	0,60	1,00	4,32	7,20	0,60	1,00	0,60	1,00	0,60	1,00	1,51	2,52	0,81	1,35	4,63	7,72
Crtot	1,43	1,00	1,43	1,00	10,40	7,27	2,00	1,40	21,30	14,90	1,46	1,02	10,50	7,34	1,45	1,01	6,82	4,77
Fetot	0,1125	1,00	0,28	2,44	0,11	1,00	0,28	2,51	1,25	11,15	0,25	2,23	1,43	12,70	0,41	3,63	1,98	17,62
Mntot	45,4	1,00	45,40	1,00	208,00	4,58	110,00	2,42	391,00	8,61	102,00	2,25	77,70	1,71	469,00	10,33	261,00	5,75
Hgtot	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00
Nitot	0,4	1,00	0,40	1,00	5,05	12,63	0,90	2,25	1,93	4,83	0,80	2,00	2,19	5,48	1,86	4,65	4,18	10,45
Zntot	2,64	1,00	2,64	1,00	26,80	10,15	3,61	1,37	16,00	6,06	4,77	1,81	13,60	5,15	6,73	2,55	28,90	10,95
	∑	11,00	∑	32,54	∑	55,94	∑	16,49	∑	59,42	∑	17,09	∑	55,48	∑	35,71	∑	86,62
	ARTR-AX Min	**1,00**	ARTR-AX Min	**2,96**	ARTR-AX Min	**5,09**	ARTR-AX Min	**1,50**	ARTR-AX Min	**5,40**	ARTR-AX Min	**1,55**	ARTR-AX Min	**5,04**	ARTR-AX Min	**3,25**	ARTR-AX Min	**7,87**

Tabela 4.3.24: Razão para condição de referências (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AX, outono de 2021, tendo como *condição de referência* os *valores mínimos* apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de outono de 2021

	Máximo																	
AX	Estatístico	RTR-Max	1AX	RTR-Max-1AX	2AX	RTR-Max-2AX	3AX	RTR-Max-3AX	4AX	RTR-Max-4AX	5AX	RTR-Max-5AX	6AX	RTR-Max-6AX	7AX	RTR-Max-7AX	8AX	RTR-Max-8AX
Altot	0,0816	1	0,03	0,40	0,08	1,00	0,04	0,45	0,06	0,70	0,04	0,45	0,05	0,67	0,05	0,62	0,08	1,00
Astot	9,72	1	1,00	0,10	3,44	0,35	0,50	0,05	3,31	0,34	1,00	0,10	5,94	0,61	2,27	0,23	9,72	1,00
Cdtot	2,01	1	2,01	1,00	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05
Pbtot	4,87	1	0,90	0,18	1,55	0,32	1,26	0,26	2,25	0,46	1,50	0,31	4,52	0,93	3,67	0,75	4,87	1,00
Cutot	4,63	1	0,60	0,13	4,32	0,93	0,60	0,13	0,60	0,13	0,60	0,13	1,51	0,33	0,81	0,17	4,63	1,00
Crtot	21,3	1	1,43	0,07	10,40	0,49	2,00	0,09	21,30	1,00	1,46	0,07	10,50	0,49	1,45	0,07	6,82	0,32
Fetot	1,9818	1	0,28	0,14	0,11	0,06	0,28	0,14	1,25	0,63	0,25	0,13	1,43	0,72	0,41	0,21	1,98	1,00
Mntot	469	1	45,40	0,10	208,00	0,44	110,00	0,23	391,00	0,83	102,00	0,22	77,70	0,17	469,00	1,00	261,00	0,56
Hgtot	0,02	1	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00
Nitot	5,05	1	0,40	0,08	5,05	1,00	0,90	0,18	1,93	0,38	0,80	0,16	2,19	0,43	1,86	0,37	4,18	0,83
Zntot	28,9	1	2,64	0,09	26,80	0,93	3,61	0,12	16,00	0,55	4,77	0,17	13,60	0,47	6,73	0,23	28,90	1,00
	∑	11,00	∑	3,29	∑	6,57	∑	2,72	∑	6,08	∑	2,77	∑	5,86	∑	4,71	∑	7,75
	ARTR-AX Max	**1,00**	ARTR-AX Max	**0,30**	ARTR-AX Max	**0,60**	ARTR-AX Max	**0,25**	ARTR-AX Max	**0,55**	ARTR-AX Max	**0,25**	ARTR-AX Max	**0,53**	ARTR-AX Max	**0,43**	ARTR-AX Max	**0,70**

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.25: Razão para condição de referências (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AX, outono de 2021, tendo como *condição de referência* os *valores médios* apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de outono de 2021.

	Média																	
AX	Estatística	RTR-Med	1AX	RTR-Med-1AX	2AX	RTR-Med-2AX	3AX	RTR-Med-3AX	4AX	RTR-Med-4AX	5AX	RTR-Med-5AX	6AX	RTR-Med-6AX	7AX	RTR-Med-7AX	8AX	RTR-Med-8AX
Altot	0,0538	1	0,03	0,60	0,08	1,51	0,04	0,69	0,06	1,06	0,04	0,68	0,05	1,01	0,05	0,94	0,08	1,52
Astot	3,3975	1	1,00	0,29	3,44	1,01	0,50	0,15	3,31	0,97	1,00	0,29	5,94	1,75	2,27	0,67	9,72	2,86
Cdtot	0,3388	1	2,01	5,93	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10	0,30
Pbtot	2,565	1	0,90	0,35	1,55	0,60	1,26	0,49	2,25	0,88	1,50	0,58	4,52	1,76	3,67	1,43	4,87	1,90
Cutot	1,7088	1	0,60	0,35	4,32	2,53	0,60	0,35	0,60	0,35	0,60	0,35	1,51	0,88	0,81	0,47	4,63	2,71
Crtot	6,92	1	1,43	0,21	10,40	1,50	2,00	0,29	21,30	3,08	1,46	0,21	10,50	1,52	1,45	0,21	6,82	0,99
Fetot	0,749388	1	0,28	0,37	0,11	0,15	0,28	0,38	1,25	1,67	0,25	0,33	1,43	1,91	0,41	0,55	1,98	2,64
Mntot	208,013	1	45,40	0,22	208,00	1,00	110,00	0,53	391,00	1,88	102,00	0,49	77,70	0,37	469,00	2,25	261,00	1,25
Hgtot	0,02	1	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00
Nitot	2,1638	1	0,40	0,18	5,05	2,33	0,90	0,42	1,93	0,89	0,80	0,37	2,19	1,01	1,86	0,86	4,18	1,93
Zntot	12,8813	1	2,64	0,20	26,80	2,08	3,61	0,28	16,00	1,24	4,77	0,37	13,60	1,06	6,73	0,52	28,90	2,24
	∑	11,00	∑	9,71	∑	14,02	∑	4,86	∑	13,32	∑	4,98	∑	12,56	∑	9,20	∑	19,34
	ARTR-AX Med	**1,00**	**ARTR-AX Med**	**0,88**	**ARTR-AX Med**	**1,27**	**ARTR-AX Med**	**0,44**	**ARTR-AX Med**	**1,21**	**ARTR-AX Med**	**0,45**	**ARTR-AX Med**	**1,14**	**ARTR-AX Med**	**0,84**	**ARTR-AX Med**	**1,76**

Tabela 4.3.26: Razão para condição de referências (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AZ, inverno de 2021, tendo como *condição de referência* os *valores mínimos* apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de inverno de 2021.

Campanha	Mínimo																	
AZ	Estatístico	RTR-Med	1AZ	RTR-Med-1AZ	2AZ	RTR-Med-2AZ	3AZ	RTR-Med-3AZ	4AZ	RTR-Med-4AZ	5AZ	RTR-Med-5az	6AZ	RTR-Med-6az	7AZ	RTR-Med-7AZ	8AZ	RTR-Med-7AZ
Altot	0,0203	1,00	0,03	1,68	0,34	16,90	0,02	1,00	0,04	2,07	0,11	5,27	0,04	1,79	0,10	4,69	0,20	9,61
Astot	0,276	1,00	0,32	1,14	1,45	5,25	0,28	1,00	0,67	2,41	2,57	9,31	1,14	4,13	0,81	2,94	2,12	7,68
Cdtot	0,267	1,00	0,32	1,18	0,28	1,03	0,28	1,03	0,27	1,00	2,26	8,46	0,30	1,12	0,37	1,39	1,14	4,27
Pbtot	1,02	1,00	1,49	1,46	5,44	5,33	1,02	1,00	1,36	1,33	26,30	25,78	2,79	2,74	3,28	3,22	17,20	16,86
Cutot	6,31	1,00	10,40	1,65	11,90	1,89	7,38	1,17	6,31	1,00	10,60	1,68	7,27	1,15	8,82	1,40	9,51	1,51
Crtot	0,382	1,00	1,02	2,67	3,85	10,08	0,38	1,00	4,69	12,28	2,86	7,49	1,90	4,97	1,09	2,85	8,96	23,46
Fetot	0,0721	1,00	0,16	2,15	0,38	5,28	0,07	1,00	0,30	4,15	1,48	20,53	0,17	2,29	0,23	3,15	0,99	13,74
Mntot	49,6	1,00	49,60	1,00	128,00	2,58	59,70	1,20	97,20	1,96	231,00	4,66	80,30	1,62	282,00	5,69	202,00	4,07
Hgtot	0,0093	1,00	0,01	1,06	0,01	1,04	0,01	1,04	0,01	1,00	0,01	1,02	0,01	1,09	0,01	1,29	0,01	1,01
Nitot	0,552	1,00	0,63	1,14	1,96	3,55	0,55	1,00	1,16	2,10	2,90	5,25	0,60	1,08	1,49	2,70	1,21	2,19
Zntot	3,07	1,00	5,59	1,82	11,60	3,78	3,07	1,00	10,50	3,42	14,00	4,56	5,18	1,69	7,35	2,39	20,80	6,78
	∑	11,00	∑	16,96	∑	56,71	∑	11,45	∑	32,73	∑	94,02	∑	23,66	∑	31,70	∑	91,18
	ARTR-AZ Min	**1,00**	**ARTR-AZ Min**	**1,54**	**ARTR-AZ Min**	**5,16**	**ARTR-AZ Min**	**1,04**	**ARTR-AZ Min**	**2,98**	**ARTR-AZ Min**	**8,55**	**ARTR-AZ Min**	**2,15**	**ARTR-AZ Min**	**2,88**	**ARTR-AZ Min**	**8,29**

Tabela 4.3.27: Razão para condição de referências (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AZ, inverno de 2021, tendo como *condição de referência* os *valores máximos* apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de inverno de 2021.

Campanha	Máximo																	
AZ	Estatístico	RTR-Max	1AZ	RTR-Max-1AZ	2AZ	RTR-Max-2AZ	3AZ	RTR-Max-3AZ	4AZ	RTR-Max-4AZ	5AZ	RTR-Max-5AZ	6AZ	RTR-Max-6AZ	7AZ	RTR-Max-7az	8AZ	RTR-Max-7AZ
Altot	0,343	1,00	0,03	0,10	0,34	1,00	0,02	0,06	0,04	0,12	0,11	0,31	0,04	0,11	0,10	0,28	0,20	0,57
Astot	2,57	1,00	0,32	0,12	1,45	0,56	0,28	0,11	0,67	0,26	2,57	1,00	1,14	0,44	0,81	0,32	2,12	0,82
Cdtot	2,26	1,00	0,32	0,14	0,28	0,12	0,28	0,12	0,27	0,12	2,26	1,00	0,30	0,13	0,37	0,16	1,14	0,50
Pbtot	26,3	1,00	1,49	0,06	5,44	0,21	1,02	0,04	1,36	0,05	26,30	1,00	2,79	0,11	3,28	0,12	17,20	0,65
Cutot	11,9	1,00	10,40	0,87	11,90	1,00	7,38	0,62	6,31	0,53	10,60	0,89	7,27	0,61	8,82	0,74	9,51	0,80
Crtot	8,96	1,00	1,02	0,11	3,85	0,43	0,38	0,04	4,69	0,52	2,86	0,32	1,90	0,21	1,09	0,12	8,96	1,00
Fetot	1,48	1,00	0,16	0,10	0,38	0,26	0,07	0,05	0,30	0,20	1,48	1,00	0,17	0,11	0,23	0,15	0,99	0,67
Mntot	282	1,00	49,60	0,18	128,00	0,45	59,70	0,21	97,20	0,34	231,00	0,82	80,30	0,28	282,00	1,00	202,00	0,72
Hgtot	0,012	1,00	0,01	0,82	0,01	0,81	0,01	0,81	0,01	0,78	0,01	0,79	0,01	0,84	0,01	1,00	0,01	0,78
Nitot	2,9	1,00	0,63	0,22	1,96	0,68	0,55	0,19	1,16	0,40	2,90	1,00	0,60	0,21	1,49	0,51	1,21	0,42
Zntot	20,8	1,00	5,59	0,27	11,60	0,56	3,07	0,15	10,50	0,50	14,00	0,67	5,18	0,25	7,35	0,35	20,80	1,00
	∑	11,00	∑	2,99	∑	6,07	∑	2,40	∑	3,83	∑	8,81	∑	3,30	∑	4,77	∑	7,94
	ARTR-AZ Max	**1,00**	**ARTR-AZ Max**	**0,27**	**ARTR-AZ Max**	**0,55**	**ARTR-AZ Max**	**0,22**	**ARTR-AZ Max**	**0,35**	**ARTR-AZ Max**	**0,80**	**ARTR-AZ Max**	**0,30**	**ARTR-AZ Max**	**0,43**	**ARTR-AZ Max**	**0,72**

Tabela 4.3.28: Razão para referencias (RTR) e Valores agregados de referências (ARTR) calculados para a campanha amostral AZ, inverno de 2021, tendo como *condição de referência* os *valores médios* apresentados pelas concentrações dos metais medidos nesta mesma campanha amostral de inverno de 2021.

Campanha	Média																	
AZ	Estatística	RTR-Med	1AZ	RTR-Med-1AZ	2AZ	RTR-Med-2AZ	3AZ	RTR-Med-3AZ	4AZ	RTR-Med-4AZ	5AZ	RTR-Med-5AZ	6AZ	RTR-Med-6AZ	7AZ	RTR-Med-7AZ	8AZ	RTR-Med-8AZ
Altot	0,109138	1,00	0,03	0,31	0,34	3,14	0,02	0,19	0,04	0,39	0,11	0,98	0,04	0,33	0,10	0,87	0,20	1,79
Astot	1,168625	1,00	0,32	0,27	1,45	1,24	0,28	0,24	0,67	0,57	2,57	2,20	1,14	0,98	0,81	0,69	2,12	1,81
Cdtot	0,65025	1,00	0,32	0,49	0,28	0,42	0,28	0,42	0,27	0,41	2,26	3,48	0,30	0,46	0,37	0,57	1,14	1,75
Pbtot	7,36	1,00	1,49	0,20	5,44	0,74	1,02	0,14	1,36	0,18	26,30	3,57	2,79	0,38	3,28	0,45	17,20	2,34
Cutot	9,0238	1,00	10,40	1,15	11,90	1,32	7,38	0,82	6,31	0,70	10,60	1,17	7,27	0,81	8,82	0,98	9,51	1,05
Crtot	3,094	1,00	1,02	0,33	3,85	1,24	0,38	0,12	4,69	1,52	2,86	0,92	1,90	0,61	1,09	0,35	8,96	2,90
Fetot	0,471263	1,00	0,16	0,33	0,38	0,81	0,07	0,15	0,30	0,63	1,48	3,14	0,17	0,35	0,23	0,48	0,99	2,10
Mntot	141,225	1,00	49,60	0,35	128,00	0,91	59,70	0,42	97,20	0,69	231,00	1,64	80,30	0,57	282,00	2,00	202,00	1,43
Hgtot	0,009939	1,00	0,01	0,99	0,01	0,97	0,01	0,97	0,01	0,94	0,01	0,96	0,01	1,02	0,01	1,21	0,01	0,95
Nitot	1,312375	1,00	0,63	0,48	1,96	1,49	0,55	0,42	1,16	0,88	2,90	2,21	0,60	0,45	1,49	1,14	1,21	0,92
Zntot	9,7613	1,00	5,59	0,57	11,60	1,19	3,07	0,31	10,50	1,08	14,00	1,43	5,18	0,53	7,35	0,75	20,80	2,13
	∑	11,00	∑	5,48	∑	13,48	∑	4,21	∑	7,99	∑	21,70	∑	6,48	∑	9,49	∑	19,17
	ARTR-AZ Med	**1,00**	**ARTR-AZ Med**	**0,50**	**ARTR-AZ Med**	**1,23**	**ARTR-AZ Med**	**0,38**	**ARTR-AZ Med**	**0,73**	**ARTR-AZ Med**	**1,97**	**ARTR-AZ Med**	**0,59**	**ARTR-AZ Med**	**0,86**	**ARTR-AZ Med**	**1,74**

Considerando as quatro campanhas juntas, foram calculados os valores mínimos, os valores máximos e os valores médios, para as campanhas AU-AV-AX e AZ, e transformadas em valores de referência, ao invés da estação 1, o local de referência. Foram então calculados os RTR e ARTR para as comparações com os valores mínimos das quatro campanhas juntas, para os valores máximos das quatro campanhas juntas e o valores médios para as quatro campanhas em analisadas em conjunto, das concentrações obtidas para os elementos químicos deste estudo. As Tabelas 4.3.29 até 4.3.40. Apresentam os resultados obtidos.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.29: Cálculo do RTR e ARTR para a campanha de primavera de 2020, comparando com os *valores mínimos*, estatístico, das concentrações obtidas em quatro campanhas amostrais, primavera, verão, outono e inverno.

	Mínimo		Primavera		Primavera		Primavera		Primavera		Primavera		Primavera		Primavera		Primavera	
AU-AV-AX-AZ	**Estatístico**	**RTRmin**	**1AU**	**RTRmin-1AU**	**2AU**	**RTRmin-2AU**	**3AU**	**RTRmin-3AU**	**4AU**	**RTRmin-4au**	**5AU**	**RTRmin-5au**	**6AU**	**RTRmin-6au**	**7AU**	**RTRmin-7au**	**8AU**	**RTRmin-8AU**
Altot(%)	0,02	1,00	0,08	3,82	1,29	63,59	0,08	3,87	0,32	15,90	0,09	4,36	0,37	0,02	0,37	0,02	0,67	32,96
Astot(ppm)	0,28	1,00	1,07	3,88	5,96	21,59	1,22	4,42	3,37	12,21	1,91	6,92	1,69	0,07	1,85	0,08	4,98	18,04
Cdtot(ppm)	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	1,00
Pbtot(ppm)	0,40	1,00	1,27	3,18	5,63	14,08	2,50	6,25	2,31	5,78	1,69	4,23	2,25	0,10	3,09	0,13	3,66	9,15
Cutot(ppm)	0,60	1,00	0,80	1,33	26,00	43,33	1,16	1,93	3,00	5,00	1,56	2,60	2,45	0,11	1,31	0,06	7,95	13,25
Crtot(ppm)	0,38	1,00	1,33	3,48	18,00	47,12	1,21	3,17	13,00	34,03	1,72	4,50	2,85	0,12	2,25	0,10	9,11	23,85
Fetot(%)	0,07	1,00	0,28	3,81	1,66	23,00	0,31	4,29	1,49	20,69	0,37	5,15	0,80	0,03	0,43	0,02	1,88	26,09
Mntot(ppm)	45,40	1,00	66,30	1,46	165,00	3,63	165,00	3,63	199,00	4,38	210,00	4,63	45,40	1,97	270,00	11,74	316,00	6,96
Hgtot(ppm)	0,01	1,00	0,02	2,14	0,05	5,36	0,02	2,14	0,02	2,14	0,02	2,14	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	2,14
Nitot(ppm)	0,40	1,00	0,70	1,75	15,10	37,75	0,70	1,75	4,58	11,45	1,67	4,18	3,33	0,14	2,37	0,10	4,88	12,20
Zntot(ppm)	2,64	1,00	4,04	1,53	59,80	22,65	5,07	1,92	23,70	8,98	8,89	3,37	14,00	0,61	10,20	0,44	119,00	45,08
	∑	**11,00**	**∑**	**27,38**	**∑**	**283,11**	**∑**	**34,38**	**∑**	**121,56**	**∑**	**43,07**	**∑**	**3,19**	**∑**	**12,70**	**∑**	**190,72**
	ARTRmin	**1,00**	**ARTRmin-1AU**	**2,49**	**ARTRmin-2AU**	**25,74**	**ARTRmin-3AU**	**3,13**	**ARTRmin-4AU**	**11,05**	**ARTRmin-5AU**	**3,92**	**ARTRmin-6AU**	**0,29**	**ARTRmin-7AU**	**1,15**	**ARTRmin-8AU**	**17,34**

Tabela 30: Cálculo do RTR e ARTR para a campanha de verão de 2021, comparando com os valores mínimos, estatístico, das concentrações obtidas em quatro campanhas amostrais, primavera, verão, outono e inverno**.**

	Mínimo		Verão		Verão		Verão		Verão		Verão		Verão		Verão		Verão	
AU-AV-AX-AZ	**Estatístico**	**RTRmin**	**1AV**	**RTRmin-1AV**	**2AV**	**RTRmin-2AV**	**3AV**	**RTRmin-3AV**	**4AV**	**RTRmin-4AV**	**5AV**	**RTRmin-5AV**	**6AV**	**RTRmin-6AV**	**7AV**	**RTRmin-7AV**	**8AV**	**RTRmin-8AV**
Altot(%)	0,02	1,00	0,51	25,19	1,53	75,52	0,07	3,44	0,18	8,96	0,09	4,48	0,09	4,28	0,62	30,36	0,10	0,00
Astot(ppm)	0,28	1,00	2,41	8,73	3,49	12,64	1,54	5,58	1,44	5,22	1,02	3,70	3,33	12,07	2,08	7,54	3,61	0,16
Cdtot(ppm)	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	0,00
Pbtot(ppm)	0,40	1,00	2,67	6,68	0,40	1,00	1,91	4,78	2,41	6,03	2,11	5,28	2,01	5,03	1,84	4,60	116,00	5,04
Cutot(ppm)	0,60	1,00	0,60	1,00	5,76	9,60	0,60	1,00	0,60	1,00	1,43	2,38	0,60	1,00	0,60	1,00	0,60	0,03
Crtot(ppm)	0,38	1,00	3,68	9,63	16,10	42,15	1,20	3,14	5,93	15,52	2,24	5,86	3,86	10,10	4,55	11,91	7,50	0,33
Fetot(%)	0,07	1,00	0,70	9,70	2,09	29,00	0,41	5,62	0,51	7,03	0,42	5,84	0,91	12,61	0,66	9,22	1,75	0,08
Mntot(ppm)	45,40	1,00	526,00	11,59	325,00	7,16	119,00	2,62	150,00	3,30	227,00	5,00	65,90	1,45	369,00	8,13	249,00	10,83
Hgtot(ppm)	0,01	1,00	0,02	2,14	0,02	2,14	0,02	2,14	0,02	2,14	0,02	2,14	0,02	2,14	0,02	2,14	0,02	0,00
Nitot(ppm)	0,40	1,00	1,85	4,63	9,41	23,53	0,40	1,00	1,54	3,85	1,69	4,23	2,43	6,08	3,47	8,68	1,89	0,08
Zntot(ppm)	2,64	1,00	10,60	4,02	34,30	12,99	7,38	2,80	13,70	5,19	11,60	4,39	10,30	3,90	18,10	6,86	40,90	1,78
	∑	**11,00**	**∑**	**84,29**	**∑**	**216,73**	**∑**	**33,12**	**∑**	**59,24**	**∑**	**44,31**	**∑**	**59,65**	**∑**	**91,43**	**∑**	**18,32**
	ARTRmin	**1,00**	**ARTRmin-1AV**	**7,66**	**ARTRmin-2AV**	**19,70**	**ARTRmin-3AV**	**3,01**	**ARTRmin-4AV**	**5,39**	**ARTRmin-5AV**	**4,03**	**ARTRmin-6AV**	**5,42**	**ARTRmin-7AV**	**8,31**	**ARTRmin-8AV**	**1,67**

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 31: Cálculo do RTR e ARTR para a campanha de outono de 2021, comparando com os *valores mínimos*, estatístico, das concentrações obtidas em quatro campanhas amostrais, primavera, verão, outono e inverno

	Mínimo		Outono		Outono		Outono		Outono		Outono		Outono		Outono		Outono	
AU-AV-AX-AZ	Estatístico	RTRmin	1AX	RTRmin-1AX	2AX	RTRmin-2AX	3AX	RTRmin-3AX	4AX	RTRmin-4AX	5AX	RTRmin-5AX	6AX	RTRmin-6AX	7AX	RTRmin-7AX	8AX	RTRmin-8AX
Altot(%)	0,02	1,00	0,03	1,60	0,08	4,00	0,04	1,82	0,06	2,80	0,04	1,79	0,05	2,67	0,05	2,50	0,08	4,02
Astot(ppm)	0,28	1,00	1,00	3,62	3,44	12,46	0,50	1,81	3,31	11,99	1,00	3,62	5,94	21,52	2,27	8,22	9,72	35,22
Cdtot(ppm)	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00
Pbtot(ppm)	0,40	1,00	0,90	2,25	1,55	3,88	1,26	3,15	2,25	5,63	1,50	3,75	4,52	11,30	3,67	9,18	4,87	12,18
Cutot(ppm)	0,60	1,00	0,60	1,00	4,32	7,20	0,60	1,00	0,60	1,00	0,60	1,00	1,51	2,52	0,81	1,35	4,63	7,72
Crtot(ppm)	0,38	1,00	1,43	3,74	10,40	27,23	2,00	5,24	21,30	55,76	1,46	3,82	10,50	27,49	1,45	3,80	6,82	17,85
Fetot(%)	0,07	1,00	0,28	3,81	0,11	1,56	0,28	3,92	1,25	17,40	0,25	3,48	1,43	19,82	0,41	5,67	1,98	27,49
Mntot(ppm)	45,40	1,00	45,40	1,00	208,00	4,58	110,00	2,42	391,00	8,61	102,00	2,25	77,70	1,71	469,00	10,33	261,00	5,75
Hgtot(ppm)	0,01	1,00	0,02	2,14	0,02	2,14	0,02	2,14	0,02	2,14	0,02	2,14	0,02	2,14	0,02	2,14	0,02	2,14
Nitot(ppm)	0,40	1,00	0,40	1,00	5,05	12,63	0,90	2,25	1,93	4,83	0,80	2,00	2,19	5,48	1,86	4,65	4,18	10,45
Zntot(ppm)	2,64	1,00	2,64	1,00	26,80	10,15	3,61	1,37	16,00	6,06	4,77	1,81	13,60	5,15	6,73	2,55	28,90	10,95
	∑	**11,00**	**∑**	**22,17**	**∑**	**86,83**	**∑**	**26,12**	**∑**	**117,22**	**∑**	**26,66**	**∑**	**100,80**	**∑**	**51,39**	**∑**	**134,76**
	ARTRmin	**1,00**	**ARTRmin-1AX**	**2,02**	**ARTRmin-2AX**	**7,89**	**ARTRmin-3AX**	**2,37**	**ARTRmin-4AX**	**10,66**	**ARTRmin-5AX**	**2,42**	**ARTRmin-6AX**	**9,16**	**ARTRmin-7AX**	**4,67**	**ARTRmin-8AX**	**12,25**

Tabela 4.3.32: Cálculo do RTR e ARTR para a campanha de outono de 2021, comparando com o os *valores mínimos*, estatístico, das concentrações obtidas em quatro campanhas amostrais, primavera, verão, outono e inverno.

	Mínimo		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno	
AU-AV-AX-AZ	Estatístico	RTRmin	1AZ	RTRmin-1AZ	2AZ	RTRmin-2AZ	3AZ	RTRmin-3AZ	4AZ	RTRmin-4AZ	5AZ	RTRmin-5AZ	6AZ	RTRmin-6AZ	7AZ	RTRmin-7AZ	8AZ	RTRmin-8AZ
Altot(%)	0,02	1,00	0,03	1,68	0,34	16,90	0,02	1,00	0,04	2,07	0,11	5,27	0,04	1,79	0,10	4,69	0,20	9,61
Astot(ppm)	0,28	1,00	0,32	1,14	1,45	5,25	0,28	1,00	0,67	2,41	2,57	9,31	1,14	4,13	0,81	2,94	2,12	7,68
Cdtot(ppm)	0,10	1,00	0,32	3,16	0,28	2,75	0,28	2,76	0,27	2,67	2,26	22,60	0,30	2,98	0,37	3,70	1,14	11,40
Pbtot(ppm)	0,40	1,00	1,49	3,73	5,44	13,60	1,02	2,55	1,36	3,40	26,30	65,75	2,79	6,98	3,28	8,20	17,20	43,00
Cutot(ppm)	0,60	1,00	10,40	17,33	11,90	19,83	7,38	12,30	6,31	10,52	10,60	17,67	7,27	12,12	8,82	14,70	9,51	15,85
Crtot(ppm)	0,38	1,00	1,02	2,67	3,85	10,08	0,38	1,00	4,69	12,28	2,86	7,49	1,90	4,97	1,09	2,85	8,96	23,46
Fetot(%)	0,07	1,00	0,16	2,15	0,38	5,28	0,07	1,00	0,30	4,15	1,48	20,53	0,17	2,29	0,23	3,15	0,99	13,74
Mntot(ppm)	45,40	1,00	49,60	1,09	128,00	2,82	59,70	1,31	97,20	2,14	231,00	5,09	80,30	1,77	282,00	6,21	202,00	4,45
Hgtot(ppm)	0,01	1,00	0,01	1,05	0,01	1,04	0,01	1,04	0,01	1,00	0,01	1,02	0,01	1,08	0,01	1,29	0,01	1,01
Nitot(ppm)	0,40	1,00	0,63	1,58	1,96	4,90	0,55	1,38	1,16	2,90	2,90	7,25	0,60	1,49	1,49	3,73	1,21	3,03
Zntot(ppm)	2,64	1,00	5,59	2,12	11,60	4,39	3,07	1,16	10,50	3,98	14,00	5,30	5,18	1,96	7,35	2,78	20,80	7,88
	∑	**11,00**	**∑**	**37,70**	**∑**	**86,85**	**∑**	**26,51**	**∑**	**47,52**	**∑**	**167,27**	**∑**	**41,56**	**∑**	**54,24**	**∑**	**141,10**
	ARTRmin	**1,00**	**ARTRmin-1AZ**	**3,43**	**ARTRmin-2AZ**	**7,90**	**ARTRmin-3AZ**	**2,41**	**ARTRmin-4AZ**	**4,32**	**ARTRmin-5AZ**	**15,21**	**ARTRmin-6AZ**	**3,78**	**ARTRmin-7AZ**	**4,93**	**ARTRmin-8AZ**	**12,83**

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.33: Cálculo do RTR e ARTR para a campanha de primavera de 2020, comparando com os *valores máximos*, estatístico das concentrações obtidas em quatro campanhas amostrais, primavera, verão, outono e inverno

	Máximo		Primavera		Primavera		Primavera		Primavera		Primavera		Primavera		Primavera		Primavera	
AU-AV-AX-AZ	**Estatístico**	**RTRmax**	**1AU**	**RTRmax-1AU**	**2AU**	**RTRmax-2AU**	**3AU**	**RTRmax-3AU**	**4AU**	**RTRmax-4AU**	**5AU**	**RTRmax-5AU**	**6AU**	**RTRmax-6AU**	**7AU**	**RTRmax-7AU**	**8AU**	**RTRmax-8AU**
Altot(%)	1,53	1,00	0,08	0,05	1,29	0,84	0,08	0,05	0,32	0,21	0,09	0,06	0,37	0,02	0,37	0,02	0,67	0,44
Astot(ppm)	9,72	1,00	1,07	0,11	5,96	0,61	1,22	0,13	3,37	0,35	1,91	0,20	1,69	0,07	1,85	0,08	4,98	0,51
Cdtot(ppm)	2,26	1,00	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	0,04
Pbtot(ppm)	116,00	1,00	1,27	0,01	5,63	0,05	2,50	0,02	2,31	0,02	1,69	0,01	2,25	0,10	3,09	0,13	3,66	0,03
Cutot(ppm)	26,00	1,00	0,80	0,03	26,00	1,00	1,16	0,04	3,00	0,12	1,56	0,06	2,45	0,11	1,31	0,06	7,95	0,31
Crtot(ppm)	21,30	1,00	1,33	0,06	18,00	0,85	1,21	0,06	13,00	0,61	1,72	0,08	2,85	0,12	2,25	0,10	9,11	0,43
Fetot(%)	2,09	1,00	0,28	0,13	1,66	0,79	0,31	0,15	1,49	0,71	0,37	0,18	0,80	0,03	0,43	0,02	1,88	0,90
Mntot(ppm)	526,00	1,00	66,30	0,13	165,00	0,31	165,00	0,31	199,00	0,38	210,00	0,40	45,40	1,97	270,00	11,74	316,00	0,60
Hgtot(ppm)	0,05	1,00	0,02	0,40	0,05	1,00	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,40
Nitot(ppm)	15,10	1,00	0,70	0,05	15,10	1,00	0,70	0,05	4,58	0,30	1,67	0,11	3,33	0,14	2,37	0,10	4,88	0,32
Zntot(ppm)	119,00	1,00	4,04	0,03	59,80	0,50	5,07	0,04	23,70	0,20	8,89	0,07	14,00	0,61	10,20	0,44	119,00	1,00
	∑	**11,00**	**∑**	**1,05**	**∑**	**7,00**	**∑**	**1,29**	**∑**	**3,34**	**∑**	**1,62**	**∑**	**3,19**	**∑**	**12,70**	**∑**	**4,98**
	ARTRmax	**1,00**	**ARTRmax-1AU**	**0,10**	**ARTRmax-2AU**	**0,64**	**ARTRmax-3AU**	**0,12**	**ARTRmax-4AU**	**0,30**	**ARTRmax-5AU**	**0,15**	**ARTRmax-6AU**	**0,29**	**ARTRmax-7AU**	**1,15**	**ARTRmax-8AU**	**0,45**

Tabela 4.3.34: Cálculo do RTR e ARTR para a campanha de verão de 2021, comparando com *os valores máximos*, estatístico, das concentrações obtidas em quatro campanhas amostrais, primavera, verão, outono e inverno.

	Máximo		Verão		Verão		Verão		Verão		Verão		Verão		Verão		Verão	
AU-AV-AX-AZ	**Estatístico**	**RTRmax**	**1AV**	**RTRmax-1AV**	**2AV**	**RTRmax-2AV**	**3AV**	**RTRmax-3AV**	**4AV**	**RTRmax-4AV**	**5AV**	**RTRmax-5AV**	**6AV**	**RTRmax-6AV**	**7AV**	**RTRmax-7AV**	**8AV**	**RTRmax-8AV**
Altot(%)	1,53	1,00	0,51	0,33	1,53	1,00	0,07	0,05	0,18	0,12	0,09	0,06	0,09	0,06	0,62	0,40	0,10	0,00
Astot(ppm)	9,72	1,00	2,41	0,25	3,49	0,36	1,54	0,16	1,44	0,15	1,02	0,10	3,33	0,34	2,08	0,21	3,61	0,16
Cdtot(ppm)	2,26	1,00	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,00
Pbtot(ppm)	116,00	1,00	2,67	0,02	0,40	0,00	1,91	0,02	2,41	0,02	2,11	0,02	2,01	0,02	1,84	0,02	116,00	5,04
Cutot(ppm)	26,00	1,00	0,60	0,02	5,76	0,22	0,60	0,02	0,60	0,02	1,43	0,06	0,60	0,02	0,60	0,02	0,60	0,03
Crtot(ppm)	21,30	1,00	3,68	0,17	16,10	0,76	1,20	0,06	5,93	0,28	2,24	0,11	3,86	0,18	4,55	0,21	7,50	0,33
Fetot(%)	2,09	1,00	0,70	0,33	2,09	1,00	0,41	0,19	0,51	0,24	0,42	0,20	0,91	0,43	0,66	0,32	1,75	0,08
Mntot(ppm)	526,00	1,00	526,00	1,00	325,00	0,62	119,00	0,23	150,00	0,29	227,00	0,43	65,90	0,13	369,00	0,70	249,00	10,83
Hgtot(ppm)	0,05	1,00	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,00
Nitot(ppm)	15,10	1,00	1,85	0,12	9,41	0,62	0,40	0,03	1,54	0,10	1,69	0,11	2,43	0,16	3,47	0,23	1,89	0,08
Zntot(ppm)	119,00	1,00	10,60	0,09	34,30	0,29	7,38	0,06	13,70	0,12	11,60	0,10	10,30	0,09	18,10	0,15	40,90	1,78
	∑	**11,00**	**∑**	**2,79**	**∑**	**5,31**	**∑**	**1,25**	**∑**	**1,78**	**∑**	**1,63**	**∑**	**1,87**	**∑**	**2,71**	**∑**	**18,32**
	ARTRmax	**1,00**	**ARTRmax-1AV**	**0,25**	**ARTRmax-2AV**	**0,48**	**ARTRmax-3AV**	**0,11**	**ARTRmax-4AV**	**0,16**	**ARTRmax-5AV**	**0,15**	**ARTRmax-6AV**	**0,17**	**ARTRmax-7AV**	**0,25**	**ARTRmax-8AV**	**1,67**

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.35: Cálculo do RTR e ARTR para a campanha de outono de 2021, comparando com os *valores máximos*, estatístico, das concentrações obtidas em quatro campanhas amostrais, primavera, verão, outono e inverno.

	Máximo		Outono		Outono		Outono		Outono		Outono		Outono		Outono		Outono	
AU-AV-AX-AZ	Estatístico	RTRmax	1AX	RTRmax-1AX	2AX	RTRmax-2AX	3AX	RTRmax-3AX	4AX	RTRmax-4AX	5AX	RTRmax-5AX	6AX	RTRmax-6AX	7AX	RTRmax-7AX	8AX	RTRmax-8AX
Altot(%)	1,53	1,00	0,03	0,02	0,08	0,05	0,04	0,02	0,06	0,04	0,04	0,02	0,05	0,04	0,05	0,03	0,08	0,05
Astot(ppm)	9,72	1,00	1,00	0,10	3,44	0,35	0,50	0,05	3,31	0,34	1,00	0,10	5,94	0,61	2,27	0,23	9,72	1,00
Cdtot(ppm)	2,26	1,00	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04	0,10	0,04
Pbtot(ppm)	116,00	1,00	0,90	0,01	1,55	0,01	1,26	0,01	2,25	0,02	1,50	0,01	4,52	0,04	3,67	0,03	4,87	0,04
Cutot(ppm)	26,00	1,00	0,60	0,02	4,32	0,17	0,60	0,02	0,60	0,02	0,60	0,02	1,51	0,06	0,81	0,03	4,63	0,18
Crtot(ppm)	21,30	1,00	1,43	0,07	10,40	0,49	2,00	0,09	21,30	1,00	1,46	0,07	10,50	0,49	1,45	0,07	6,82	0,32
Fetot(%)	2,09	1,00	0,28	0,13	0,11	0,05	0,28	0,14	1,25	0,60	0,25	0,12	1,43	0,68	0,41	0,20	1,98	0,95
Mntot(ppm)	526,00	1,00	45,40	0,09	208,00	0,40	110,00	0,21	391,00	0,74	102,00	0,19	77,70	0,15	469,00	0,89	261,00	0,50
Hgtot(ppm)	0,05	1,00	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40
Nitot(ppm)	15,10	1,00	0,40	0,03	5,05	0,33	0,90	0,06	1,93	0,13	0,80	0,05	2,19	0,15	1,86	0,12	4,18	0,28
Zntot(ppm)	119,00	1,00	2,64	0,02	26,80	0,23	3,61	0,03	16,00	0,13	4,77	0,04	13,60	0,11	6,73	0,06	28,90	0,24
	∑	11,00	∑	0,93	∑	2,53	∑	1,08	∑	3,47	∑	1,08	∑	2,77	∑	2,11	∑	4,00
	ARTRmax	1,00	ARTRmax-1AX	0,08	ARTRmax-2AX	0,23	ARTRmax-3AX	0,10	ARTRmax-4AX	0,32	ARTRmax-5AX	0,10	ARTRmax-6AX	0,25	ARTRmax-7AX	0,19	ARTRmax-8AX	0,36

Tabela 4.3.36: Cálculo do RTR e ARTR para a campanha de inverno de 2021, comparando com os *valores máximos*, estatístico, das concentrações obtidas em quatro campanhas amostrais, primavera, verão, outono e inverno.

	Máximo		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno	
AU-AV-AX-AZ	Estatístico	RTRmax	1AZ	RTRmax-1AZ	2AZ	RTRmax-2AZ	3AZ	RTRmax-3AZ	4AZ	RTRmax-4AZ	5AZ	RTRmax-5AZ	6AZ	RTRmax-6AZ	7AZ	RTRmax-7AZ	8AZ	RTRmax-8AZ
Altot(%)	1,53	1,00	0,03	0,02	0,34	0,22	0,02	0,01	0,04	0,03	0,11	0,07	0,04	0,02	0,10	0,06	0,20	0,13
Astot(ppm)	9,72	1,00	0,32	0,03	1,45	0,15	0,28	0,03	0,67	0,07	2,57	0,26	1,14	0,12	0,81	0,08	2,12	0,22
Cdtot(ppm)	2,26	1,00	0,32	0,14	0,28	0,12	0,28	0,12	0,27	0,12	2,26	1,00	0,30	0,13	0,37	0,16	1,14	0,50
Pbtot(ppm)	116,00	1,00	1,49	0,01	5,44	0,05	1,02	0,01	1,36	0,01	26,30	0,23	2,79	0,02	3,28	0,03	17,20	0,15
Cutot(ppm)	26,00	1,00	10,40	0,40	11,90	0,46	7,38	0,28	6,31	0,24	10,60	0,41	7,27	0,28	8,82	0,34	9,51	0,37
Crtot(ppm)	21,30	1,00	1,02	0,05	3,85	0,18	0,38	0,02	4,69	0,22	2,86	0,13	1,90	0,09	1,09	0,05	8,96	0,42
Fetot(%)	2,09	1,00	0,16	0,07	0,38	0,18	0,07	0,03	0,30	0,14	1,48	0,71	0,17	0,08	0,23	0,11	0,99	0,47
Mntot(ppm)	526,00	1,00	49,60	0,09	128,00	0,24	59,70	0,11	97,20	0,18	231,00	0,44	80,30	0,15	282,00	0,54	202,00	0,38
Hgtot(ppm)	0,05	1,00	0,01	0,20	0,01	0,19	0,01	0,19	0,01	0,19	0,01	0,19	0,01	0,20	0,01	0,24	0,01	0,19
Nitot(ppm)	15,10	1,00	0,63	0,04	1,96	0,13	0,55	0,04	1,16	0,08	2,90	0,19	0,60	0,04	1,49	0,10	1,21	0,08
Zntot(ppm)	119,00	1,00	5,59	0,05	11,60	0,10	3,07	0,03	10,50	0,09	14,00	0,12	5,18	0,04	7,35	0,06	20,80	0,17
	∑	11,00	∑	1,11	∑	2,03	∑	0,88	∑	1,37	∑	3,75	∑	1,18	∑	1,77	∑	3,09
	ARTRmax	1,00	ARTRmax-1AZ	0,10	ARTRmax-2AZ	0,18	ARTRmax-3AZ	0,08	ARTRmax-4AZ	0,12	ARTRmax-5AZ	0,34	ARTRmax-6AZ	0,11	ARTRmax-7AZ	0,16	ARTRmax-8AZ	0,28

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.37: Cálculo do RTR e ARTR para a campanha de primavera de 2020, comparando com as médias estatísticas das concentrações obtidas em quatro campanhas amostrais, primavera, verão, outono e inverno.

	Média																	
AU-AV-AX-AZ	**Estatística**	**RTRmed**	**1AU**	**RTRmed-1AU**	**2AU**	**RTRmed-2AU**	**3AU**	**RTRmed-3AU**	**4AU**	**RTRmed-4AU**	**5AU**	**RTRmed-5AU**	**6AU**	**RTRmed-6AU**	**7AU**	**RTRmed-7AU**	**8AU**	**RTRmed-8AU**
Altot(%)	0,24	1,00	0,08	0,32	1,29	5,33	0,08	0,32	0,32	1,33	0,09	0,37	0,37	0,02	0,37	0,02	0,67	2,76
Astot(ppm)	2,42	1,00	1,07	0,44	5,96	2,46	1,22	0,50	3,37	1,39	1,91	0,79	1,69	0,07	1,85	0,08	4,98	2,06
Cdtot(ppm)	0,24	1,00	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	0,42
Pbtot(ppm)	7,22	1,00	1,27	0,18	5,63	0,78	2,50	0,35	2,31	0,32	1,69	0,23	2,25	0,10	3,09	0,13	3,66	0,51
Cutot(ppm)	4,40	1,00	0,80	0,18	26,00	5,91	1,16	0,26	3,00	0,68	1,56	0,35	2,45	0,11	1,31	0,06	7,95	1,81
Crtot(ppm)	5,46	1,00	1,33	0,24	18,00	3,30	1,21	0,22	13,00	2,38	1,72	0,32	2,85	0,12	2,25	0,10	9,11	1,67
Fetot(%)	0,76	1,00	0,28	0,36	1,66	2,17	0,31	0,41	1,49	1,95	0,37	0,49	0,80	0,03	0,43	0,02	1,88	2,46
Mntot(ppm)	195,67	1,00	66,30	0,34	165,00	0,84	165,00	0,84	199,00	1,02	210,00	1,07	45,40	1,97	270,00	11,74	316,00	1,61
Hgtot(ppm)	0,02	1,00	0,02	1,09	0,05	2,71	0,02	1,09	0,02	1,09	0,02	1,09	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	1,09
Nitot(ppm)	2,62	1,00	0,70	0,27	15,10	5,76	0,70	0,27	4,58	1,75	1,67	0,64	3,33	0,14	2,37	0,10	4,88	1,86
Zntot(ppm)	17,90	1,00	4,04	0,23	59,80	3,34	5,07	0,28	23,70	1,32	8,89	0,50	14,00	0,61	10,20	0,44	119,00	6,65
	∑	11,00	**∑**	4,06	**∑**	33,03	**∑**	4,96	**∑**	13,66	**∑**	6,26	**∑**	3,19	**∑**	12,70	**∑**	22,90
	ARTRmed	1,00	**ARTRmed-1AU**	0,37	**ARTRmed-2AU**	3,00	**ARTRmed-3AU**	0,45	**ARTRmed-4AU**	1,24	**ARTRmed-5AU**	0,57	**ARTRmed-6AU**	0,29	**ARTRmed-7AU**	1,15	**ARTRmed-8AU**	2,08

Tabela 4.3.38: Cálculo do RTR e ARTR para a campanha de verão de 2021, comparando com a médias estatísticas das concentrações obtidas em quatro campanhas amostrais, primavera, verão, outono e inverno.

	Média		**Verão**		**Verão**		**Verão**		**Verão**		**Verão**		**Verão**		**Verão**		**Verão**	
AU-AV-AX-AZ	**Estatística**	**RTRmed**	**1AV**	**RTRmed-1AV**	**2AV**	**RTRmed-2AV**	**3AV**	**RTRmed-3AV**	**4AV**	**RTRmed-4AV**	**5AV**	**RTRmed-5AV**	**6AV**	**RTRmed-6AV**	**7AV**	**RTRmed-7AV**	**8AV**	**RTRmed-8AV**
Altot(%)	0,24	1,00	0,51	2,11	1,53	6,32	0,07	0,29	0,18	0,75	0,09	0,38	0,09	0,36	0,62	2,54	0,10	0,00
Astot(ppm)	2,42	1,00	2,41	1,00	3,49	1,44	1,54	0,64	1,44	0,59	1,02	0,42	3,33	1,37	2,08	0,86	3,61	0,16
Cdtot(ppm)	0,24	1,00	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,00
Pbtot(ppm)	7,22	1,00	2,67	0,37	0,40	0,06	1,91	0,26	2,41	0,33	2,11	0,29	2,01	0,28	1,84	0,25	116,00	5,04
Cutot(ppm)	4,40	1,00	0,60	0,14	5,76	1,31	0,60	0,14	0,60	0,14	1,43	0,32	0,60	0,14	0,60	0,14	0,60	0,03
Crtot(ppm)	5,46	1,00	3,68	0,67	16,10	2,95	1,20	0,22	5,93	1,09	2,24	0,41	3,86	0,71	4,55	0,83	7,50	0,33
Fetot(%)	0,76	1,00	0,70	0,92	2,09	2,74	0,41	0,53	0,51	0,66	0,42	0,55	0,91	1,19	0,66	0,87	1,75	0,08
Mntot(ppm)	195,67	1,00	526,00	2,69	325,00	1,66	119,00	0,61	150,00	0,77	227,00	1,16	65,90	0,34	369,00	1,89	249,00	10,83
Hgtot(ppm)	0,02	1,00	0,02	1,09	0,02	1,09	0,02	1,09	0,02	1,09	0,02	1,09	0,02	1,09	0,02	1,09	0,02	0,00
Nitot(ppm)	2,62	1,00	1,85	0,71	9,41	3,59	0,40	0,15	1,54	0,59	1,69	0,65	2,43	0,93	3,47	1,32	1,89	0,08
Zntot(ppm)	17,90	1,00	10,60	0,59	34,30	1,92	7,38	0,41	13,70	0,77	11,60	0,65	10,30	0,58	18,10	1,01	40,90	1,78
	∑	**11,00**	**∑**	**10,69**	**∑**	**23,49**	**∑**	**4,76**	**∑**	**7,19**	**∑**	**6,34**	**∑**	**7,39**	**∑**	**11,23**	**∑**	**18,32**
	ARTRmed	**1,00**	**ARTRmed-1AV**	**0,97**	**ARTRmed-2AV**	**2,14**	**ARTRmed-3AV**	**0,43**	**ARTRmed-4AV**	**0,65**	**ARTRmed-5AV**	**0,58**	**ARTRmed-6AV**	**0,67**	**ARTRmed-7AV**	**1,02**	**ARTRmed-8AV**	**1,67**

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.39: Cálculo do RTR e ARTR para a campanha de outono de 2021, comparando com as médias estatísticas das concentrações obtidas em quatro campanhas amostrais, primavera, verão, outono e inverno.

	Média		Outono		Outono		Outono		Outono		Outono		Outono		Outono		Outono	
AU-AV-AX-AZ	**Estatística**	**RTRmed**	**1AX**	**RTRmed-1AX**	**2AX**	**RTRmed-2AX**	**3AX**	**RTRmed-3AX**	**4AX**	**RTRmed-4AX**	**5AX**	**RTRmed-5AX**	**6AX**	**RTRmed-6AX**	**7AX**	**RTRmed-7AX**	**8AX**	**RTRmed-8AX**
Altot(%)	0,24	1,00	0,03	0,13	0,08	0,33	0,04	0,15	0,06	0,23	0,04	0,15	0,05	0,22	0,05	0,21	0,08	0,34
Astot(ppm)	2,42	1,00	1,00	0,41	3,44	1,42	0,50	0,21	3,31	1,37	1,00	0,41	5,94	2,45	2,27	0,94	9,72	4,01
Cdtot(ppm)	0,24	1,00	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,42	0,10	0,42
Pbtot(ppm)	7,22	1,00	0,90	0,12	1,55	0,21	1,26	0,17	2,25	0,31	1,50	0,21	4,52	0,63	3,67	0,51	4,87	0,67
Cutot(ppm)	4,40	1,00	0,60	0,14	4,32	0,98	0,60	0,14	0,60	0,14	0,60	0,14	1,51	0,34	0,81	0,18	4,63	1,05
Crtot(ppm)	5,46	1,00	1,43	0,26	10,40	1,91	2,00	0,37	21,30	3,90	1,46	0,27	10,50	1,92	1,45	0,27	6,82	1,25
Fetot(%)	0,76	1,00	0,28	0,36	0,11	0,15	0,28	0,37	1,25	1,64	0,25	0,33	1,43	1,87	0,41	0,54	1,98	2,60
Mntot(ppm)	195,67	1,00	45,40	0,23	208,00	1,06	110,00	0,56	391,00	2,00	102,00	0,52	77,70	0,40	469,00	2,40	261,00	1,33
Hgtot(ppm)	0,02	1,00	0,02	1,09	0,02	1,09	0,02	1,09	0,02	1,09	0,02	1,09	0,02	1,09	0,02	1,09	0,02	1,09
Nitot(ppm)	2,62	1,00	0,40	0,15	5,05	1,93	0,90	0,34	1,93	0,74	0,80	0,31	2,19	0,84	1,86	0,71	4,18	1,60
Zntot(ppm)	17,90	1,00	2,64	0,15	26,80	1,50	3,61	0,20	16,00	0,89	4,77	0,27	13,60	0,76	6,73	0,38	28,90	1,61
	∑	**11,00**	**∑**	**3,47**	**∑**	**11,00**	**∑**	**4,02**	**∑**	**12,73**	**∑**	**4,10**	**∑**	**10,94**	**∑**	**7,63**	**∑**	**15,97**
	ARTRmed	**1,00**	**ARTRmed-1AX**	**0,32**	**ARTRmed-2AX**	**1,00**	**ARTRmed-3AX**	**0,37**	**ARTRmed-4AX**	**1,16**	**ARTRmed-5AX**	**0,37**	**ARTRmed-6AX**	**0,99**	**ARTRmed-7AX**	**0,69**	**ARTRmed-8AX**	**1,45**

Tabela 4.3.40: Cálculo do RTR e ARTR para a campanha de inverno de 2021, comparando com as médias estatísticas das concentrações obtidas em quatro campanhas amostrais, primavera, verão, outono e inverno

	Média		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno		Inverno	
AU-AV-AX-AZ	**Estatística**	**RTRmed**	**1AZ**	**RTRmed-1AZ**	**2AZ**	**RTRmed-2AZ**	**3AZ**	**RTRmed-3AZ**	**4AZ**	**RTRmed-4AZ**	**5AZ**	**RTRmed-5AZ**	**6AZ**	**RTRmed-6AZ**	**7AZ**	**RTRmed-7AZ**	**8AZ**	**RTRmed-8AZ**
Altot(%)	0,24	1,00	0,03	0,14	0,34	1,41	0,02	0,08	0,04	0,17	0,11	0,44	0,04	0,15	0,10	0,39	0,20	0,80
Astot(ppm)	2,42	1,00	0,32	0,13	1,45	0,60	0,28	0,11	0,67	0,27	2,57	1,06	1,14	0,47	0,81	0,33	2,12	0,88
Cdtot(ppm)	0,24	1,00	0,32	1,33	0,28	1,16	0,28	1,16	0,27	1,12	2,26	9,51	0,30	1,25	0,37	1,56	1,14	4,80
Pbtot(ppm)	7,22	1,00	1,49	0,21	5,44	0,75	1,02	0,14	1,36	0,19	26,30	3,64	2,79	0,39	3,28	0,45	17,20	2,38
Cutot(ppm)	4,40	1,00	10,40	2,36	11,90	2,70	7,38	1,68	6,31	1,43	10,60	2,41	7,27	1,65	8,82	2,00	9,51	2,16
Crtot(ppm)	5,46	1,00	1,02	0,19	3,85	0,71	0,38	0,07	4,69	0,86	2,86	0,52	1,90	0,35	1,09	0,20	8,96	1,64
Fetot(%)	0,76	1,00	0,16	0,20	0,38	0,50	0,07	0,09	0,30	0,39	1,48	1,94	0,17	0,22	0,23	0,30	0,99	1,30
Mntot(ppm)	195,67	1,00	49,60	0,25	128,00	0,65	59,70	0,31	97,20	0,50	231,00	1,18	80,30	0,41	282,00	1,44	202,00	1,03
Hgtot(ppm)	0,02	1,00	0,01	0,53	0,01	0,52	0,01	0,53	0,01	0,51	0,01	0,52	0,01	0,55	0,01	0,65	0,01	0,51
Nitot(ppm)	2,62	1,00	0,63	0,24	1,96	0,75	0,55	0,21	1,16	0,44	2,90	1,11	0,60	0,23	1,49	0,57	1,21	0,46
Zntot(ppm)	17,90	1,00	5,59	0,31	11,60	0,65	3,07	0,17	10,50	0,59	14,00	0,78	5,18	0,29	7,35	0,41	20,80	1,16
	∑	**11,00**	**∑**	**5,90**	**∑**	**10,41**	**∑**	**4,55**	**∑**	**6,48**	**∑**	**23,11**	**∑**	**5,95**	**∑**	**8,31**	**∑**	**17,13**
	ARTRmed	**1,00**	**ARTRmed-1AZ**	**0,54**	**ARTRmed-2AZ**	**0,95**	**ARTRmed-3AZ**	**0,41**	**ARTRmed-4AZ**	**0,59**	**ARTRmed-5AZ**	**2,10**	**ARTRmed-6AZ**	**0,54**	**ARTRmed-7AZ**	**0,76**	**ARTRmed-8AZ**	**1,56**

Índices de contaminação e ou poluição dos sedimentos

Os índices de qualidade, foram determinados como a razão entre a concentração medida de cada elemento presente, Alumínio, Arsênio, Cadmio, Cobre, Chumbo, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel e Zinco, (dez metais e um metaloide) em cada amostra, e os valores referenciais, os "benchmark" e os "background".

Modelos de avaliação da poluição são indicadores utilizados para avaliar a presença e intensidade da deposição de contaminantes antropogênicos nos sedimentos.

Neste estudo, foram empregados os seguintes modelos de avaliação da contaminação / poluição:

Índice de Contaminação (IC),
Índice de Carga de Poluição (PLI),
Grau de Contaminação Modificado (mCD),
Índice de Geoacumulação (Igeo),

Há que explicar a abordagem contaminação e poluição, isto é, a poluição é definida como um excesso biologicamente prejudicial de contaminação.

A distinção entre contaminação, isto é, a presença de concentrações de uma substância acima os níveis de base naturais em sedimentos que podem induzir a poluição, ou seja, a degradação envolvendo uma ameaça à vida selvagem a vida humana, a danos a recursos ou algum outro efeito deletério, que venha ocasionar danos a ciclos, processos que são compostos por vários ciclos, e a serviços ecossistêmicos, que são compostos por conjuntos de processos, que venham a colocar em risco os recursos naturais.

Índice de Contaminação (IC) é o Fator de Contaminação (FC)

Os fatores de contaminação foram obtidos usando a equação de FC definida por:

$$FC = Cn / Bn$$

Onde:

Cn = concentração de metal medida nos sedimentos do arroio Candiota e

Bn = concentração de nível de base ("background") ou da referência ("benchmark").

O esquema de classificação do FC adota as seguintes terminologias para descrever o fator de contaminação:

FC<1, baixo fator de contaminação;

1≤FC <3, fatores de contaminação moderados;

3≤FC <6, fatores de contaminação consideráveis; e

FC≥6, fator de contaminação muito alto.

Aqui, o fator de contaminação (FC) foi expandido para ser definido como que também é chamado fator de concentração (Cabrera et al., 1999), em que Cn é o teor do metal estudado, em vez do conteúdo médio de pelo menos 5 locais de amostra, neste estudo serão oito locais, opta-se por não usar a média.

Quando a diretriz de qualidade do sedimento foi selecionada para o Cn, o fator de concentração (FC) é igual às diretrizes de qualidade do sedimento, como faixa de efeito (**TEC**) contaminação por efeito limiar; **LEL**, baixo nível de efeito; (**ERL**) intervalo de efeito baixo; (**TEL**) níveis de efeitos limiares.

Os índices de qualidade, foram determinados como a razão entre a concentração medida de cada elemento presente, Alumínio, Arsênio, Cadmio, Cobre, Chumbo, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel e Zinco, (dez metais e um metaloide) em cada amostra, e os valores referenciais, os "benchmark" e os "background", quadro 2 e 1 respectivamente.

Um resultado desta razão, a partir de agora chamado de índice, superior a 1 indica que a concentração excede o critério e efeitos biológicos podem ser observados, enquanto um índice inferior a 1 indica que a qualidade do sedimento é boa.

Porém, para melhor orientar o gestor, colocam-se os valores pintados na cor **laranja** para indicar que a razão está acima de 0,5, apontando uma concentração preocupante, enquanto a cor **verde**, menor que a unidade e abaixo de 0,5, e a coloração **vermelha** significando que a razão extrapolou a unidade indicando preocupação frente a possíveis danos aos organismos causados pelas concentrações encontradas. Os resultados estão nas Tabelas 4.3.41 até 4.3.44.

Já nas Tabelas 4.3.45 até 4.3.48, apresentam-se índices que estão relacionados também na forma de razões matemáticas, mas relacionando as concentrações encontradas nos sedimentos superficiais de fundo, com as taxas médias encontradas na crosta terrestre, nos sedimentos do planeta, as taxas usadas como o Clarke na prospecção geoquímica e a composição média dos folhelhos, razões que também estão referenciadas a unidade. Da mesma forma, as razões superiores a 1 indicam que a concentração excede a taxa referencial e uma razão inferior a 1, indica que a composição não se apresenta tão diferente de outras composições encontradas no planeta. Não indica a qualidade, mas sim uma possível acumulação quando a razão for maior que 1. Indicaram-se as razões maiores que 1, em **vermelho**, e razões menores que 1 marcaram-se em **verde**, sendo que aquelas razões maiores que 0,5 foram marcadas com a cor **laranja**, indicando ao gestor a tendência a acumulação.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.41: Apresentam-se os Índices de contaminação, ou Fatores de contaminação, obtidos a partir da concentração dos elementos químicos do estudo nos sedimentos superficiais de fundo, resultado da razão entre a concentração do elemento nos sedimentos e o referencial TEC. Coluna hachurada é devido a inexistência da taxa de referencia para o elemento na concepção usada. A coloração **verde** são os índices entre 0 e o,5, e indicam boa condição de qualidade, a coloração **laranja** são os índices entre 0,5 e 1,0 e indicam atenção do gestor, e os índices em **vermelho** indicam os valores > 1,0, a atestam a baixa qualidade dos sedimentos.

TEC	referências	9,8 ppm	0,99 ppm	36 ppm	32 ppm	43,4 ppm	(%) 2	460 ppm	0,18 ppm	23 ppm	120 ppm
Metais Totais	IC-TECAl	IC-TECAs	IC-TECCd	IC-TECPb	IC-TECCu	IC-TECCr	IC-ECFe	IC-TECMn	IC-TECHg	IC-TECNi	IC-TECZn
1AU		0,11	0,10	0,04	0,03	0,03	0,14	0,14	0,11	0,03	0,03
2AU		0,61	0,10	0,16	0,81	0,41	0,83	0,36	0,28	0,66	0,50
3AU		0,12	0,10	0,07	0,04	0,03	0,15	0,36	0,11	0,03	0,04
4AU		0,34	0,10	0,06	0,09	0,30	0,75	0,43	0,11	0,20	0,20
5AU		0,19	0,10	0,05	0,05	0,04	0,19	0,46	0,11	0,07	0,07
6AU		0,17	0,10	0,06	0,08	0,07	0,40	0,10	0,11	0,14	0,12
7AU		0,19	0,10	0,09	0,04	0,05	0,21	0,59	0,11	0,10	0,09
8AU		0,51	0,10	0,10	0,25	0,21	0,94	0,69	0,11	0,21	0,99
1AV		0,25	0,10	0,07	0,02	0,08	0,35	1,14	0,11	0,08	0,09
2AV		0,36	0,10	0,01	0,18	0,37	1,05	0,71	0,11	0,41	0,29
3AV		0,16	0,10	0,05	0,02	0,03	0,20	0,26	0,11	0,02	0,06
4AV		0,15	0,10	0,07	0,02	0,14	0,25	0,33	0,11	0,07	0,11
5AV		0,10	0,10	0,06	0,04	0,05	0,21	0,49	0,11	0,07	0,10
6AV		0,34	0,10	0,06	0,02	0,09	0,45	0,14	0,11	0,11	0,09
7AV		0,21	0,10	0,05	0,02	0,10	0,33	0,80	0,11	0,15	0,15
8AV		0,37	0,10	3,22	0,02	0,17	0,88	0,54	0,11	0,08	0,34
1AX		0,10	2,03	0,03	0,02	0,03	0,14	0,10	0,11	0,02	0,02
2AX		0,35	0,10	0,04	0,14	0,24	0,06	0,45	0,11	0,22	0,22
3AX		0,05	0,10	0,04	0,02	0,05	0,14	0,24	0,11	0,04	0,03
4AX		0,34	0,10	0,06	0,02	0,49	0,63	0,85	0,11	0,08	0,13
5AX		0,10	0,10	0,04	0,02	0,03	0,13	0,22	0,11	0,03	0,04
6AX		0,61	0,10	0,13	0,05	0,24	0,71	0,17	0,11	0,10	0,11
7AX		0,23	0,10	0,10	0,03	0,03	0,20	1,02	0,11	0,08	0,06
8AX		0,99	0,10	0,14	0,14	0,16	0,99	0,57	0,11	0,18	0,24
1AZ		0,03	0,32	0,04	0,33	0,02	0,08	0,11	0,05	0,03	0,05
2AZ		0,15	0,28	0,15	0,37	0,09	0,19	0,28	0,05	0,09	0,10
3AZ		0,03	0,28	0,03	0,23	0,01	0,04	0,13	0,05	0,02	0,03
4AZ		0,07	0,27	0,04	0,20	0,11	0,15	0,21	0,05	0,05	0,09
5AZ		0,26	2,28	0,73	0,33	0,07	0,74	0,50	0,05	0,13	0,12
6AZ		0,12	0,30	0,08	0,23	0,04	0,08	0,17	0,06	0,03	0,04
7AZ		0,08	0,37	0,09	0,28	0,03	0,11	0,61	0,07	0,06	0,06
8AZ		0,22	1,15	0,48	0,30	0,21	0,50	0,44	0,05	0,05	0,17

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.42: Apresentam-se os Índices de contaminação, ou Fatores de contaminação, obtidos a partir da concentração dos elementos químicos do estudo nos sedimentos superficiais de fundo, resultado da razão entre a concentração do elemento nos sedimentos e o referencial LEL. Coluna hachurada devido a inexistência da taxa de referência para o elemento na concepção usada. A coloração verde são os índices entre 0 e o,5, e indicam boa condição de qualidade, a coloração laranja são os índices entre 0,5 e 1,0 e indicam atenção do gestor, e os índices em vermelho indicam os valores > 1,0, a atestam a baixa qualidade dos sedimentos.

LEL	referências	6 ppm	0,6 ppm	31 ppm	16 ppm	26 ppm	(%) 2	460 ppm	0,2 ppm	16 ppm	120 ppm
Metais Totais	IC-LELAl	IC-LELAs	IC-LELCd	IC-LELPb	IC-LELCu	IC-LELCr	IC-LELFe	IC-LELMn	IC-LELHg	IC-LELNi	IC-LELZn
1AU		0,18	0,17	0,04	0,05	0,05	0,14	0,14	0,10	0,04	0,03
2AU		0,99	0,17	0,18	1,63	0,69	0,83	0,36	0,25	0,94	0,50
3AU		0,20	0,17	0,08	0,07	0,05	0,15	0,36	0,10	0,04	0,04
4AU		0,56	0,17	0,07	0,19	0,50	0,75	0,43	0,10	0,29	0,20
5AU		0,32	0,17	0,05	0,10	0,07	0,19	0,46	0,10	0,10	0,07
6AU		0,28	0,17	0,07	0,15	0,11	0,40	0,10	0,10	0,21	0,12
7AU		0,31	0,17	0,10	0,08	0,09	0,21	0,59	0,10	0,15	0,09
8AU		0,83	0,17	0,12	0,50	0,35	0,94	0,69	0,10	0,31	0,99
1AV		0,40	0,17	0,09	0,04	0,14	0,35	1,14	0,10	0,12	0,09
2AV		0,58	0,17	0,01	0,36	0,62	1,05	0,71	0,10	0,59	0,29
3AV		0,26	0,17	0,06	0,04	0,05	0,20	0,26	0,10	0,03	0,06
4AV		0,24	0,17	0,08	0,04	0,23	0,25	0,33	0,10	0,10	0,11
5AV		0,17	0,17	0,07	0,09	0,09	0,21	0,49	0,10	0,11	0,10
6AV		0,56	0,17	0,06	0,04	0,15	0,45	0,14	0,10	0,15	0,09
7AV		0,35	0,17	0,06	0,04	0,18	0,33	0,80	0,10	0,22	0,15
8AV		0,60	0,17	3,74	0,04	0,29	0,88	0,54	0,10	0,12	0,34
1AX		0,17	3,35	0,03	0,04	0,06	0,14	0,10	0,10	0,03	0,02
2AX		0,57	0,17	0,05	0,27	0,40	0,06	0,45	0,10	0,32	0,22
3AX		0,08	0,17	0,04	0,04	0,08	0,14	0,24	0,10	0,06	0,03
4AX		0,55	0,17	0,07	0,04	0,82	0,63	0,85	0,10	0,12	0,13
5AX		0,17	0,17	0,05	0,04	0,06	0,13	0,22	0,10	0,05	0,04
6AX		0,99	0,17	0,15	0,09	0,40	0,71	0,17	0,10	0,14	0,11
7AX		0,38	0,17	0,12	0,05	0,06	0,20	1,02	0,10	0,12	0,06
8AX		1,62	0,17	0,16	0,29	0,26	0,99	0,57	0,10	0,26	0,24
1AZ		0,05	0,53	0,05	0,65	0,04	0,08	0,11	0,05	0,04	0,05
2AZ		0,24	0,46	0,18	0,74	0,15	0,19	0,28	0,05	0,12	0,10
3AZ		0,05	0,46	0,03	0,46	0,01	0,04	0,13	0,05	0,03	0,03
4AZ		0,11	0,45	0,04	0,39	0,18	0,15	0,21	0,05	0,07	0,09
5AZ		0,43	3,77	0,85	0,66	0,11	0,74	0,50	0,05	0,18	0,12
6AZ		0,19	0,50	0,09	0,45	0,07	0,08	0,17	0,05	0,04	0,04
7AZ		0,14	0,62	0,11	0,55	0,04	0,11	0,61	0,06	0,09	0,06
8AZ		0,35	1,90	0,55	0,59	0,34	0,50	0,44	0,05	0,08	0,17

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.43: Apresentam-se os Índices de contaminação, ou Fatores de contaminação, obtidos a partir da concentração dos elementos químicos do estudo nos sedimentos superficiais de fundo, resultado da razão entre a concentração do elemento nos sedimentos e o referencial ERL. Colunas hachuradas devido a inexistência da taxa de referência para o elemento na concepção usada. A coloração verde são os índices entre 0 e o,5, e indicam boa condição de qualidade, a coloração laranja são os índices entre 0,5 e 1,0 e indicam atenção do gestor, e os índices em vermelho indicam os valores > 1,0, a atestam a baixa qualidade dos sedimentos.

ERL	referências	8,2 ppm	1,2 ppm	46,7 ppm	34 ppm	81 ppm			0,15 ppm	20,09 ppm	150 ppm
Metais Totais	IC-ERLAl	IC-ERLAs	IC-ERLCd	IC-ERLPb	IC-ERLCu	IC-ERLCr	IC-ERLFe	IC-ERLMn	IC-ERLHg	IC-ERLNi	IC-ERLZn
1AU		0,13	0,08	0,03	0,02	0,02			0,13	0,03	0,03
2AU		0,73	0,08	0,12	0,76	0,22			0,33	0,75	0,40
3AU		0,15	0,08	0,05	0,03	0,01			0,13	0,03	0,03
4AU		0,41	0,08	0,05	0,09	0,16			0,13	0,23	0,16
5AU		0,23	0,08	0,04	0,05	0,02			0,13	0,08	0,06
6AU		0,21	0,08	0,05	0,07	0,04			0,13	0,17	0,09
7AU		0,23	0,08	0,07	0,04	0,03			0,13	0,12	0,07
8AU		0,61	0,08	0,08	0,23	0,11			0,13	0,24	0,79
1AV		0,29	0,08	0,06	0,02	0,05			0,13	0,09	0,07
2AV		0,43	0,08	0,01	0,17	0,20			0,13	0,47	0,23
3AV		0,19	0,08	0,04	0,02	0,01			0,13	0,02	0,05
4AV		0,18	0,08	0,05	0,02	0,07			0,13	0,08	0,09
5AV		0,12	0,08	0,05	0,04	0,03			0,13	0,08	0,08
6AV		0,41	0,08	0,04	0,02	0,05			0,13	0,12	0,07
7AV		0,25	0,08	0,04	0,02	0,06			0,13	0,17	0,12
8AV		0,44	0,08	2,48	0,02	0,09			0,13	0,09	0,27
1AX		0,12	1,68	0,02	0,02	0,02			0,13	0,02	0,02
2AX		0,42	0,08	0,03	0,13	0,13			0,13	0,25	0,18
3AX		0,06	0,08	0,03	0,02	0,02			0,13	0,04	0,02
4AX		0,40	0,08	0,05	0,02	0,26			0,13	0,10	0,11
5AX		0,12	0,08	0,03	0,02	0,02			0,13	0,04	0,03
6AX		0,72	0,08	0,10	0,04	0,13			0,13	0,11	0,09
7AX		0,28	0,08	0,08	0,02	0,02			0,13	0,09	0,04
8AX		1,19	0,08	0,10	0,14	0,08			0,13	0,21	0,19
1AZ		0,04	0,26	0,03	0,31	0,01			0,07	0,03	0,04
2AZ		0,18	0,23	0,12	0,35	0,05			0,06	0,10	0,08
3AZ		0,03	0,23	0,02	0,22	0,00			0,06	0,03	0,02
4AZ		0,08	0,22	0,03	0,19	0,06			0,06	0,06	0,07
5AZ		0,31	1,88	0,56	0,31	0,04			0,06	0,14	0,09
6AZ		0,14	0,25	0,06	0,21	0,02			0,07	0,03	0,03
7AZ		0,10	0,31	0,07	0,26	0,01			0,08	0,07	0,05
8AZ		0,26	0,95	0,37	0,28	0,11			0,06	0,06	0,14

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.44: Apresentam-se os Índices de contaminação, ou Fatores de contaminação, obtidos a partir da concentração dos elementos químicos do estudo nos sedimentos superficiais de fundo, resultado da razão entre a concentração do elemento nos sedimentos e o referencial TEL. Colunas hachuradas devido a inexistência da taxa de referência para o elemento na concepção usada. A coloração verde são os índices entre 0 e o,5, e indicam boa condição de qualidade, a coloração laranja são os índices entre 0,5 e 1,0 e indicam atenção do gestor, e os índices em vermelho indicam os valores > 1,0, a atestam a baixa qualidade dos sedimentos.

TEL	referências	7,24 ppm	0,68 ppm	30,2 ppm	18,7 ppm	52,3 ppm			0,13 ppm	15,9 ppm	124 ppm
Metais Totais	ICTELAl	ICTELAs	ICTELCd	ICTELPb	ICTELCu	ICTELCr	ICTELFe	ICTELMn	ICTELHg	ICTELNi	ICTELZn
1AU		0,15	0,15	0,04	0,04	0,03			0,15	0,04	0,03
2AU		0,82	0,15	0,19	1,39	0,34			0,38	0,95	0,48
3AU		0,17	0,15	0,08	0,06	0,02			0,15	0,04	0,04
4AU		0,47	0,15	0,08	0,16	0,25			0,15	0,29	0,19
5AU		0,26	0,15	0,06	0,08	0,03			0,15	0,11	0,07
6AU		0,23	0,15	0,07	0,13	0,05			0,15	0,21	0,11
7AU		0,26	0,15	0,10	0,07	0,04			0,15	0,15	0,08
8AU		0,69	0,15	0,12	0,43	0,17			0,15	0,31	0,96
1AV		0,33	0,15	0,09	0,03	0,07			0,15	0,12	0,09
2AV		0,48	0,15	0,01	0,31	0,31			0,15	0,59	0,28
3AV		0,21	0,15	0,06	0,03	0,02			0,15	0,03	0,06
4AV		0,20	0,15	0,08	0,03	0,11			0,15	0,10	0,11
5AV		0,14	0,15	0,07	0,08	0,04			0,15	0,11	0,09
6AV		0,46	0,15	0,07	0,03	0,07			0,15	0,15	0,08
7AV		0,29	0,15	0,06	0,03	0,09			0,15	0,22	0,15
8AV		0,50	0,15	3,84	0,03	0,14			0,15	0,12	0,33
1AX		0,14	2,96	0,03	0,03	0,03			0,15	0,03	0,02
2AX		0,48	0,15	0,05	0,23	0,20			0,15	0,32	0,22
3AX		0,07	0,15	0,04	0,03	0,04			0,15	0,06	0,03
4AX		0,46	0,15	0,07	0,03	0,41			0,15	0,12	0,13
5AX		0,14	0,15	0,05	0,03	0,03			0,15	0,05	0,04
6AX		0,82	0,15	0,15	0,08	0,20			0,15	0,14	0,11
7AX		0,31	0,15	0,12	0,04	0,03			0,15	0,12	0,05
8AX		1,34	0,15	0,16	0,25	0,13			0,15	0,26	0,23
1AZ		0,04	0,46	0,05	0,56	0,02			0,08	0,04	0,05
2AZ		0,20	0,40	0,18	0,64	0,07			0,07	0,12	0,09
3AZ		0,04	0,41	0,03	0,39	0,01			0,07	0,03	0,02
4AZ		0,09	0,39	0,05	0,34	0,09			0,07	0,07	0,08
5AZ		0,35	3,32	0,87	0,57	0,05			0,07	0,18	0,11
6AZ		0,16	0,44	0,09	0,39	0,04			0,08	0,04	0,04
7AZ		0,11	0,54	0,11	0,47	0,02			0,09	0,09	0,06
8AZ		0,29	1,68	0,57	0,51	0,17			0,07	0,08	0,17

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.45: Apresentam-se os Índices de contaminação, ou Fatores de contaminação, obtidos a partir da concentração dos elementos químicos do estudo nos sedimentos superficiais de fundo, resultado da razão entre a concentração do elemento nos sedimentos e o referencial das taxas médias encontradas na crosta terrestre, de acordo com Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979). A coloração verde significa baixa acumulação, a coloração laranja significa atenção a acumulação e a coloração vermelha indica uma situação de acumulação.

Crosta - Ref	(%) 8,2	1,5 ppm	0,11 ppm	14 ppm	50 ppm	100 ppm	(%) 4,10	950 ppm	0,05 ppm	80 ppm	75 ppm
Metais Totais	ICCrostaAl	ICCrostaAs	ICCrostaCd	ICCrostaPb	ICCrostaCu	ICCrostaCr	ICCrostaFe	ICCrostaMn	ICCrostaHg	ICCrostaNi	ICCrostaZn
1AU	0,01	0,71	0,91	0,09	0,02	0,01	0,07	0,07	0,40	0,01	0,05
2AU	0,16	3,97	0,91	0,40	0,52	0,18	0,40	0,17	1,00	0,19	0,80
3AU	0,01	0,81	0,91	0,18	0,02	0,01	0,08	0,17	0,40	0,01	0,07
4AU	0,04	2,25	0,91	0,17	0,06	0,13	0,36	0,21	0,40	0,06	0,32
5AU	0,01	1,27	0,91	0,12	0,03	0,02	0,09	0,22	0,40	0,02	0,12
6AU	0,04	1,13	0,91	0,16	0,05	0,03	0,20	0,05	0,40	0,04	0,19
7AU	0,05	1,23	0,91	0,22	0,03	0,02	0,10	0,28	0,40	0,03	0,14
8AU	0,08	3,32	0,91	0,26	0,16	0,09	0,46	0,33	0,40	0,06	1,59
1AV	0,06	1,61	0,91	0,19	0,01	0,04	0,17	0,55	0,40	0,02	0,14
2AV	0,19	2,33	0,91	0,03	0,12	0,16	0,51	0,34	0,40	0,12	0,46
3AV	0,01	1,03	0,91	0,14	0,01	0,01	0,10	0,13	0,40	0,01	0,10
4AV	0,02	0,96	0,91	0,17	0,01	0,06	0,12	0,16	0,40	0,02	0,18
5AV	0,01	0,68	0,91	0,15	0,03	0,02	0,10	0,24	0,40	0,02	0,15
6AV	0,01	2,22	0,91	0,14	0,01	0,04	0,22	0,07	0,40	0,03	0,14
7AV	0,08	1,39	0,91	0,13	0,01	0,05	0,16	0,39	0,40	0,04	0,24
8AV	0,01	2,41	0,91	8,29	0,01	0,08	0,43	0,26	0,40	0,02	0,55
1AX	0,00	0,67	18,27	0,06	0,01	0,01	0,07	0,05	0,40	0,01	0,04
2AX	0,01	2,29	0,91	0,11	0,09	0,10	0,03	0,22	0,40	0,06	0,36
3AX	0,00	0,33	0,91	0,09	0,01	0,02	0,07	0,12	0,40	0,01	0,05
4AX	0,01	2,21	0,91	0,16	0,01	0,21	0,31	0,41	0,40	0,02	0,21
5AX	0,00	0,67	0,91	0,11	0,01	0,01	0,06	0,11	0,40	0,01	0,06
6AX	0,01	3,96	0,91	0,32	0,03	0,11	0,35	0,08	0,40	0,03	0,18
7AX	0,01	1,51	0,91	0,26	0,02	0,01	0,10	0,49	0,40	0,02	0,09
8AX	0,01	6,48	0,91	0,35	0,09	0,07	0,48	0,27	0,40	0,05	0,39
1AZ	0,00	0,21	2,87	0,11	0,21	0,01	0,04	0,05	0,20	0,01	0,07
2AZ	0,04	0,97	2,50	0,39	0,24	0,04	0,09	0,13	0,19	0,02	0,15
3AZ	0,00	0,18	2,51	0,07	0,15	0,00	0,02	0,06	0,19	0,01	0,04
4AZ	0,01	0,44	2,43	0,10	0,13	0,05	0,07	0,10	0,19	0,01	0,14
5AZ	0,01	1,71	20,55	1,88	0,21	0,03	0,36	0,24	0,19	0,04	0,19
6AZ	0,00	0,76	2,71	0,20	0,15	0,02	0,04	0,08	0,20	0,01	0,07
7AZ	0,01	0,54	3,36	0,23	0,18	0,01	0,06	0,30	0,24	0,02	0,10
8AZ	0,02	1,41	10,36	1,23	0,19	0,09	0,24	0,21	0,19	0,02	0,28

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.46: Apresentam-se os Índices de contaminação, ou Fatores de contaminação, obtidos a partir da concentração dos elementos químicos do estudo nos sedimentos superficiais de fundo, resultado da razão entre a concentração do elemento nos sedimentos e o referencial das taxas médias encontradas nos sedimentos do planeta, de acordo com Turenkian e Wedepohl (1961); Bowen (1979).). A coloração verde significa baixa acumulação, a coloração laranja significa atenção a acumulação e a coloração vermelha indica uma situação de acumulação.

Sediment Ref	(%) 7,2	7,7 ppm	0,17 ppm	19 ppm	33 ppm	72 ppm	(%) 4,1	770 ppm	0,19 ppm	52 ppm	95 ppm
Metais Totais	**ICSEDAl**	**ICSEDAs**	**ICSEDCd**	**ICSEDPb**	**ICSEDCu**	**ICSEDCr**	**ICSEDFe**	**ICSEDMn**	**ICSEDHg**	**ICSEDNi**	**ICSEDZn**
1AU	0,01	0,14	0,59	0,07	0,02	0,02	0,07	0,09	0,11	0,01	0,04
2AU	0,18	0,77	0,59	0,30	0,79	0,25	0,40	0,21	0,26	0,29	0,63
3AU	0,01	0,16	0,59	0,13	0,04	0,02	0,08	0,21	0,11	0,01	0,05
4AU	0,04	0,44	0,59	0,12	0,09	0,18	0,36	0,26	0,11	0,09	0,25
5AU	0,01	0,25	0,59	0,09	0,05	0,02	0,09	0,27	0,11	0,03	0,09
6AU	0,05	0,22	0,59	0,12	0,07	0,04	0,20	0,06	0,11	0,06	0,15
7AU	0,05	0,24	0,59	0,16	0,04	0,03	0,10	0,35	0,11	0,05	0,11
8AU	0,09	0,65	0,59	0,19	0,24	0,13	0,46	0,41	0,11	0,09	1,25
1AV	0,07	0,31	0,59	0,14	0,02	0,05	0,17	0,68	0,11	0,04	0,11
2AV	0,21	0,45	0,59	0,02	0,17	0,22	0,51	0,42	0,11	0,18	0,36
3AV	0,01	0,20	0,59	0,10	0,02	0,02	0,10	0,15	0,11	0,01	0,08
4AV	0,03	0,19	0,59	0,13	0,02	0,08	0,12	0,19	0,11	0,03	0,14
5AV	0,01	0,13	0,59	0,11	0,04	0,03	0,10	0,29	0,11	0,03	0,12
6AV	0,01	0,43	0,59	0,11	0,02	0,05	0,22	0,09	0,11	0,05	0,11
7AV	0,09	0,27	0,59	0,10	0,02	0,06	0,16	0,48	0,11	0,07	0,19
8AV	0,01	0,47	0,59	6,11	0,02	0,10	0,43	0,32	0,11	0,04	0,43
1AX	0,00	0,13	11,82	0,05	0,02	0,02	0,07	0,06	0,11	0,01	0,03
2AX	0,01	0,45	0,59	0,08	0,13	0,14	0,03	0,27	0,11	0,10	0,28
3AX	0,01	0,06	0,59	0,07	0,02	0,03	0,07	0,14	0,11	0,02	0,04
4AX	0,01	0,43	0,59	0,12	0,02	0,30	0,31	0,51	0,11	0,04	0,17
5AX	0,01	0,13	0,59	0,08	0,02	0,02	0,06	0,13	0,11	0,02	0,05
6AX	0,01	0,77	0,59	0,24	0,05	0,15	0,35	0,10	0,11	0,04	0,14
7AX	0,01	0,29	0,59	0,19	0,02	0,02	0,10	0,61	0,11	0,04	0,07
8AX	0,01	1,26	0,59	0,26	0,14	0,09	0,48	0,34	0,11	0,08	0,30
1AZ	0,00	0,04	1,86	0,08	0,32	0,01	0,04	0,06	0,05	0,01	0,06
2AZ	0,05	0,19	1,62	0,29	0,36	0,05	0,09	0,17	0,05	0,04	0,12
3AZ	0,00	0,04	1,62	0,05	0,22	0,01	0,02	0,08	0,05	0,01	0,03
4AZ	0,01	0,09	1,57	0,07	0,19	0,07	0,07	0,13	0,05	0,02	0,11
5AZ	0,01	0,33	13,29	1,38	0,32	0,04	0,36	0,30	0,05	0,06	0,15
6AZ	0,01	0,15	1,75	0,15	0,22	0,03	0,04	0,10	0,05	0,01	0,05
7AZ	0,01	0,11	2,18	0,17	0,27	0,02	0,06	0,37	0,06	0,03	0,08
8AZ	0,03	0,28	6,71	0,91	0,29	0,12	0,24	0,26	0,05	0,02	0,22

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.47: Apresentam-se os Índices de contaminação (IC), ou Fatores de contaminação (FC), obtidos a partir da concentração dos elementos químicos do estudo nos sedimentos superficiais de fundo, resultado da razão entre a concentração do elemento nos sedimentos e o referencial do Clarke geoquímico usado na prospecção geoquímica para cada elemento.). A coloração verde significa baixa acumulação, a coloração laranja significa atenção a acumulação e a coloração vermelha indica uma situação de acumulação.

Clarke Ref	(%) 8,36	1,8 ppm	0,16 ppm	13 ppm	68 ppm	122 ppm	(%) 6,2	1060,00	0,09	99,00	76,00
Metais Totais	ICClarkeAl	ICClarkeAs	ICClarkeCd	ICClarkePb	ICClarkeCu	ICClarkeCr	ICClarkeFe	ICClarkeMn	ICClarkeHg	ICClarkeNi	ICClarkeZn
1AU	0,01	0,59	0,63	0,10	0,01	0,01	0,04	0,06	0,23	0,01	0,05
2AU	0,15	3,31	0,63	0,43	0,38	0,15	0,27	0,16	0,58	0,15	0,79
3AU	0,01	0,68	0,63	0,19	0,02	0,01	0,05	0,16	0,23	0,01	0,07
4AU	0,04	1,87	0,63	0,18	0,04	0,11	0,24	0,19	0,23	0,05	0,31
5AU	0,01	1,06	0,63	0,13	0,02	0,01	0,06	0,20	0,23	0,02	0,12
6AU	0,04	0,94	0,63	0,17	0,04	0,02	0,13	0,04	0,23	0,03	0,18
7AU	0,04	1,03	0,63	0,24	0,02	0,02	0,07	0,25	0,23	0,02	0,13
8AU	0,08	2,77	0,63	0,28	0,12	0,07	0,30	0,30	0,23	0,05	1,57
1AV	0,06	1,34	0,63	0,21	0,01	0,03	0,11	0,50	0,23	0,02	0,14
2AV	0,18	1,94	0,63	0,03	0,08	0,13	0,34	0,31	0,23	0,10	0,45
3AV	0,01	0,86	0,63	0,15	0,01	0,01	0,07	0,11	0,23	0,00	0,10
4AV	0,02	0,80	0,63	0,19	0,01	0,05	0,08	0,14	0,23	0,02	0,18
5AV	0,01	0,57	0,63	0,16	0,02	0,02	0,07	0,21	0,23	0,02	0,15
6AV	0,01	1,85	0,63	0,15	0,01	0,03	0,15	0,06	0,23	0,02	0,14
7AV	0,07	1,16	0,63	0,14	0,01	0,04	0,11	0,35	0,23	0,04	0,24
8AV	0,01	2,01	0,63	8,92	0,01	0,06	0,28	0,23	0,23	0,02	0,54
1AX	0,00	0,56	12,56	0,07	0,01	0,01	0,04	0,04	0,23	0,00	0,03
2AX	0,01	1,91	0,63	0,12	0,06	0,09	0,02	0,20	0,23	0,05	0,35
3AX	0,00	0,28	0,63	0,10	0,01	0,02	0,05	0,10	0,23	0,01	0,05
4AX	0,01	1,84	0,63	0,17	0,01	0,17	0,20	0,37	0,23	0,02	0,21
5AX	0,00	0,56	0,63	0,12	0,01	0,01	0,04	0,10	0,23	0,01	0,06
6AX	0,01	3,30	0,63	0,35	0,02	0,09	0,23	0,07	0,23	0,02	0,18
7AX	0,01	1,26	0,63	0,28	0,01	0,01	0,07	0,44	0,23	0,02	0,09
8AX	0,01	5,40	0,63	0,37	0,07	0,06	0,32	0,25	0,23	0,04	0,38
1AZ	0,00	0,18	1,98	0,11	0,15	0,01	0,03	0,05	0,11	0,01	0,07
2AZ	0,04	0,81	1,72	0,42	0,18	0,03	0,06	0,12	0,11	0,02	0,15
3AZ	0,00	0,15	1,73	0,08	0,11	0,00	0,01	0,06	0,11	0,01	0,04
4AZ	0,01	0,37	1,67	0,10	0,09	0,04	0,05	0,09	0,11	0,01	0,14
5AZ	0,01	1,43	14,13	2,02	0,16	0,02	0,24	0,22	0,11	0,03	0,18
6AZ	0,00	0,63	1,86	0,21	0,11	0,02	0,03	0,08	0,12	0,01	0,07
7AZ	0,01	0,45	2,31	0,25	0,13	0,01	0,04	0,27	0,14	0,02	0,10
8AZ	0,02	1,18	7,13	1,32	0,14	0,07	0,16	0,19	0,11	0,01	0,27

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.48: Apresentam-se os Índices de contaminação (IC), ou Fatores de contaminação (CF), obtidos a partir da concentração dos elementos químicos do estudo nos sedimentos superficiais de fundo, resultado da razão entre a concentração do elemento nos sedimentos e o referencial das concentrações medias encontradas nos folhelhos do planeta.). A coloração verde significa baixa acumulação, a coloração laranja significa atenção a acumulação e a coloração vermelha indica uma situação de acumulação.

Folhelho Med.Ref.	(%) 8,8	13 ppm	0,22 ppm	23 ppm	39 ppm	90 ppm	(%) 4,8	850 ppm	0,18 ppm	68 ppm	120 ppm
Metais Totais	ICFolheMedAl	ICFolheMedAs	ICFolheMedCd	ICFolheMedPb	ICFolheMedCu	ICFolheMedCr	ICFolheMedFe	ICFolheMedMn	ICFolheMedHg	ICFolheMedNi	ICFolheMedZn
1AU	0,01	0,08	0,45	0,06	0,02	0,01	0,06	0,08	0,11	0,01	0,03
2AU	0,15	0,46	0,45	0,24	0,67	0,20	0,35	0,19	0,28	0,22	0,50
3AU	0,01	0,09	0,45	0,11	0,03	0,01	0,06	0,19	0,11	0,01	0,04
4AU	0,04	0,26	0,45	0,10	0,08	0,14	0,31	0,23	0,11	0,07	0,20
5AU	0,01	0,15	0,45	0,07	0,04	0,02	0,08	0,25	0,11	0,02	0,07
6AU	0,04	0,13	0,45	0,10	0,06	0,03	0,17	0,05	0,11	0,05	0,12
7AU	0,04	0,14	0,45	0,13	0,03	0,03	0,09	0,32	0,11	0,03	0,09
8AU	0,08	0,38	0,45	0,16	0,20	0,10	0,39	0,37	0,11	0,07	0,99
1AV	0,06	0,19	0,45	0,12	0,02	0,04	0,15	0,62	0,11	0,03	0,09
2AV	0,17	0,27	0,45	0,02	0,15	0,18	0,44	0,38	0,11	0,14	0,29
3AV	0,01	0,12	0,45	0,08	0,02	0,01	0,08	0,14	0,11	0,01	0,06
4AV	0,02	0,11	0,45	0,10	0,02	0,07	0,11	0,18	0,11	0,02	0,11
5AV	0,01	0,08	0,45	0,09	0,04	0,02	0,09	0,27	0,11	0,02	0,10
6AV	0,01	0,26	0,45	0,09	0,02	0,04	0,19	0,08	0,11	0,04	0,09
7AV	0,07	0,16	0,45	0,08	0,02	0,05	0,14	0,43	0,11	0,05	0,15
8AV	0,01	0,28	0,45	5,04	0,02	0,08	0,36	0,29	0,11	0,03	0,34
1AX	0,00	0,08	9,14	0,04	0,02	0,02	0,06	0,05	0,11	0,01	0,02
2AX	0,01	0,26	0,45	0,07	0,11	0,12	0,02	0,24	0,11	0,07	0,22
3AX	0,00	0,04	0,45	0,05	0,02	0,02	0,06	0,13	0,11	0,01	0,03
4AX	0,01	0,25	0,45	0,10	0,02	0,24	0,26	0,46	0,11	0,03	0,13
5AX	0,00	0,08	0,45	0,07	0,02	0,02	0,05	0,12	0,11	0,01	0,04
6AX	0,01	0,46	0,45	0,20	0,04	0,12	0,30	0,09	0,11	0,03	0,11
7AX	0,01	0,17	0,45	0,16	0,02	0,02	0,09	0,55	0,11	0,03	0,06
8AX	0,01	0,75	0,45	0,21	0,12	0,08	0,41	0,31	0,11	0,06	0,24
1AZ	0,00	0,02	1,44	0,06	0,27	0,01	0,03	0,06	0,05	0,01	0,05
2AZ	0,04	0,11	1,25	0,24	0,31	0,04	0,08	0,15	0,05	0,03	0,10
3AZ	0,00	0,02	1,25	0,04	0,19	0,00	0,02	0,07	0,05	0,01	0,03
4AZ	0,00	0,05	1,21	0,06	0,16	0,05	0,06	0,11	0,05	0,02	0,09
5AZ	0,01	0,20	10,27	1,14	0,27	0,03	0,31	0,27	0,05	0,04	0,12
6AZ	0,00	0,09	1,35	0,12	0,19	0,02	0,03	0,09	0,06	0,01	0,04
7AZ	0,01	0,06	1,68	0,14	0,23	0,01	0,05	0,33	0,07	0,02	0,06
8AZ	0,02	0,16	5,18	0,75	0,24	0,10	0,21	0,24	0,05	0,02	0,17

Índice de Carga de Poluição (PLI)

O PLI faz uma avaliação generalizada do nível de contaminação dos sedimentos. O PLI é obtido usando a abordagem de Tomlinson (1980) da seguinte maneira:

$$PLI = [CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times \ldots\ldots \times CF_n]^{1/n}$$

Onde:

CF = fator de contaminação; e

n = número de metais.

O valor de PLI > 1 a área é considerada poluída quando PLI <1 indica que a poluição não está presente.

Essa questão da Poluição ou não deve ser tratada com muito cuidado, e a nossa abordagem é de que a contaminação é dada pelos "Benchmarks", maior que 1, e quando a poluição está instalada, existem eventos de mortalidade de organismos aquáticos, o que ainda não foi o caso.

Nas Tabelas 4.3.49 até 4.3.52 apresentam-se os resultados obtidos para este índice.

Tabela 4.3.49: Resultado dos cálculos do Índice de Poluição (PLI), para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando como referencial os valores TEC. AU é a campanha de primavera de 2020, AV é a campanha de verão de 2021, e AX é a campanha de outono de 2021 e AZ é a campanha de inverno de 2021.

Estações	Unidades Amostrais			
Amostrais	PLI-TEC-AU	PLI-TEC-AV	PLI-TEC-AX	PLI-TEC-AZ
1	0,06	0,12	0,07	0,07
2	0,39	0,22	0,15	0,15
3	0,08	0,07	0,06	0,05
4	0,20	0,11	0,16	0,10
5	0,10	0,10	0,06	0,28
6	0,12	0,11	0,16	0,09
7	0,12	0,13	0,11	0,11
8	0,29	0,24	0,25	0,24

Tabela 4.3.50: Resultado dos cálculos do Índice de Poluição (PLI), para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando como referencial os valores LEL. AU é a campanha de primavera de 2020, AV é a campanha de verão de 2021, e AX é a campanha de outono de 2021 e AZ é a campanha de inverno de 2021.

Estações	Unidades Amostrais			
Amostrais	PLI-LEL-AU	PLI-LEL-AV	PLI-LEL-AX	PLI-LEL-AZ
1	0,08	0,16	0,09	0,09
2	0,51	0,28	0,20	0,19
3	0,10	0,09	0,08	0,06
4	0,26	0,14	0,21	0,13
5	0,13	0,13	0,08	0,36
6	0,15	0,14	0,21	0,11
7	0,15	0,17	0,14	0,15
8	0,38	0,31	0,32	0,32

Tabela 4.3.51: Resultado dos cálculos do Índice de Poluição (PLI), para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando como referencial os valores ERL. AU é a campanha de primavera de 2020, AV é a campanha de verão de 2021, e AX é a campanha de outono de 2021 e AZ é a campanha de inverno de 2021.

Estações	Unidades Amostrais			
Amostrais	PLI-ERL-AU	PLI-ERL-AV	PLI-ERL-AX	PLI-ERL-AZ
1	0,04	0,07	0,05	0,06
2	0,32	0,14	0,14	0,12
3	0,05	0,05	0,04	0,04
4	0,14	0,07	0,10	0,08
5	0,07	0,07	0,05	0,21
6	0,09	0,08	0,12	0,07
7	0,08	0,08	0,07	0,08
8	0,20	0,16	0,17	0,19

Tabela 4.3.52: Resultado dos cálculos do Índice de Poluição (PLI), para os sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, utilizando como referencial os valores TEL. AU é a campanha de primavera de 2020, AV é a campanha de verão de 2021, e AX é a campanha de outono de 2021 e AZ é a campanha de inverno de 2021.

Estações	Unidades Amostrais			
Amostrais	PLI-TEL-AU	PLI TEL-AV	PLI TEL-AX	PLI-TEL-AZ
1AU	0,06	0,11	0,07	0,08
2AU	0,46	0,20	0,19	0,17
3AU	0,07	0,07	0,06	0,06
4AU	0,19	0,10	0,14	0,11
5AU	0,10	0,10	0,06	0,29
6AU	0,13	0,11	0,17	0,10
7AU	0,11	0,12	0,09	0,12
8AU	0,28	0,23	0,24	0,26

Índice de Geoacumulação (IGEO)

Índice de geoacumulação foi originalmente definido por Muller em 1969, com o objetivo de definir e determinar a contaminação por metal em sedimentos, comparando os níveis de metal obtidos para um nível de base originalmente usado com sedimentos de fundo. É calculado usando a Equação.

O Igeo permite a avaliação da contaminação comparando as concentrações atuais de metais pesados e as concentrações pré-industriais originais nos solos. É calculado pela seguinte equação de Muller (1969):

$$\text{Igeo} = Log_2 \frac{[Cn]}{[1.5Bn]}$$

Onde:
Cn = concentração medida do metal e
Bn = valores de "background".

A constante 1,5 é introduzida para minimizar as variações de efeito nas concentrações de "background" fundo que podem ser atribuídas a diferenças litológicas.

O índice de geoacumulação (Igeo) foi distinguido em sete classes por Müller:

Igeo≤0, classe 0, não poluído;
0 <Igeo≤1, classe 1, de não poluído a moderadamente poluído;
1 <Igeo≤2, classe 2, moderadamente poluído;
2 <Igeo≤3, classe 3, de moderada a fortemente poluída;
3 <Igeo≤4, classe 4, fortemente poluído;
4 <Igeo≤5, classe 5, de fortemente a extremamente poluído; e
Igeo> 5, classe 6, extremamente poluído.

Além de usar o nível de base originalmente concebido por Muller, utilizaram-se também como nível de base, os backgrounds estabelecidos como linha base de avaliação neste relatório.

Os resultados estão expressos nas Figuras 4.3.2 a 4.3.12, foram calculados para cada um dos onze elementos do estudo, utilizando como "backgrounds" todos aqueles apresentados na Tabela 4.3.3. O Arsênio, e o Cádmio, Chumbo e o Zinco presentaram valores entre 0 e 1, classificando alguns locais como de não poluído a moderadamente poluído, e maiores que a unidade, classificando locais como poluídos. Evidentemente que esta classificação é mediante a aplicação do índice de geoacumulação, e o termo poluído é estabelecido frente a referenciais da geologia ortodoxa e não de valores que correspondam a reação dos organismos.

Figura 4.3.2: Diagrama de dispersão plotado com os índices de geoacumulação calculados para cada uma das oito estações amostrais, perfazendo um total de 4 medidas das taxas de metais em cada uma delas, representando AU-campanha amostral de primavera de 2020, AV-campanha amostral de verão de 2021, AX-campanha amostral de outono de 2021, e AZ-campanha amostral de inverno de 2021. Salienta-se que as estações estão na sequencia no eixo x, do gráfico, isto é 1AU, 2AU, 3AU, 4AU, 5AU, 6AU,7AU, 8AU, segue a sequência 1AV, 2AV, 3AV,4AV....8AV, seguindo 1AX, 2AX....8AX e na sequência 1AZ, 2AZ, 3 AZ.....8AZ, perfazendo um total de 32 unidades amostrais, isto é oito unidades amostrais em 4 campanhas.

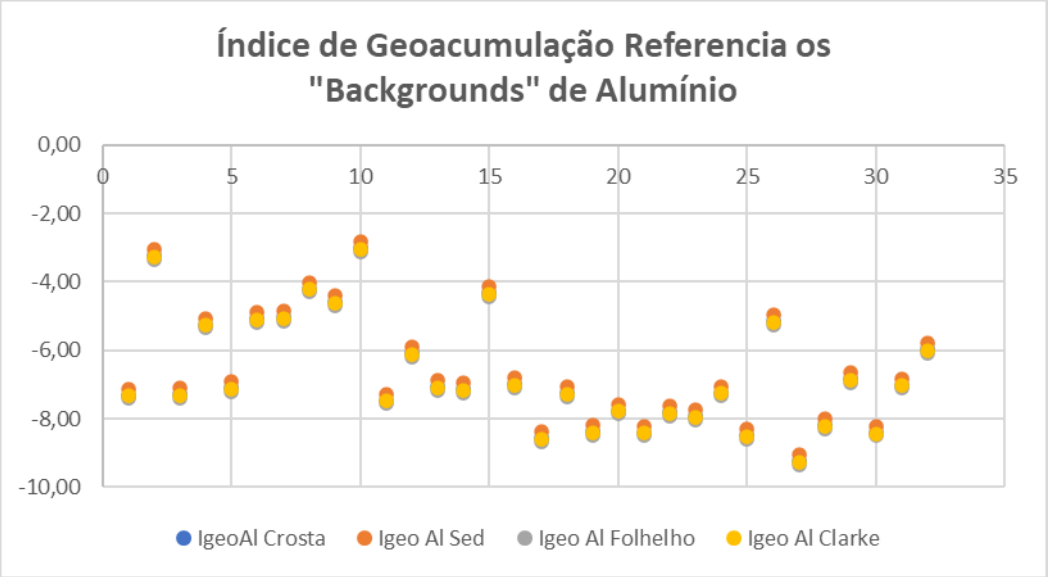


Figura 4.3.3: Diagrama de dispersão plotado com os índices de geoacumulação calculados para cada uma das oito estações amostrais, perfazendo um total de 4 medidas das taxas de metais em cada uma delas, representando AU-campanha amostral de primavera de 2020, AV-campanha amostral de verão de 2021, AX-campanha amostral de outono de 2021, e AZ-campanha amostral de inverno de 2021. Salienta-se que as estações estão na sequencia no eixo x, do gráfico, isto é 1AU, 2AU, 3AU, 4AU, 5AU, 6AU,7AU, 8AU, segue a sequência 1AV, 2AV, 3AV,4AV....8AV, seguindo 1AX, 2AX....8AX e na sequência 1AZ, 2AZ, 3 AZ.....8AZ, perfazendo um total de 32 unidades amostrais, isto é oito unidades amostrais em 4 campanhas.

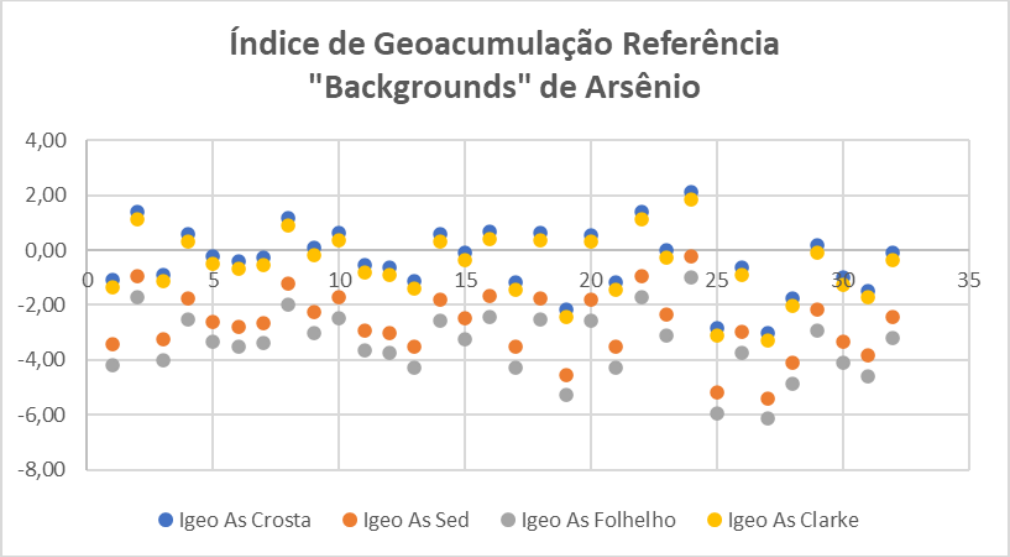


Figura 4.3.4: Diagrama de dispersão plotado com os índices de geoacumulação calculados para cada uma das oito estações amostrais, perfazendo um total de 4 medidas das taxas de metais em cada uma delas, representando AU-campanha amostral de primavera de 2020, AV-campanha amostral de verão de 2021, AX-campanha amostral de outono de 2021, e AZ-campanha amostral de inverno de 2021. Salienta-se que as estações estão na sequencia no eixo x, do gráfico, isto é 1AU, 2AU, 3AU, 4AU, 5AU, 6AU,7AU, 8AU, segue a sequência 1AV, 2AV, 3AV,4AV....8AV, seguindo 1AX, 2AX....8AX e na sequência 1AZ, 2AZ, 3 AZ.....8AZ, perfazendo um total de 32 unidades amostrais, isto é oito unidades amostrais em 4 campanhas.

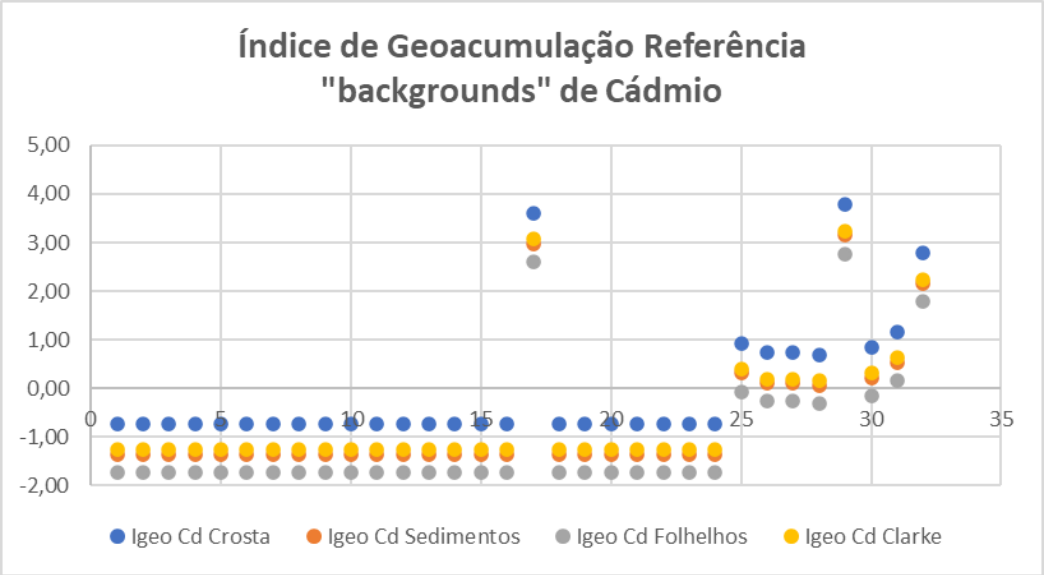


Figura 4.3.5: Diagrama de dispersão plotado com os índices de geoacumulação calculados para cada uma das oito estações amostrais, perfazendo um total de 4 medidas das taxas de metais em cada uma delas, representando AU-campanha amostral de primavera de 2020, AV-campanha amostral de verão de 2021, AX-campanha amostral de outono de 2021, e AZ-campanha amostral de inverno de 2021. Salienta-se que as estações estão na sequencia no eixo x, do gráfico, isto é 1AU, 2AU, 3AU, 4AU, 5AU, 6AU,7AU, 8AU, segue a sequência 1AV, 2AV, 3AV,4AV....8AV, seguindo 1AX, 2AX....8AX e na sequência 1AZ, 2AZ, 3 AZ.....8AZ, perfazendo um total de 32 unidades amostrais, isto é oito unidades amostrais em 4 campanhas.

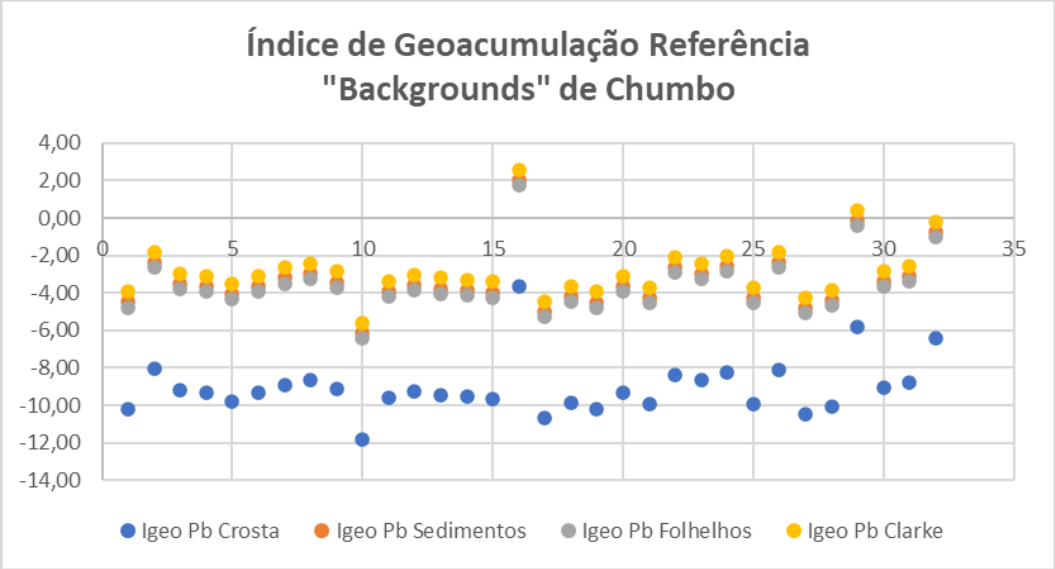


Figura 4.3.6: Diagrama de dispersão plotado com os índices de geoacumulação calculados para cada uma das oito estações amostrais, perfazendo um total de 4 medidas das taxas de metais em cada uma delas, representando AU-campanha amostral de primavera de 2020, AV-campanha amostral de verão de 2021, AX-campanha amostral de outono de 2021, e AZ-campanha amostral de inverno de 2021. Salienta-se que as estações estão na sequencia no eixo x, do gráfico, isto é 1AU, 2AU, 3AU, 4AU, 5AU, 6AU,7AU, 8AU, segue a sequência 1AV, 2AV, 3AV,4AV....8AV, seguindo 1AX, 2AX....8AX e na sequência 1AZ, 2AZ, 3 AZ.....8AZ, perfazendo um total de 32 unidades amostrais, isto é oito unidades amostrais em 4 campanhas.

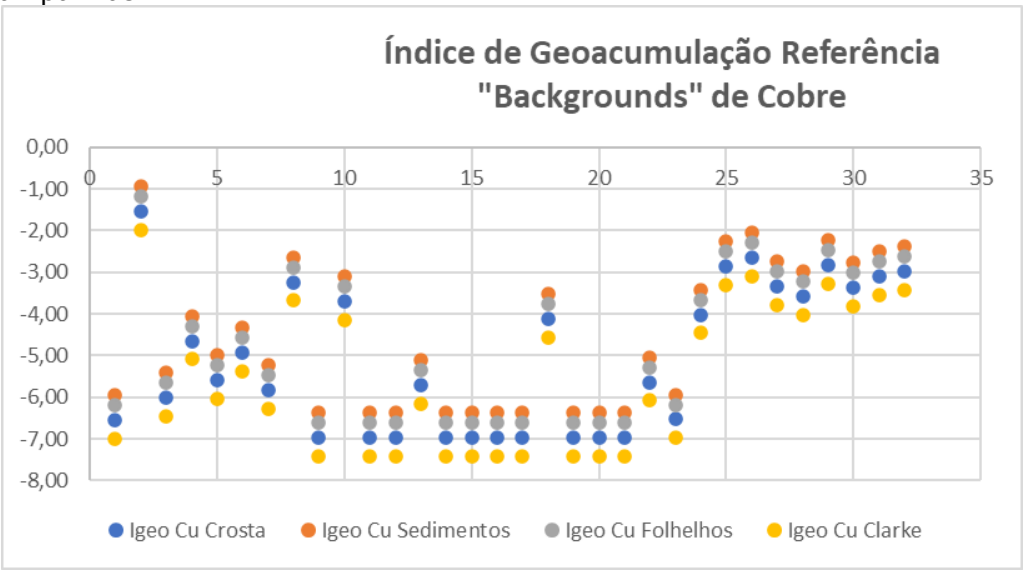


Figura 4.3.7: Diagrama de dispersão plotado com os índices de geoacumulação calculados para cada uma das oito estações amostrais, perfazendo um total de 4 medidas das taxas de metais em cada uma delas, representando AU-campanha amostral de primavera de 2020, AV-campanha amostral de verão de 2021, AX-campanha amostral de outono de 2021, e AZ-campanha amostral de inverno de 2021. Salienta-se que as estações estão na sequencia no eixo x, do gráfico, isto é 1AU, 2AU, 3AU, 4AU, 5AU, 6AU,7AU, 8AU, segue a sequência 1AV, 2AV, 3AV,4AV....8AV, seguindo 1AX, 2AX....8AX e na sequência 1AZ, 2AZ, 3 AZ.....8AZ, perfazendo um total de 32 unidades amostrais, isto é oito unidades amostrais em 4 campanhas.

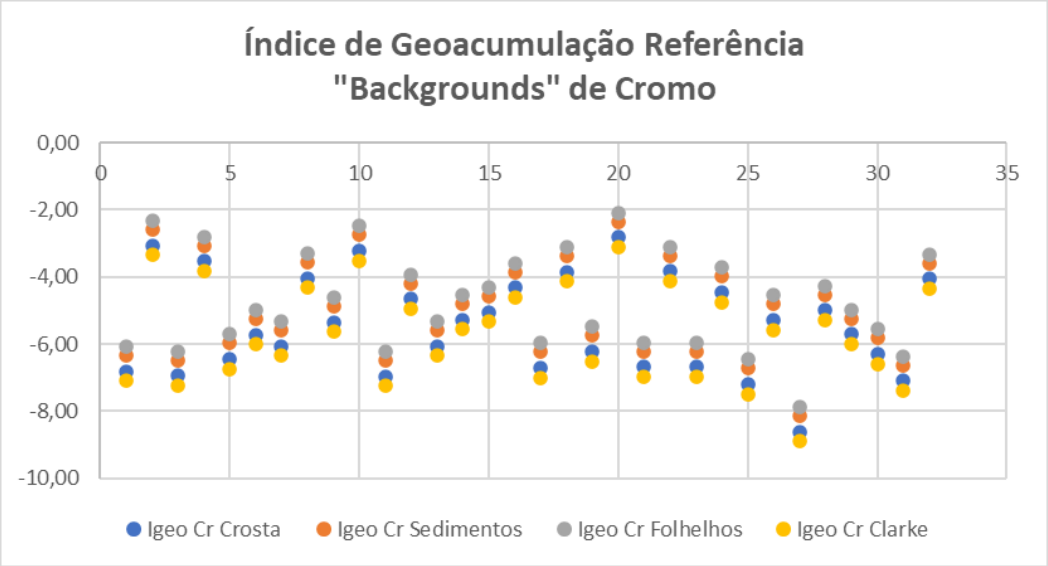


Figura 4.3.8: Diagrama de dispersão plotado com os índices de geoacumulação calculados para cada uma das oito estações amostrais, perfazendo um total de 4 medidas das taxas de metais em cada uma delas, representando AU-campanha amostral de primavera de 2020, AV-campanha amostral de verão de 2021, AX-campanha amostral de outono de 2021, e AZ-campanha amostral de inverno de 2021. Salienta-se que as estações estão na sequencia no eixo x, do gráfico, isto é 1AU, 2AU, 3AU, 4AU, 5AU, 6AU,7AU, 8AU, segue a sequência 1AV, 2AV, 3AV,4AV....8AV, seguindo 1AX, 2AX....8AX e na sequência 1AZ, 2AZ, 3 AZ.....8AZ, perfazendo um total de 32 unidades amostrais, isto é oito unidades amostrais em 4 campanhas.

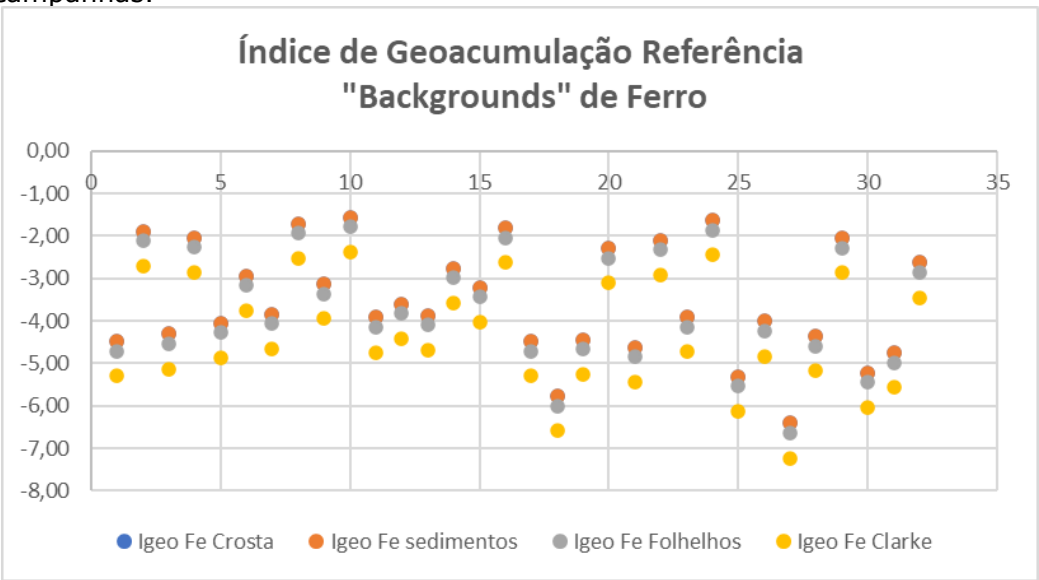


Figura 4.3.9: Diagrama de dispersão plotado com os índices de geoacumulação calculados para cada uma das oito estações amostrais, perfazendo um total de 4 medidas das taxas de metais em cada uma delas, representando AU-campanha amostral de primavera de 2020, AV-campanha amostral de verão de 2021, AX-campanha amostral de outono de 2021, e AZ-campanha amostral de inverno de 2021. Salienta-se que as estações estão na sequencia no eixo x, do gráfico, isto é 1AU, 2AU, 3AU, 4AU, 5AU, 6AU,7AU, 8AU, segue a sequência 1AV, 2AV, 3AV,4AV....8AV, seguindo 1AX, 2AX....8AX e na sequência 1AZ, 2AZ, 3 AZ.....8AZ, perfazendo um total de 32 unidades amostrais, isto é oito unidades amostrais em 4 campanhas.

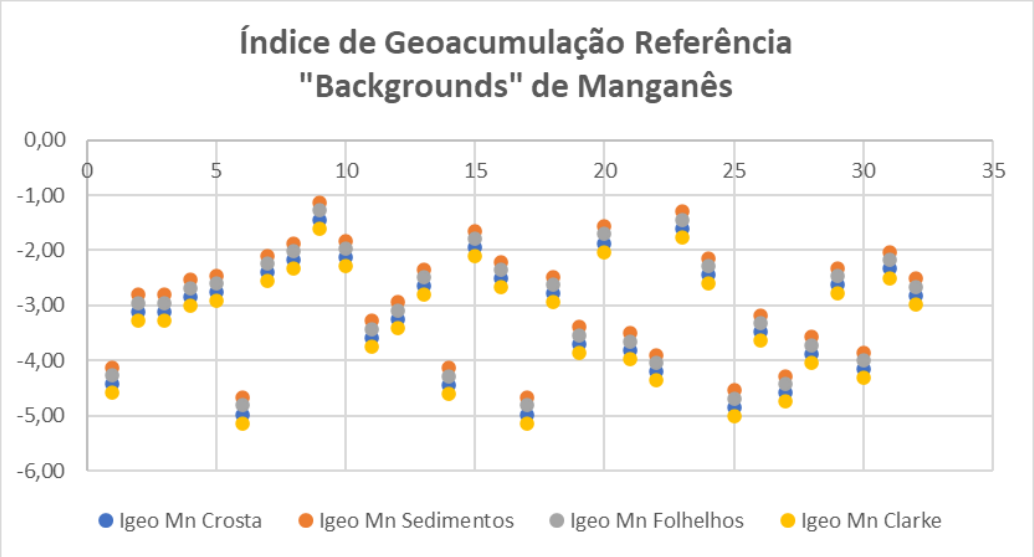


Figura 4.3.10: Diagrama de dispersão plotado com os índices de geoacumulação calculados para cada uma das oito estações amostrais, perfazendo um total de 4 medidas das taxas de metais em cada uma delas, representando AU-campanha amostral de primavera de 2020, AV-campanha amostral de verão de 2021, AX-campanha amostral de outono de 2021, e AZ-campanha amostral de inverno de 2021. Salienta-se que as estações estão na sequencia no eixo x, do gráfico, isto é 1AU, 2AU, 3AU, 4AU, 5AU, 6AU,7AU, 8AU, segue a sequência 1AV, 2AV, 3AV,4AV....8AV, seguindo 1AX, 2AX....8AX e na sequência 1AZ, 2AZ, 3 AZ.....8AZ, perfazendo um total de 32 unidades amostrais, isto é oito unidades amostrais em 4 campanhas.

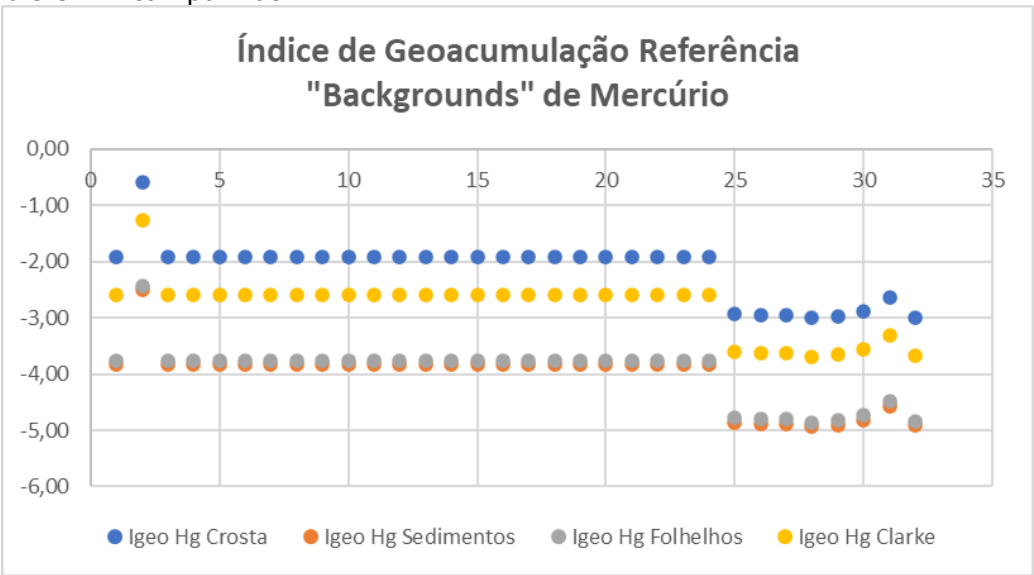


Figura 4.3.11: Diagrama de dispersão plotado com os índices de geoacumulação calculados para cada uma das oito estações amostrais, perfazendo um total de 4 medidas das taxas de metais em cada uma delas, representando AU-campanha amostral de primavera de 2020, AV-campanha amostral de verão de 2021, AX-campanha amostral de outono de 2021, e AZ-campanha amostral de inverno de 2021. Salienta-se que as estações estão na sequencia no eixo x, do gráfico, isto é 1AU, 2AU, 3AU, 4AU, 5AU, 6AU,7AU, 8AU, segue a sequência 1AV, 2AV, 3AV,4AV....8AV, seguindo 1AX, 2AX....8AX e na sequência 1AZ, 2AZ, 3 AZ.....8AZ, perfazendo um total de 32 unidades amostrais, isto é oito unidades amostrais em 4 campanhas.

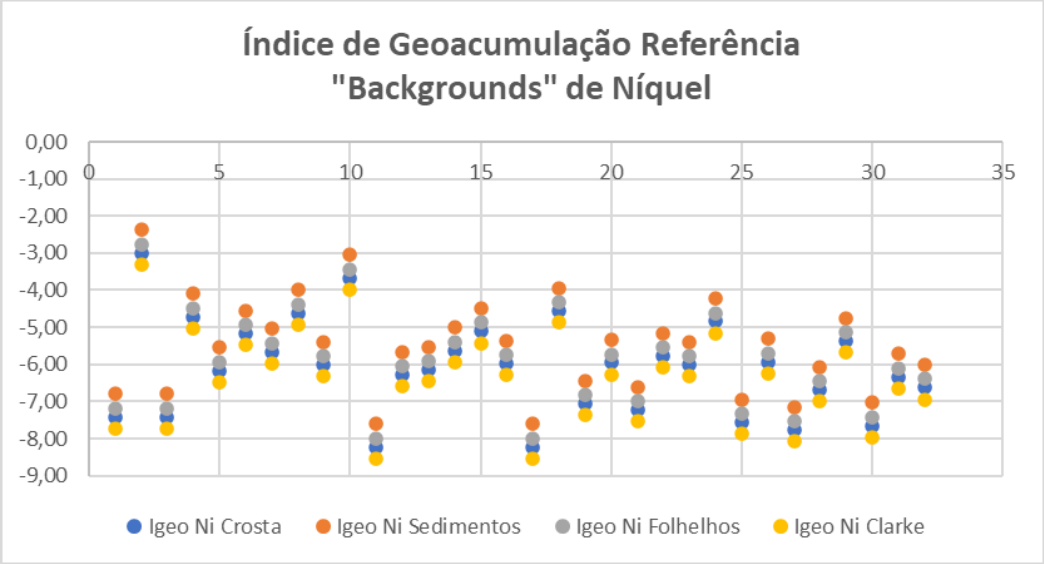
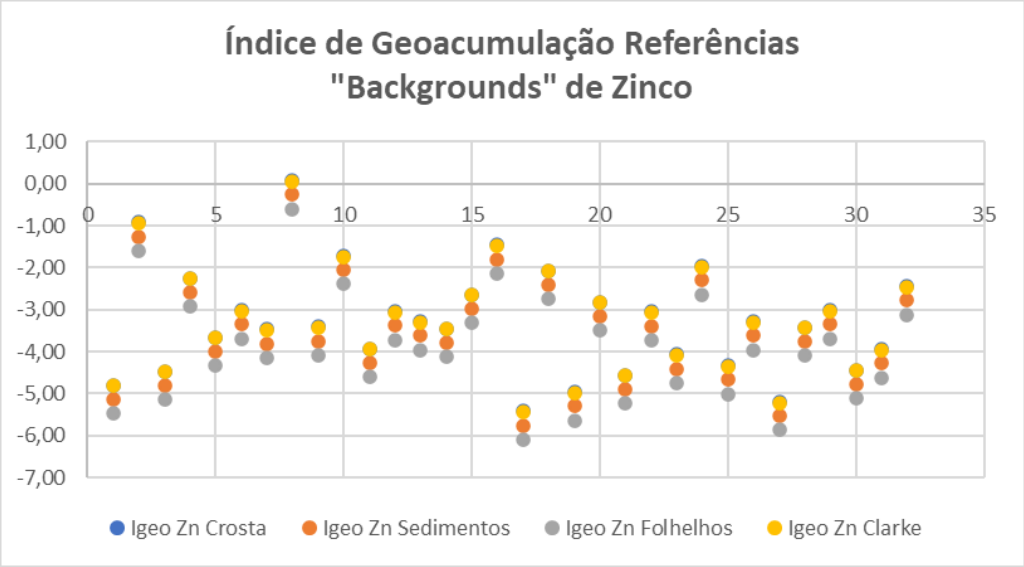


Figura 4.3.12: Diagrama de dispersão plotado com os índices de geoacumulação calculados para cada uma das oito estações amostrais, perfazendo um total de 4 medidas das taxas de metais em cada uma delas, representando AU-campanha amostral de primavera de 2020, AV-campanha amostral de verão de 2021, AX-campanha amostral de outono de 2021, e AZ-campanha amostral de inverno de 2021. Salienta-se que as estações estão na sequencia no eixo x, do gráfico, isto é 1AU, 2AU, 3AU, 4AU, 5AU, 6AU,7AU, 8AU, segue a sequência 1AV, 2AV, 3AV,4AV....8AV, seguindo 1AX, 2AX....8AX e na sequência 1AZ, 2AZ, 3 AZ.....8AZ, perfazendo um total de 32 unidades amostrais, isto é oito unidades amostrais em 4 campanhas.



Grau de Contaminação Modificado (MCD)

Hakanson (1980) propôs um indicador geral de contaminação com base na integração de dados para uma série de sete metais pesados específicos e o poluente orgânico PCB. Este método é baseado no cálculo de cada poluente de um fator de contaminação (Cf). No entanto, o Cf requer que pelo menos cinco amostras de sedimentos superficiais são calculadas em média para produzir uma concentração média de poluente que é então comparada a uma linha de base primitiva nível de referência, de acordo com a seguinte equação:

$$C_f = M_x \ / \ M_b$$

Onde:

Mx e Mb, respectivamente, se referem à concentração média de um contaminante nos sedimentos e os valores de nível de base usados ”backgrounds”.

O estudo de Hakanson (1980) analisou sete metais pesados (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Pb, Zn) e o poluente orgânico PCB e, portanto, considera oito possíveis medidas de contaminação. O estudo de Hakanson também propôs que a soma numérica dos oito fatores de contaminação específicos expressos no geral grau (Hakanson 1980) de contaminação de sedimentos (Cd) usando a seguinte fórmula:

$$C_d = \sum_{i=1}^{8} C_f^i$$

O Cd calculado é, portanto, definido como o somatório da Cf para as oito espécies de contaminantes especificadas por Hakanson (1980). O Cd (grau de contaminação) visa fornecer uma medida do grau de contaminação geral em camadas superficiais em um determinado local de amostragem.

No entanto, as terminologias de classificação de Hakanson (1980) e a fórmula de cálculo é baseada e foi criada com a restrição aos sete metais mais PCB especificados no seu estudo. Além disso, todas as oito espécies devem ser analisadas a fim de calcular o grau de contaminação correto para os intervalos de classes criados por Hakanson (1980).

Buscou-se uma melhor alternativa para calcular este índice utilizando o Grau de contaminação modificado (mCd), para ultrapassar as limitações acima e, portanto, utilizou-se a modificação introduzida por Abrahim (2005) apresentou uma forma modificada e generalizada da Equação de Hakanson (1980) para o cálculo da grau geral de contaminação em uma determinada amostra ou local de estudo como segue.

A fórmula modificada é generalizada definindo o grau de contaminação (mCd) como a soma de quantidades de possíveis contaminantes e ou poluentes incluindo os metais de forma mais abrangente e também poluentes orgânicos que possam estar presentes na área de estudo. Para a classificação e descrição do grau modificado de contaminação (mCd) em sedimentos as seguintes gradações são propostas:

mCD < 1,5 Nulo a grau muito baixo de contaminação;
mCD entre 1,5 a 2,0 Baixo grau de contaminação;
mCD entre 2,0 a 4,0 Moderado grau de contaminação;
mCD entre 4,0 a 8,0 Alto grau de contaminação;
mCD entre 8,0 e 16,0 Muito alto grau de contaminação;
mCD entre 16,0 a 32,0 Extremamente alto grau de contaminação;
mCD maior oi = a 32,00 Ultra alto grau de contaminação.

O mCD é uma avaliação empírica do grau geral de contaminação por poluentes em uma área.

O "mCD" foi calculado conforme definido por Hakanson (1980) e modificado por Abrahim e Parker (2008) da seguinte maneira:

$$mCD = \frac{\sum_{i=1}^{n} Cf_i}{n}$$

Onde:
Cfi = fator de contaminação,
n = número de metais analisados

Tabela 4.3.53: Grau de contaminação calculado com base no nível de base "benchmark", TEC, LEL, ERL, TEL.

Campanhas	TEC	LEL	ERL	TEL
Metais Totais	Grau de Contam	Grau de Contam	Grau de Contam	Grau de Contam
1AU	0,08	0,09	0,05	0,06
2AU	0,47	0,65	0,34	0,47
3AU	0,11	0,13	0,05	0,07
4AU	0,26	0,33	0,13	0,17
5AU	0,13	0,16	0,07	0,09
6AU	0,13	0,17	0,08	0,11
7AU	0,16	0,19	0,08	0,10
8AU	0,41	0,50	0,23	0,30
1AV	0,23	0,26	0,08	0,10
2AV	0,36	0,45	0,17	0,23
3AV	0,10	0,12	0,05	0,07
4AV	0,13	0,16	0,07	0,09
5AV	0,13	0,16	0,06	0,08
6AV	0,15	0,19	0,09	0,12
7AV	0,20	0,24	0,09	0,11
8AV	0,58	0,68	0,36	0,53
1AX	0,26	0,40	0,20	0,34
2AX	0,19	0,26	0,14	0,18
3AX	0,08	0,10	0,04	0,06
4AX	0,28	0,35	0,12	0,15
5AX	0,08	0,10	0,05	0,06
6AX	0,23	0,30	0,14	0,18
7AX	0,20	0,23	0,08	0,10
8AX	0,36	0,47	0,21	0,27
1AZ	0,11	0,16	0,08	0,13
2AZ	0,17	0,25	0,12	0,18
3AZ	0,08	0,13	0,06	0,10
4AZ	0,12	0,17	0,08	0,12
5AZ	0,52	0,74	0,34	0,55
6AZ	0,11	0,17	0,08	0,13
7AZ	0,18	0,24	0,10	0,15
8AZ	0,36	0,50	0,22	0,35

Tabela 4.3.54: Grau de contaminação calculado com base no nível de base "background", crosta terrestre, sedimentos do planeta, Clarke geoquímico e composição médias dos folhelhos.

Campanhas	Crosta	SED	Clarke	Folhelho
Metais Totais	Grau de Contam	Grau de Contam	Grau de Contam	Grau de Contam
1AU	0,24	0,12	0,17	0,09
2AU	0,87	0,47	0,70	0,37
3AU	0,27	0,14	0,20	0,11
4AU	0,49	0,25	0,39	0,20
5AU	0,32	0,16	0,25	0,13
6AU	0,32	0,17	0,25	0,13
7AU	0,34	0,18	0,27	0,15
8AU	0,77	0,42	0,64	0,33
1AV	0,41	0,23	0,33	0,19
2AV	0,56	0,33	0,44	0,26
3AV	0,28	0,14	0,22	0,11
4AV	0,30	0,16	0,23	0,13
5AV	0,27	0,16	0,21	0,13
6AV	0,42	0,18	0,33	0,14
7AV	0,38	0,21	0,30	0,17
8AV	**1,34**	0,86	**1,29**	0,70
1AX	**1,96**	**1,23**	**1,36**	**0,95**
2AX	0,46	0,22	0,37	0,17
3AX	0,20	0,11	0,15	0,09
4AX	0,49	0,26	0,39	0,21
5AX	0,24	0,12	0,18	0,10
6AX	0,64	0,25	0,51	0,19
7AX	0,38	0,20	0,30	0,17
8AX	0,95	0,37	0,78	0,28
1AZ	0,38	0,25	0,27	0,20
2AZ	0,48	0,30	0,37	0,24
3AZ	0,32	0,21	0,23	0,17
4AZ	0,37	0,24	0,27	0,19
5AZ	**2,54**	**1,63**	**1,85**	**1,27**
6AZ	0,42	0,26	0,31	0,20
7AZ	0,50	0,33	0,37	0,27
8AZ	**1,42**	0,91	**1,06**	0,71

Análises Multivariadas

As técnicas exploratórias da Estatística Multivariada são adequadas de serem aplicadas uma vez que se busca dentro da vigilância ambiental situações nas quais muitas variáveis são analisadas de maneira simultânea em cada unidade amostral. Estas técnicas visaram simplificar a estrutura da variabilidade dos dados que, em geral, são correlacionados entre si, sem, no entanto, perder a informação original dos mesmos.

Na execução deste estudo, a estatística multivariada foi utilizada:
- Análise dos Componentes Principais;
- Análise de Agrupamento Hierárquico;
- Correlação de Pearson,

para o entendimento integrado dos dados.

Identificar a relação entre metais em sedimentos superficiais de fundo de calha fluvial e suas possíveis fontes, a análise do coeficiente de correlação de Pearson, análise de componentes principais (PCA) e análise de cluster (CA) foram realizadas usando o pacote de software de estatísticas comercial SPSS versão 10.0 para Windows. As medidas do coeficiente de correlação, estabeleceu no cálculo a força da inter-relação entre dois metais.

PCA, utilizado para reduzir dados e extrair um número menor fatores independentes (componentes principais) para analisar relações entre variáveis observadas, começa com a correlação matriz que descreve a dispersão das variáveis originais e extrai os autovalores e autovetores. Um vetor próprio é uma lista de coeficientes multiplicando o original correlacionado a variáveis para obter novos componentes principais não correlacionados (ortogonais), que são combinações lineares ponderadas das variáveis originais. O PCA reduz o número de variáveis correlacionadas para um conjunto menor de fatores ortogonais, facilitando a interpretação de um determinado sistema multidimensional, exibindo as correlações entre as variáveis originais.

Os componentes principais são aqueles cujos valores próprios excedam a 1.

A análise de cluster classificou o conjunto de observações em vários grupos mutuamente desconhecidos, exclusivos, com base em uma combinação de variáveis internas. A CA geralmente é acoplada ao PCA para verificar os resultados e agrupar parâmetros e variáveis individuais. O objetivo de utilizar a CA foi de descobrir um sistema de organização de observações em que vários grupos / variáveis compartilham propriedades observadas. Um dendrograma foi o método usados para resumir o cluster hierárquico, e apresentar a classificação das observações, não somente das variáveis do estudo, mas dos locais estudados.

Os coeficientes de correlação de Pearson para metais nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota são apresentados na Tabela 4.3.55.

Relações entre elementos fornecem informações interessantes sobre as fontes e vias dos metais do estudo. Uma correlação significativamente positiva em P <0,01, e em P<0,09, foram encontradas entre os pares elementares.

Tabela 4.3.55: Matriz de correlação apresentando os coeficientes de correlação, marcados com asteriscos, com significância, entre as variáveis, considerando os elementos químicos do estudo. Os dados foram analisados em conjunto, campanhas AU (primavera de 2020), AV (verão de 2021), AX (outono de 2021) e AZ (inverno de 2021).

					Correlações						
Pearson	**Altot**	**Astot**	**Cdtot**	**Pbtot**	**Cutot**	**Crtot**	**Fetot**	**Mntot**	**Hgtot**	**Nitot**	**Zntot**
Altot	1										
Astot	**,477****	1									
Cdtot	-0,189	-0,172	1								
Pbtot	0,104	**,360***	0,284	1							
Cutot	0,242	0,086	0,279	0,168	1						
Crtot	**,546****	**,755****	-0,161	0,24	0,193	1					
Fetot	**,602****	**,800****	-0,02	**,461****	0,032	**,720****	1				
Mntot	**,471****	**,444***	-0,181	0,273	-0,053	**,398***	**,429***	1			
Hgtot	**,439***	**,493****	**-,361***	-0,04	-0,107	**,397***	**,380***	0,164	1		
Nitot	**,767****	**,740****	-0,219	0,122	**,374***	**,742****	**,643****	**,439***	**,581****	1	
Zntot	**,697****	**,779****	-0,195	**,410***	0,346	**,813****	**,741****	**,505****	**,393***	**,822****	1
					**A correlação é significativa no nível 0,01 (bicaudal).						
					*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bicaudal).						

***A correlação é significativa no nível 0,01 (bicaudal).*
**. A correlação é significativa no nível 0,05 (bicaudal)*

Relações entre elementos fornecem informações interessantes sobre as fontes e vias dos metais do estudo. Uma correlação significativamente positiva em P <0,01, e em P<0,05, foram encontradas entre os pares elementares.

A Tabela 4.3.55, apresenta os coeficientes de correlações de Pearson, no formato de matriz de correlações.

O Cádmio apresentou apenas um bom coeficiente de correlação com o Hg;
O Cobre apresentou apenas um bom coeficiente de correlação, Ni;
O Chumbo apresentou três bons coeficientes de correlação, Fe, Zn e As;
O Manganês apresentou seis bons coeficientes de correlação, Zn, Al, Ni, As, Cr, Fe;
O Alumínio, apresentou sete bons coeficientes de correlação, As, Cr, Fe, Mn, Ni, Zn e Hg;
O Cromo apresentou sete bons coeficientes de correlação, Fe, Mn, Hg, Ni, Zn, Al, As;
O Mercúrio apresentou sete bons coeficientes de correlação, Ni, As, Zn, Al, Cd, Cr, Fe;
O Níquel apresentou sete bons coeficientes de correlação Al, As, Cr, Fe, Hg, Cu, Mn;
O Arsênio apresentou oito bons coeficientes de correlação, Cr, Fe, Mn, Hg, Ni, Zn, Al e Pb;
O Ferro apresentou oito bons coeficientes de correlação, Ni, Zn, Al, As, Pb, Cr, Mn, Hg;
O Zinco apresentou oito bons coeficientes de correlação Al, As, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Hg;

O PCA foi aplicado para identificar fontes de metais nos sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota, aplicando rotação Varimax com a Normalização Kaiser, Tabelas 4.3.56 e 4.3.57. Extraindo os autovalores e autovetores da matriz de correlação, o número de fatores significativos e a porcentagem de variância explicados por cada um deles foram calculados. A Tabela 4.3.59 mostra os resultados das cargas fatoriais com rotação Varimax, bem como como autovalores e comunalidades.

Os resultados indicam que havia dois autovalores maiores que um e que esses dois fatores explicam 75,7% da variância total. O primeiro fator explica 56% da variância total e carrega fortemente em Al, As, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn.

O fator 2, dominado por Pb, responde por 19,6% do total da variação. As relações entre os metais com base nos dois primeiros componentes principais são ilustradas na Figura 4.3.16 no espaço bidimensional.

Tabela 4.3.56: Resultados da KMO e Teste de "Bartlett "como condição para aplicar a análise dos componentes principais, resultados obtidos para as campanhas AU, AV, AX, e AZ, 2020-2021.

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,794
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	184,974
	df	28
	Sig.	,000

Tabela 4.3.57: Escala de qualidade para a aplicação da Analise Fatorial com base no teste KMO e Teste de Esfericidade de Bartlett.

KMO	Análise Fatorial
1 – 0,9	Muito boa
0,8 – 0,9	Boa
0,7 – 0,8	Média
0,6 – 0,7	Razoável
0,5 – 0,6	Má
< 0,5	Inaceitável

Tabela 4.3.58: Apresenta-se os resultados da Análise dos Componentes Principais (fatores)(ACP). Resultados obtidos para as campanhas AQ, AR, AS, e AT, 2019-2020.

			Variância Total Explicada						
		Autovalores Iniciais		Extração de somas de cargas quadradas			Soma de rotação de cargas quadradas		
Componente	Total	% da Variância	Acumulativo %	Total	% da Variância	Acumulativo %	Total	da Variânc	Acumulativo %
1	5,012	62,644	62,644	5,012	62,644	62,644	4,492	56,146	56,146
2	1,049	13,112	75,756	1,049	13,112	75,756	1,569	19,611	75,756
3	0,734	9,177	84,934						
4	0,473	5,913	90,847						
5	0,302	3,774	94,621						
6	0,237	2,963	97,584						
7	0,109	1,367	98,951						
8	0,084	1,049	100						

od: Principal Component Analysis.

Figura 4.3.13: "Scree plot" dos componentes relacionados, para as Campanhas amostrais AU-AV-AX-AZ, 2020-2021.

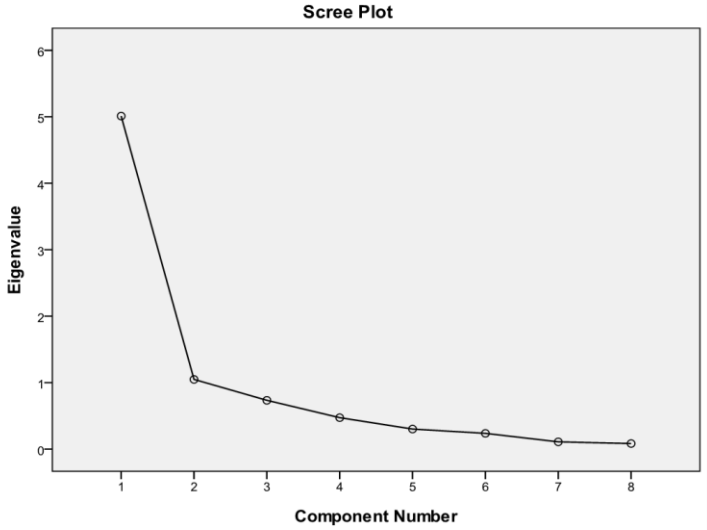


Tabela 4.3.59: Os valores dos componentes originais dos fatores (a) método de extração dos Componentes Principais, e da rotação dos fatores método Varimax (b), método dos Componentes principais Varimax com Kaiser Normalização, sendo que a rotação converge para 5 interações. Resultados para as campanhas amostrais AU, AV, AX e AZ (2020-2021). Os valores hachurados em amarelo, compõe as duas novas variáveis hipotéticas calculadas.

Matriz de Componentes					Matriz rotacionada dos Componentes				
	Componente	Componente				Componente	Componente		
	1	2				1	2		
Altot	0,763	-0,371			Altot	0,845	-0,07		
Astot	0,873	0,097			Astot	0,778	0,407		
Pbtot	0,412	0,862			Pbtot	0,072	0,952		
Crtot	0,86	-0,086			Crtot	0,833	0,231		
Fetot	0,868	0,185			Fetot	0,742	0,487		
Mntot	0,606	0,075			Mntot	0,537	0,289		
Nitot	0,875	-0,335			Nitot	0,937	0,005		
Zntot	0,934	0,004			Zntot	0,869	0,342		
Método de extração Analise de componentes Principais					Metodo de Extração Componentes Principais				
a. 2 componentes extraídos					Método de Rotação Varimax com Kaiser Normalização				
					a.Rotação converge em 3 interações				

Figura 4.3.14: Apresenta-se o fator 1, ou componente 1 da análise dos componentes principais, mostrando a composição das cargas dos fatores. Este componente ou a nova variável hipotética explica 40,53 % da variância dos dados. Resultados obtidos para as campanhas AU, AV, AX, e AZ, 2020-2021.

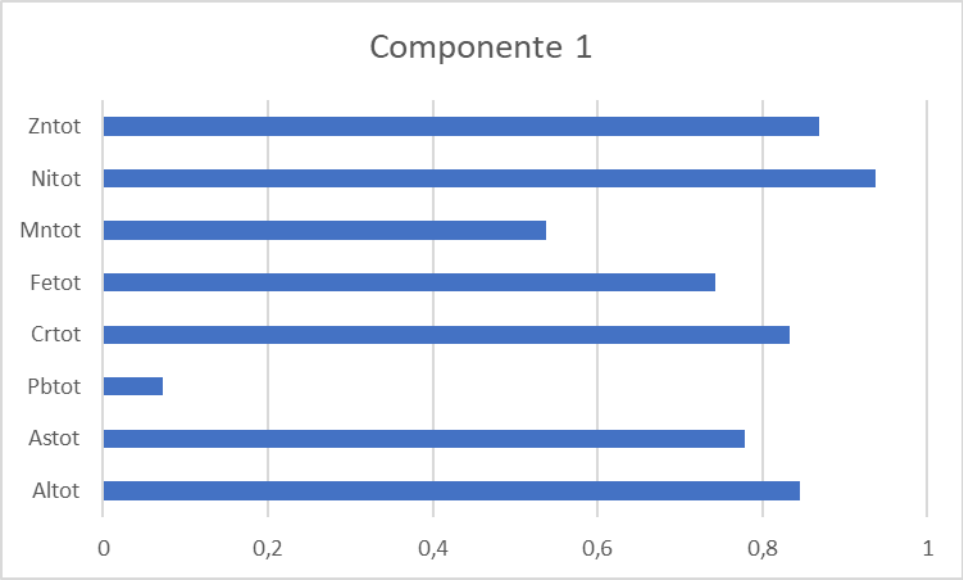


Figura 4.3.15: - Apresenta-se o fator 2, ou componente 2 da análise dos componentes principais, mostrando a composição a partir das variáveis originais. Este componente ou a nova variável hipotética explica 19,61% da variância dos dados. Resultados obtidos para as campanhas amostrais AQ, AR, AS e AT, 2020-2021.

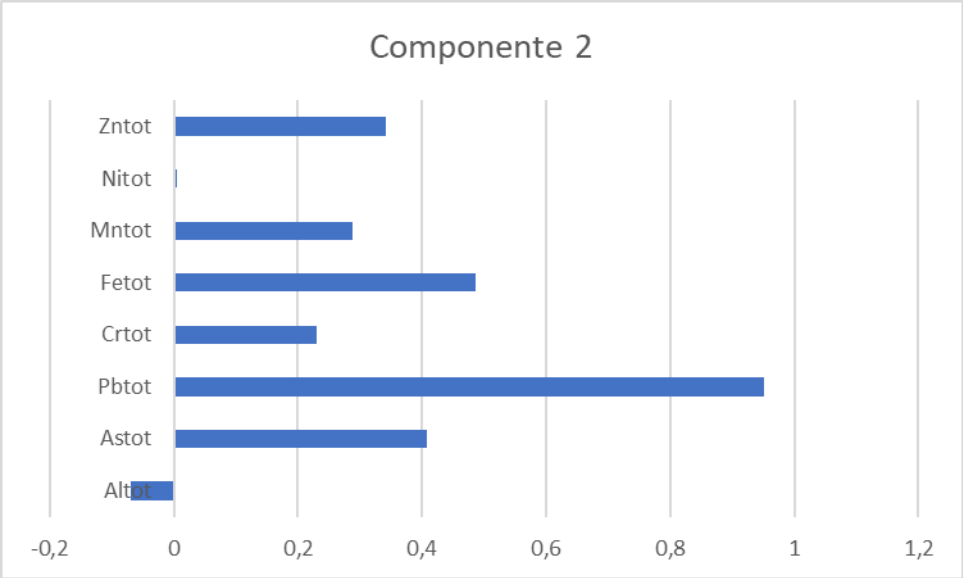
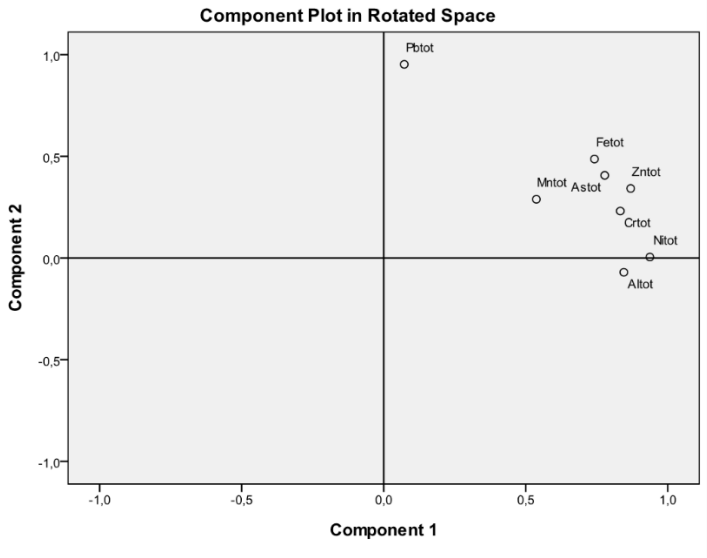


Figura 4.3.16: Apresenta as duas novas variáveis hipotéticas (componentes) espaço bidimensional resultante, é o gráfico de carregamento dos componentes principais, obtidos que explicam ao todo 74,37% da variância dos dados. Resultados obtidos para as campanhas AQ, AR, AS e AT, 2019-2020



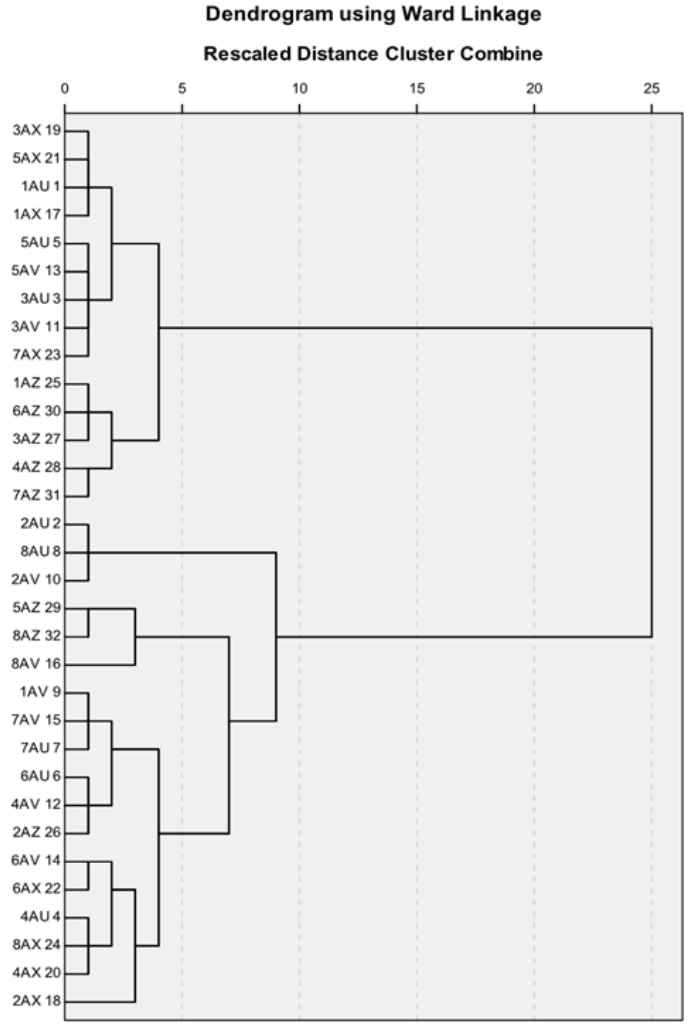
Análise de cluster

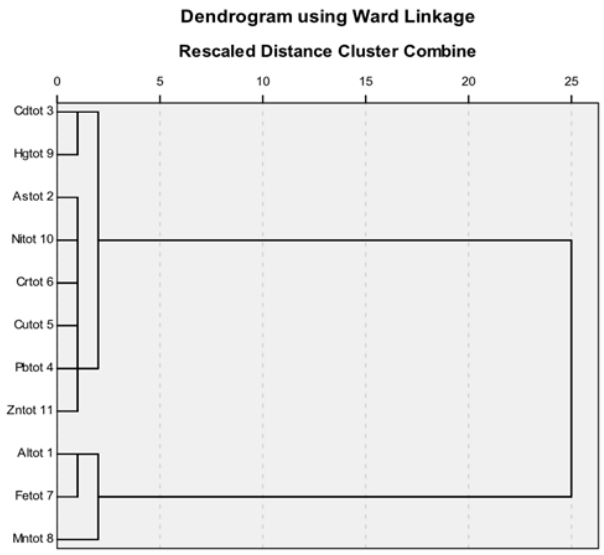
Os dados de concentração de metais pesados (as variáveis) foram padronizados por meio de escores z antes das distâncias CA e Euclidiana para semelhanças nas variáveis foram calculadas.

Então o agrupamento hierárquico, aplicando o método de Ward, foi realizado no sistema padronizando o conjunto de dados. Os resultados da CA para os metais estudados são mostrados na Figura 4.3.17, na forma de dois dendrogramas, o agrupamento das variáveis (metais) e na forma de locais (estações amostrais).

A figura mostra cinco grupos: (1) As – V – Pb – Co; (2) Cu-Mn; (3) Hg; (4) Zn; (5) Cr – Ni, em total acordo com os resultados do PCA. Observa-se, no entanto, que os clusters 2, 3 e 4 se unem em um nível relativamente mais alto, possivelmente implicando uma fonte comum.

Figura 4.3.17: Dendrogramas da análise de Cluster mostrando os agrupamentos entre as estações amostrais e os agrupamentos entre os elementos medidos nas campanhas amostrais AU, AV, AX e AZ.





O Escopo das Linhas de Evidencias

No uso da Tríade da Qualidade dos Sedimentos (SQT), buscou-se que esta abordagem forneça um meio para comparar três linhas de evidência (LOE) diferentes e avaliar o risco apresentado pelos sedimentos contaminados.

O procedimento SQT para sedimentos contaminados foi originalmente proposto por Long e Chapman (1985) e, posteriormente, refinado por Chapman et al. (1987), Chapman (1990, 1996), Chapman et al. (1997, 2002) e Grapentine et al. (2002). Chapman (2000).

Constitui em uma abordagem conceitual, de integração, baseada em efeitos que podem ser utilizados para avaliar e determinar o estado de sedimentos contaminados com base:

1) Na biologia (testes de toxicidade laboratorial e / ou in situ, bioensaios;
2) Na química (identificação química e quantificação de elementos químicos selecionados); e
3) Na ecologia, estrutura e / ou função da comunidade dos macroinvertebrados bentônicos.

A Tríade de Qualidade de Sedimentos (SQT) é, portanto, uma abordagem conceitual, aplicada aos dados dos sedimentos do arroio Candiota, para avaliar e determinar o estado de sedimentos contaminados com base na biologia (testes de toxicidade laboratorial), química (identificação química e quantificação) e ecologia (estrutura e / ou função da comunidade). Fornece um meio para comparar três linhas de evidência diferentes (LOE).

<u>Não</u> foi possível o cálculo da tríade da qualidade dos sedimentos, uma vez que nas quatro campanhas não houve o registro de ecotoxidade dos sedimentos. A inviabilização deste método é, portanto, um fato favorável, uma vez que a toxidade dos sedimentos não foi registrada nestas quatro campanhas amostrais.

Conclusões

Índices de contaminação foram utilizados para avaliar o enriquecimento de metais em sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial do arroio Candiota.

Os resultados do índice de contaminação (IC) ou o Fator de contaminação (FC) utilizando como referencial o TEL (Treshold Effects Levels), MacDonald (1994), este referencial constitui um limiar para que valores acima destes indicam que se possa esperar algum efeito a biota no local, Tabela 3.3.32.

Digno de nota está a concentração do Arsênio na campanha de outono no local 8, classificada como considerável contaminação.

As concentrações do Cádmio apresentam como concentrações importante o outono do local 1 classificada como contaminação moderada, e o inverno dos locais 5 considerável contaminação e 8, classificado como contaminação moderada.

As concentrações do Chumbo apresentam-se como considerável contaminação no local 8, no verão.

As concentrações de Cu, classificadas como moderada contaminação, no local 2 na primavera.

As demais concentrações destes e dos outros metais apresenta-se quando comparadas ao referencial TEL, como baixo fator ou índice de contaminação.

Nas Tabelas 4.3.41 a 3.4.44, apresentam-se as comparações das concentrações encontradas, no formato de razões matemáticas, com os outros referencias usados como SQGs, linhas guias da qualidade dos sedimentos, como faixas de efeitos na biota, em mais três concepções, isto é (TEC) contaminação por efeito limiar, o LEL, baixo nível de efeito, o (ERL) intervalo de efeito baixo. Lembra-se o leitor que todas estas concepções estão relacionadas a bioensaios e aceitas internacionalmente, sendo o TEL um referencial aceito e exigido pela resolução do CONAMA 454. O uso então de quatro concepções estabelecidas em várias partes

do mundo foi para que a rastreabilidade destes dados seja mantida como subsidio aos gestores.

Além do uso destes referencias (SQGs) utilizaram-se dentro desta mesma estratégia de calcular razões matemáticas, entre as concentrações químicas medidas nos sedimentos superficiais de fundo e os backgrounds da geologia ortodoxa, concentrações medias dos elementos na crosta terrestre, media das concentrações nos sedimentos do planeta, concentrações medias dos folhelhos e o Clarke geoquímico, estão nas Tabelas 4.3.45 a 4.3.48.

O índice de carga de poluição (PLI), não apresentou nenhum tipo de resultado que indique poluição pelos metais do estudo, mesmo utilizando os referencias da geologia ortodoxa, os "backgrounds", e os valores do limiar químico das concepções das linhas de bases da qualidade dos sedimentos (SQGs), os resultados estão nas Tabelas 4.3.49 até 4.3.52.

O índice de geoacumulação (Igeo), são apresentados os resultados nas Figuras 4.3.2 até 4.3.12. Os resultados obtidos para os elementos medidos, dignos de nota estão as concentrações:

O Arsênio

Local 2 e 8, na primavera e o local 6 no outono, apresentam-se classificados como, moderadamente poluído , já o local 8 da primavera, moderadamente poluído, 6 no outono classificou-se como moderadamente poluído, e o local 8 no outono classificado como fortemente poluído, as estações 4 primavera, 1,2,e 6 no verão, e 4, 7, no outono e 5 no inverno todas estas classificadas como não poluídas a moderadamente poluídas, isto quando utilizada as concentrações médias da crosta terrestre para o Arsênio, Figura 4.3.3.

O Cádmio

Os locais 1, no outono, e o local 5, no inverno, foram classificados por este índice como fortemente poluído.

Os locais 7 e 8, no inverno foram classificados como moderadamente poluído e moderadamente a fortemente poluído, respectivamente por este índice de geoacumulação.

Os locais 1, 2, 3, 4, do inverno foram classificados por este índice como moderadamente poluído, considerando as concentrações medias do Cádmio na crosta terrestre.

A exemplos de outros índices, foram utilizados os valores de referência além da composição média da crosta, os valores médios nos sedimentos, os valores médios nos folhelhos e o Clarke geoquímico, fornecendo outros subsídios aos gestores.

Nas Figuras 4.3.2 até 4.3.12, estão todos os resultados destas relações dos elementos do estudo, com o índice calculado, utilizando os outros referencias além da composição média da crosta terrestre.

O grau de contaminação modificado apresentou como respostas quando comparado com as concentrações medias da crosta terrestre, a estação 1 no outono baixo grau de contaminação, e a estação 5 no inverno moderado grau de contaminação, dado pelas taxas do mix dos elementos, deste estudo, presentes nas unidades amostrais. As Tabelas 4.3.53 e 4.3.54, apresentam os valores do grau de contaminação.

Estes índices todos são razões matemáticas com referências, seja da geologia ortodoxa os “backgrounds”, seja nos referencias das linhas guias da qualidade dos sedimentos, os “benchmarks”.

Tanto os valores de razão para referência, RTR, que referenciam os elementos químicos que caracterizam a estação 1, o local de referência, com base nas suas concentrações, relativizadas com as concentrações dos mesmos elementos químicos que caracterizam cada uma das estações amostrais.

Além disso, as estações amostrais são relativizadas entre si tendo a estação 1 como local de referência, utilizando os valores de valores agregados de referência.

Na campanha de primavera (AU) as estações amostrais foram caracterizadas a partir do mix de elementos químicos que representam uma assinatura química de cada estação, referenciada ao local de referência. As estações se apresentaram através de ordenação como:

2AU>8AU>4AU>6AU>7AU>5AU>3AU>**1AU**

Na campanha verão (AV) as estações amostrais foram caracterizadas a partir do mix de elementos químicos que representam uma assinatura química de cada estação, referenciada ao local de referência. As estações se apresentaram através da ordenação como:

8AV>2AV>7AV>**1AV**>6AV>4AV>5AV>3AV

Na campanha outono (AX) as estações amostrais foram caracterizadas a partir do mix de elementos químicos que representam uma assinatura química de cada estação, referenciada ao local de referência. As estações se apresentaram através da ordenação como:

8AX>2AX>4AX>6AX>7AX.5AX>3AX>**1AX**

Na campanha inverno (AZ) as estações amostrais foram caracterizadas a partir do mix de elementos químicos que representam uma assinatura química de cada estação, referenciada ao local de referência. As estações se apresentaram através da ordenação como:

5AZ>6AZ>2AZ>7AZ>4AZ>6AZ>**1AZ**>3AZ

A Tabela 4.3.60 apresenta os valores de ARTR, relativizando os locais de coleta, a qualidade é o menor valor, isto é quanto maior o valor de ARTR, menor a qualidade ambiental, considerando a estação 1, como o local de referência e de melhor qualidade frente as concentrações dos elementos químicos.

Tabela 4.3.60: Ordenação dos valores agregados de referência, apresentando a ordenação das estações, representada pelo "mix" de elementos do estudo, referenciadas a estação ou local de referência, a estação 1. Quanto maior o valor menor a qualidade ambiental relativa, considerando a estação 1 como sendo o local de melhor qualidade por ser o local de referência.

Estações	ARTR		Estações	ARTR		Estações	ARTR		Estações	ARTR
ARTR 2AU	11,01		ARTR 8AV	5,28		ARTR 8AX	5,96		RTR5AZ	5,65
ARTR 8AU	7,54		ARTR 2AV	2,95		ARTR 2AX	4,63		RTR 8AZ	4,94
ARTR 4AU	4,14		ARTR 7AV	1,11		ARTR 4AX	4,42		ARTR 2AZ	3,21
ARTR 6AU	2,46		**ARTR 1AV**	**1,00**		ARTR 6AX	3,73		RTR 7AZ	2,06
ARTR 7AU	2,35		ARTR 6AV	0,91		ARTR 7AX	2,76		ARTR 4AZ	1,71
ARTR 5AU	1,69		ARTR 4AV	0,87		ARTR 5AX	1,26		RTR 6AZ	1,42
ARTR 3AU	1,30		ARTR 5AV	0,86		ARTR 3AX	1,23		**RTR 1AZ**	**1,00**
ARTR 1AU	**1,00**		ARTR 3AV	0,59		**ARTR 1AX**	**1,00**		ARTR 3AZ	0,74

A qualidade dos sedimentos foi monitorada por amostragens de sedimentos superficiais de fundo da calha fluvial e usando as unidades amostrais para caracterizar entradas de partículas portadoras de contaminantes.

Os resultados desse monitoramento são usados para produzir um quadro atualizado das concentrações de contaminantes no ambiente aquático que podem afetar os habitats de muitos organismos bentônicos, retratado aqui neste documento.

No entanto, não existem, muitos locais na seção fluvial onde os sedimentos são depositados ao longo do "tempo", não só pelo comportamento natural do arroio Candiota, suas características hidromorfológicas, que por sua vez retratam a geomorfologia (declividades) da bacia hidrográfica, retratando a geologia (estrutural) desta mesma bacia onde a principal força ecológica é a declividade, ao menos especificamente em se tratando dos sedimentos e a sua infauna associada. Agrega-se a isto a ação de abertura das comportas do barramento, a fonte fria da usina termelétrica, e que gera uma onda de cheia que provoca uma derivação dos sedimentos "preteritamente" depositados bem como a infauna, e consequentemente produzindo um distúrbio.

A erosão e a retenção de sedimentos terrestres são processos naturais que governam a concentração de sedimentos nos arroios e riachos, a relação no processo erosão-transporte-deposição. A dinâmica dos sedimentos na escala de

captação é determinada principalmente pelo clima, em particular a intensidade da chuva, propriedades do solo, topografia e vegetação; e os fatores antropogênicos, como atividades agrícolas ou construção e operação da barragem. As principais fontes de sedimentos incluem erosão superficial, partículas de solo removidas e transportadas pela chuva e o fluxo superficial, ravinas, os canais que concentram o fluxo, erosão em margens e erosão em massa ou deslizamentos de terra. Os sumidouros incluem deposição na encosta, na planície de inundação ou no fluxo ecológico e retenção por parte do reservatório da fonte fria, conforme resumido.

A mudança no uso do solo e as mudanças nas práticas de gestão do solo podem modificar a quantidade de sedimentos que escorre da bacia hidrográfica.

Uma pressão importante nos sistemas de água doce é a presença de vários produtos químicos, cuja ocorrência não está inclusa na maioria dos monitoramentos ambientais como o monitoramento regular dos metais, como tem-se executado no arroio Candiota.

As interações sinérgicas entre os estressores naturais e os tóxicos são fenômenos comuns nos ecossistemas fluviais, principalmente em áreas urbanas e industrializadas. Uma vez que os efeitos potenciais dos produtos químicos se estendem por vários níveis organizacionais, desde moléculas até comunidades, através de indivíduos e populações.

Muito embora é difícil definir relações de causa e efeito.

Portanto, é muito importante continuar o monitoramento e a vigilância desses elementos por meio de técnicas apropriadas para medir suas influencias no ambiente aquático, através do mapeamento do estado ambiental da bacia.

Resultados e Considerações para a Toxicidade da Água Superficial e Sedimento

Ensaios de toxicidade da água superficial e do sedimento foram realizados com as amostras coletadas nos meses de novembro de 2020 e fevereiro, maio e agosto de 2021 nas oito Estações Amostrais (EA) pré-determiandas na Bacia do Arroio Candiota. Os métodos utilizados para as avaliações estão listados nas Tabelas 4.3.61 e 4.3.62.

Tabela 4.3.61: Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de águas superficiais.

PARÂMETRO	METODOLOGIA/ REFERÊNCIA
Toxicidade crônica com o peixe *Pimephales promelas*	ABNT NBR 15499/2016
Toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*	ABNT NBR 13373/2016
Toxicidade crônica com a alga *Raphidocelis subcaptata*	ABNT NBR 12648/2018

Tabela 4.3.62: Metodologias analíticas empregadas nos ensaios de toxicidade realizados nas amostras de sedimento.

PARÂMETRO	***METODOLOGIA/REFERÊNCIA***
Toxicidade caguda e crônica com *Hyalella azteca*	ABNT NBR 15470/2013

Para uma melhor visualização das informações ecotoxicológicas das estações amostrais, os dados das coletas realizadas nas quatro ultimas campanhas (Nov/2020 a Ago/2021) foram tabuladas e comparados aos resultados das campanhas realizadas nos cinco anos do projeto (2016 a 2021).

Buscando uma melhor interpretação da qualidade ambiental da área monitorada, do ponto de vista ecotoxicológico, foi criado aqui um índice de toxicidade. Aos efeitos tóxicos observados nas amostras de águas e sedimentos das estações

amostrais foram atribuídos pesos de acordo com o grau de toxicidade observados (Tabela 4.3.63). Assim, para amostras de água superficias, considerando a avaliação da toxicidade com organismos-teste de 3 diferentes níveis tróficos, totalizaríamos uma pontuação máxima de 9 (nove) pontos para o pior cenário possível (toxicidade aguda para organismos-teste de três níveis tróficos) e 0 (zero) pontos para o melhor cenário (total ausência de toxicidade). Para as amostras de sedimento, considerando que estas podem apresentar diferentes percentuais de efeitos sobre os organismos-teste, totalizaríamos uma pontuação máxima de 3 (três) pontos para o pior cenário possível (toxicidade aguda com 100% de mortalidade dos organismos-teste expostos) e 0 (zero) pontos para o melhor cenário (total ausência de toxicidade).

Tabela 4.3.63: Pesos atribuídos aos efeitos ecotoxicológicos para a definição do índice de toxcidade utilizado para as avaliações da toxicidade das amostras de águas superficiais e de sedimentos.

EFEITO OBSERVADO	PESO ATRIBUÍDO
- Águas Superficiais - Toxicidade Aguda	3 (para cada nível trófico)
- Águas Superficiais - Toxicidade crônica	2 (para cada nível trófico)
- Sedimentos - Toxicidade Aguda	3 x % de efeito do ensaio
- Sedimentos - Toxicidade crônica	2 x % de efeito do ensaio

A partir desta tabulação dos dados são apresentados aqui uma caratcterização ecotoxicológica da área de estudo baseado nos resumos das toxicidades observadas para as estações amostrais. Assim, são apresentados: (a) índice de toxicidade média observada no período de 2016 a 2021; (b) o índice de toxicidade em função das estações do ano e (c) o índice toxicidade comparada para todo o período de estudo.

Índice de Toxicidade Média

O resumo com o índice de toxicidade média para todas as estações amostrais durante os últimos cinco anos de coletas está apresentado na Tabela 4.3.64 para as amostras de águas superficiais e na Tabela 4.3.65 para as amostras de sedimento. A intensidade do índice de toxicidade aqui apresentado está

relacionada não apenas ao tipo de toxicidade observada na área de estudo (aguda ou crônica), como também a frequência que a mesma ocorreu durante o período de estudo. Estação amostral EA 6 destaca-se das demais apresentando os índices de tóxicidade mais elevados. Esta estação amostral, localizada no Arroio Poacá - Ponto após contribuição da Sanga da Carvoeira, por sua localização, demostra a influência das atividades de mineração de carvão no corpo receptor. As Estações Amostrais EA 1, EA 2, EA 3 e EA 4 apresentaram a menor frequência de ocorrência de toxicidade nas mostras de águas superficiais. Em relação aos sendimentos das estações amostrais, a Estação Amostral EA 2 apresenta um maior índice de toxicidade em comparação as demais estações amostrais. Esta estação visa avaliar todas as atividades desenvolvidas à montante da contribuição dos efluentes hídricos da UTE.

Tabela 4.3.64: Índice de toxicidade média (em uma escala de 0 a 9) observada nas Estações Amostrais (EA) da área de estudo, considerando os resultados dos ensaios de toxicidade crônica em 3 níveis tróficos para águas superficiais. Período considerado: nov/2016 a ago/2021.

Estação Amostral	Índice de Toxicidade Média
EA 1	0,0
EA 2	0,0
EA 3	0,1
EA 4	0,1
EA 5	0,2
EA 6	**4,4**
EA 7	0,3
EA 8	0,4

Sem Toxicidade | Alguma Toxicidade | Toxicidade Máxima

Tabela 4.3.65: Índice de toxicidade média (em uma escala de 0 a 3) observada nas Estações Amostrais (EA) da área de estudo, considerando os resultados dos ensaios de toxicidade aguda e crônica nas amostras de sedimento. Período considerado: nov/2016 a ago/2021.

Estação Amostral	Índice de Toxicidade Média
EA 1	0,9
EA 2	**1,5**
EA 3	0,4
EA 4	0,1
EA 5	1,2
EA 6	1,2
EA 7	0,5
EA 8	0,1

Sem Toxicidade | Alguma Toxicidade | Toxicidade Máxima

A Tabela 4.3.66 apresenta o índice médio de toxicidade observada nas estações amostrais em função das estações do ano considerando os resultados dos ensaios de toxicidade crônica em 3 níveis tróficos para águas superficiais, enquanto a Tabela 4.3.67 apresenta o índice médio de toxicidade observada nas estações amostrais em função das estações do ano considerando os resultados dos ensaios de toxicidade aguda e crônica nas amostras de sedimento. Para as amostras de águas superficia não é possível identificar um claro padrão na influência das estações do ano sobre a toxicidade das áreas amostradas, contudo, baseado nos resultados da EA 6 (que apresenta os índices de toxicidade mais elevados) verifica-se uma tendência a uma menor freqüência na toxicidade no período de inverno. A mesma tendência não é observada nas amostras de sedimento, mas observasse uma menor frequência de amostras com toxicidade nas campanhas de verão.

Tabela 4.3.66: Índice médio de Toxicidade (em uma escala de 0 a 9) observada nas Estações Amostrais (EA) em função das estações do ano, considerando os resultados dos ensaios de toxicidade crônica em 3 níveis tróficos para águas superficiais. Período considerado: nov/2016 a ago/2021.

Estação Amostral	Primavera	Verão	Outono	Inverno
EA 1	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 2	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 3	0,4	0,0	0,0	0,0
EA 4	0,0	0,0	0,4	0,0
EA 5	0,0	0,0	0,0	0,6
EA 6	3,6	4,2	4,8	1,6
EA 7	0,0	0,4	0,0	0,4
EA 8	0,0	0,4	0,8	0,0

0,0 — 9,0

Sem Toxicidade | Alguma Toxicidade | Maior Toxicidade

Tabela 4.3.67: Índice médio de Toxicidade (em uma escala de 0 a 3) observada nas Estações Amostrais (EA) em função das estações do ano, considerando os resultados dos ensaios de toxicidade aguda e crônica nas amostras de sedimento. Período considerado: nov/2016 a ago/2021.

Estação Amostral	Primavera	Verão	Outono	Inverno
EA 1	0,1	0,2	0,4	0,0
EA 2	0,6	0,2	0,0	0,5
EA 3	0,0	0,0	0,2	0,1
EA 4	0,04	0,0	0,0	0,0
EA 5	0,2	0,0	0,1	0,6
EA 6	0,4	0,0	0,4	0,1
EA 7	0,3	0,0	0,0	0,1
EA 8	0,0	0,0	0,0	0,0

0,0 — 3,0

Sem Toxicidade | Alguma Toxicidade | Maior Toxicidade

A Tabela 4.3.68 apresenta o índice médio de toxicidade observada nas estações amostrais avaliadas ao longo dos últimos 5 anos (2016 a 2021), considerando os resultados dos ensaios de toxicidade crônica em 3 níveis tróficos para águas superficiais. Em destaque na tabela, os resultados das últimas campanhas, realizadas de novembro/2020 a agosto/2021. Os dados indicam uma redução significativa na toxicidade detectada para todas as estações amostrais nas últimas campanhas (nov/2019 a ago/2021) a exceção, mais uma vez, da estação amostral AE6 a qual mantem-se apresentando toxicidade. Para as demais estações amostrais, ao longo dos 5 anos de monitoramento, existe uma distribuição errática da toxicidade, seja em frequência, seja em intensidade (valor do índice). Essa informação pode indicar que existe algum impacto sobre todas as estações amostrais avaliadas, porém este impacto tendeu a diminuir no último ano de monitoramento.

Em relação as amostras de sedimento, a Tabela 4.3.69 apresenta o índice médio de toxicidade observada nas estações amostrais avaliadas ao longo dos últimos 5 anos (2016 a 2021), considerando os resultados dos ensaios de toxicidade aguda e crônica nas amostras de sedimento. Em destaque na tabela, os resultados das últimas campanhas, realizadas de novembro/2020 a agosto/2021. A toxicidade nas amostras de sedimento, que também vinha apresentando uma distribuição errática entre as estações amostrais até maio de 2019, não tem sido detectada nas últimas 6 campanhas (maio/2020 a agosto 2021).

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.68: Índice médio de Toxicidade (em uma escala de 0 a 9) observada nas Estações Amostrais (EA) ao longo dos últimos 5 anos de monitoramento, considerando os resultados dos ensaios de toxicidade crônica em 3 níveis tróficos para águas superficiais. Período considerado: nov/2016 a ago/2021.

Estação Amostral	2016-2017				2017-2018				2018-2019				2019-2020				2020-2021			
	NOV	JAN	ABR	JUL	NOV	JAN	ABR	JUL	NOV	FEV	MAI	JUL	NOV	FEV	MAI	AGO	NOV	FEV	MAI	AGO
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	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 4	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	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 5	0,0	0,0	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	0,0	0,0	0,0
EA 6	0,0	0,0	6,0	0,0	6,0	7,0	6,0	0,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	0,0	4,0	0,0	0,0	6,0	2,0
EA 7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	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
EA 8	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0	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 — 9,0

Sem Toxicidade — Alguma Toxicidade — Maior Toxicidade

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Tabela 4.3.69: Índice médio de Toxicidade (em uma escala de 0 a 3) observada nas Estações Amostrais (EA) ao longo dos últimos 5 anos de monitoramento, considerando os resultados dos ensaios de toxicidade aguda e crônica nas amostras de sedimento. Período considerado: nov/2016 a ago/2021.

Estação Amostral	2016-2017				2017-2018				2018-2019				2019-2020				2020-2021			
	NOV	JAN	ABR	JUL	NOV	JAN	ABR	JUL	NOV	FEV	MAI	JUL	NOV	FEV	MAI	AGO	NOV	FEV	MAI	AGO
EA 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,8	0,2	0,0	2,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 2	0,6	0,0	0,0	1,6	2,0	0,8	0,0	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 5	1,2	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 6	0,0	0,0	0,0	0,4	2,0	0,0	0,0	0,6	0,2	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EA 7	1,1	0,0	0,0	0,0	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	0,0
EA 8	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	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

0,0 — 3,0

Sem Toxicidade — Alguma Toxicidade — Maior Toxicidade

Referências Bibliográficas

Abbasi, S.A.; Abbasi, N.; Soni, R. Heavy Metals in the Environment; Oscar Publication: St. Albans, UK, 2005.

Adams, W.J.; Kimerle, R.A.; Barnett, J.W., Jr. Sediment quality and aquatic life assessment. Environ. Sci. Technol.1992, 26, 1864–1875.

Anderberg M. R. Cluster analysis for applications. New York: Academic, 1973.

Andrews SS, Carroll CR (2002) Designing a soil quality assessment for sustainable agroecosystem management. Ecol Appl 11: 1573–1585.

Blaser P, Zimmermann S, Luster J, Shotyk W (2000) Critical examination of trace element enrichments and depletions in soils: As, Cr, Cu, Ni. Pb and Zn in Swiss forest soils. Sci Total Environ 249: 257–280.

Carlon C (2007) Derivation methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures towards harmonization. European Commission, Joint Research Center, Ispra. 206 p.

CCME: Canadian Council of Ministers of the Environment (2007) Canadiansoil quality guidelines for the protection of environmental and human health.Available: http://ceqg-rcqe.ccme.ca/en/index.html.

CEPA: Chinese Environmental Protection Administration (1995) Environmental quality standard for soils (GB 15618-1995) (in Chinese). Available: http://kjs. mep.gov.cn/hjbhbz/bzwb/trhj/trhjzlbz/199603/W020070313485587994018. pdf.

Chester R, Stoner JH (1973) Pb in particulates from the lower atmosphere of the eastern Atlantic. Nature 245: 27–8.

Chai, L.; Li, H.; Yang, Z.; Min, X.; Liao, Q.; Liu, Y.; Men, S.; Yan, Y.; Xu, J. Heavy metals and metalloids in the surface sediments of the Xiangjiang River, Hunan, China: Distribution, contamination, and ecological risk assessment. Environ. Sci. Pollut. Res. 2017, 24, 874–885.

Dai, L.; Wang, L.; Li, L.; Liang, T.; Zhang, Y.; Ma, C.; Xing, B. Multivariate geostatistical analysis and source identification of heavymetals in the sediment of Poyang Lake in China. Sci. Total Environ. 2018, 621, 1433– 1444.

Darnley AG (1995) International geochemical mapping–a review. J GeochemExplor 55: 5–10.

Desaules A (2012) Critical evaluation of soil contamination assessment methods for trace metals. Sci Total Environ 426: 120–131.

Du, Y.; Cai, S.; Zhang, X.; Zhao, Y. Interpretation of the environmental change of Dongting Lake, middle reach of Yangtze River, China, by 210 Pb measurement and satellite image analysis. Geomorphology 2001, 41, 171–181.

Ferguson C, Darmendrail D, Freier K, Jensen BK, Jensen J, et al. (1998) Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. Volume 1: Scientific Basis. LQM Press, Nottingham. 165 p.

Garrett RG (1991) The management, analysis and display of explorationgeochemical data. Exploration geochemistry workshop. Ottawa: Geological Survey of Canada. 9–1 to 9–41.

Gowd SS, Reddy MR, Govil PK (2010) Assessment of heavy metal contamination in soils at Jajmau (Kanpur) and Unnao industrial areas of the Ganga Plain, Uttar Pradesh, India. J Hazard Mater 174: 113–121.

Green-Ruiz, C.; Paez-Osuna, F. Heavy metal anomalies in lagoon sediments related to intensive agriculture in Altata-Ensenada del Pabellon coastal system (SE Gulf of California). Environ. Int. 2001, 26, 265–273.

Guo, Y.; Mo, D.; Mao, L.; Jin, Y.; Guo, W.; Mudie, P.J. Settlement distribution and its relationship with environmental changes from the Paleolithic to Shang–Zhou period in Liyang Plain, China. Quat. Int. 2014,321, 29–36.

Hakanson, L. An ecological risk index for aquatic pollution control: A sediment ecological approach.Water Res. 1980, 14, 975–1001.

Hawkes HE, Webb JS (1962) Geochemistry in Mineral Exploration. New York: Harper. 409 p.

He J, Xu G, Zhu H, Peng G (2005) soil background values of Jiangxi Province.Beijing: Chinese Environmental Science Press. 314 p.

Hernandez L, Probst A, Probst JL, Ulrich E (2003) Heavy metal distribution in some French forest soils: evidence for atmospheric contamination. Sci Total Environ 312: 195–219.

Hu, D. Studies on the Rainfall Characteristics and the Agricultural Water Resource Utilization in the Lishui River Basin; Hunan Agricultural University: Changsha, Hunan, China, 2009; Volume 69. (In Chinese)

Ikem A, Campbell M, Nyirakabibi I, Garth J (2008) Baseline concentrations of trace elements in residential soils from Sourtheastern Missouri. Environ Monit Assess 140: 69–81.

Ikem, A.; Egiebor, N.O.; Nyavor, K. Trace Elements in Water, Fish and Sediment from Tuskegee Lake, Southeastern USA. Water Air Soil Pollut. 2003, 149, 51–75.

ISO: International Organisation for Standardisation (2005) Soil Quality: Vocabulary. Part 1. Terms and Definitions Relating to the Protection and Pollution of the Soil. Available: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ ics/catalogue_detail_ics.htm?ics1=13&ics2=80&ics3=1&csnumber=38529.

ISO: International Organisation for Standardisation (2005) Soil qualityguidance on the determination of background values. ISO 19258. Available: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=33772.

Johnson, R. A.; Wichern, D. W. Applied multivariate statistical analysis. New Jersey: Prentice-Hall, 1992.

Jolliffe, I. T. Principal components analysis. New York: Springer-Verlag, 1986.

Khalil A, Hanich L, Bannari A, Zouhri L, Pourret O, et al. (2014) Assessment of soil contamination around an abandoned mine in a semi-arid environment using geochemistry and geostatistics: Pre-work of geochemical process modeling with numerical models. J Geochem Explor 125: 117–129.

Keshavarzi, B.; Mokhtarzadeh, Z.; Moore, F.; RastegariMehr, M.; Lahijanzadeh, A.; Rostami, S.; Kaabi, H.Heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of Karoon River, Khuzestan Province, Iran. Environ. Sci. Pollut. Res. 2015, 22, 19077–19092.

Kolluru, R.V.; Bartell, S.M.; Pitblado, R.M.; Stricoff, R.S. Risk Assessment and Management Handbook; McGrow-Hill: New York, NY, USA, 1996.

Kusin, F.M.; Azani, N.N.M.; Hasan, S.N.M.S.; Sulong, N.A. Distribution of heavy metals and metalloid in surface sediments of heavily-mined area for bauxite ore in Pengerang, Malaysia and associated risk assessment. Catena 2018, 165, 454–464.

Li, A. Mining-induced earthquake in Lishui River basin. South China J. Seismol. 2010, 30, 105–112. (In Chinese) Tong, T. Element concentrations in river delta sediments and mineral resources potential in the drainage basin: A case study

in the Xiangjiang, Zishui, Yuanjiang, and Lishui rivers basins. Quant. Sci. 2005, 25, 298–305. (In Chinese)

Li, F.; Huang, J.; Zeng, G.; Yuan, X.; Li, X.; Liang, J.; Wang, X.; Tang, X.; Bai, B. Spatial risk assessment and sources identification of heavy metals in surface sediments from the Dongting Lake, Middle China.J. Geochem. Explor. 2013, 132, 75–83.

Li XD, Lee SL, Wong SC, Shi WZ, Thornton L (2004) The study of metal contamination in urban soils of Hong Kong using a GIS-based approach. Sci Total Environ 129: 113–124.

Li, X.; Liu, L.; Wang, Y.; Luo, G.; Chen, X.; Yang, X.; Hall, M.H.P.; Guo, R.; Wang, H.; Cui, J.; et al. Heavy metal contamination of urban soil in an old industrial city (Shenyang) in Northeast China. Geoderma 2013,192, 50–58.

Liu, J.; Liu, Y.J.; Liu, Y.; Liu, Z.; Zhang, A.N. Quantitative contributions of the major sources of heavy metals in soils to ecosystem and human health risks: A case study of Yulin, China. Ecotoxicol. Environ. Saf. 2018, 164, 261–269.

Loska K, Cebula J, Pelczar J, Wiechula D, Kwapilinski J (1997) Use of enrichment and contamination factors together with geoaccumulation indexes to Soil Contamination in Mining Area PLOS ONE | www.plosone.org 13 November 2014 | Volume 9 | Issue 11 | e112917 evaluate the content of Cd, Cu, and Ni in the Rybnik water reservoir in Poland.ater Air Soil Pollut 93: 347–65.

Loska K, Wiechula D, Korus I (2004) Metal contamination of farming soils affected by industry. Environ Int 30: 159–165.

Lu, X.; Wang, L.; Li, L.Y.; Lei, K.; Huang, L.; Kang, D. Multivariate statistical analysis of heavy metals in street dust of Baoji, NW China. J. Hazard. Mater. 2010, 173, 744–749.

LUCAS L. C. S. Análise de grupamentos. Revista Brasileira de Estatística, Rio de Janeiro, ano 43, n. 172, 1982.

Luo XS, Yu S, Zhu YG, Li XD (2012) Trace metal contamination in urban soils of China. Sci Total Environ 421–422: 17–30.

Malvandi, H. Preliminary evaluation of heavy metal contamination in the Zarrin-Gol River sediments, Iran. Mar. Pollut. Bull. 2017, 117, 547–553.

Manta DS, Angelone M, Bellanca A, Neri R, Sprovieri M (2002) Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. Sci Total Environ 300: 229–243.

Mao, L.; Mo, D.; Guo, Y.; Fu, Q.; Yang, J.; Jia, Y. Multivariate analysis of heavy metals in surface sediments from lower reaches of the Xiangjiang River, southern China. Environ. Earth Sci. 2013, 69, 765–771.

Men, C.; Liu, R.; Xu, F.; Wang, Q.; Guo, L.; Shen, Z. Pollution characteristics, risk assessment, and source apportionment of heavy metals in road dust in Beijing, China. Sci. Total Environ. 2018, 612, 138–147.

Muller G (1979) S chwermetalle in den Sedimenten des Rheins- Vera¨nderungen seit. Umschau 24: 773–8.

Nathanail CP, Earl N; Human. Health Risk Assessment: Guideline Values and Magic Numbers Issues in Environmental Science and Technology No.16 Assessment and Reclamation of Contaminated Land. The Royal Society of Chemistry. 85–101. (2001)

Nemerow, N.L. Stream, Lake, Estuary, and Ocean Pollution; Van Nostrand Reinhold: New York, NY, USA, 1991.

NRC (National Research Council); NAS (National Academy of Sciences). Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process; National Academy Press: Washington, DC, USA, 1983.

Pignata,M.L.; Gudiño, G.L.;Wannaz, E.D.; Plá, R.R.; González, C.M.; Carreras, H.A.; Orellana, L. Atmospheric quality and distribution of heavy metals in Argentina employing Tillandsia capillaris as a biomonitor. Environ. Pollut. 2002, 120, 59–68.

Porteous A (1996) Dictionary of Environmental Science and Technology. 2nd edition. Chichester, NY: John Wiley & Sons. 794 p.

Ramachandra, T.V.; Sudarshan, P.B.; Mahesh, M.K.; Vinay, S. Spatial patterns of heavy metal accumulation in sediments and macrophytes of Bellandur wetland, Bangalore. J. Environ. Manag. 2018, 206, 1204–1210./

Reimann C, de Caritat P (1998) Chemical elements in the environmentfactsheets for the geochemist and environmental scientist. Berlin, Germany:Springer-Verlag. 398 p.

Reimann C, de Caritat P (2000) Intrinsic flaws of element enrichment factors (EFs) in environmental geochemistry. Environ Sci Technol 34: 5084– 5091.

Reimann C, Filzmoser P, Garrett RG (2005) Background and threshold: critical comparison of methods of determination. Sci Total Environ 346: 1– 16.

Rodríguez-Espinosa, P.F.; Shruti, V.C.; Jonathan, M.P.; Martinez-Tavera, E. Metal concentrations and their potential ecological risks in fluvial sediments of Atoyac River basin, Central Mexico: Volcanic and anthropogenic influences. Ecotoxicol. Environ. Saf. 2018, 148, 1020–1033.

Salminen R, Gregorauskiene V (2000) Considerations regarding the definition of a geochemical baseline of elements in the surficial materials in areas differing in basic geology. Appl Geochem 15: 647–653.

Salomons,W.; Stigliani, W.M. Biogeodynamics of Pollutants in Soils and Sediments; Springer: Berlin, Germany, 1995.

Sepulvado JG, Blaine AC, Hundal LS, Higgins CP (2011) Occurrence and Fate of Perfluorochemicals in Soil Following the Land Application of Municipal Biosolids. Environ Sci Technol 45(19): 8106–8112.

Shotyk W, Cherkubin AK, Appleby PG, Fankhauser A, Kramers JD (1997)Lead in three peat bog profiles, Jura mountains, Switzerland: enrichment factors, isotopic composition, and chronology of atmospheric deposition. Water Air Soil Pollut 100: 297–310.

Song, Y.; Ji, J.; Yang, Z.; Yuan, X.; Mao, C.; Frost, R.L.; Ayoko, G.A. Geochemical behavior assessment and apportionment of heavy metal contaminants in the bottom sediments of lower reach of Changjiang River. Catena 2011, 85, 73–81.

Sutherland RA (1999) Distribution of organic carbon in bed sediments of Manoa Stream, Oahu, Hawaii. Earth Surf Proc Land 27: 571–583.

Taylor SR, McLennan SM (1995) The geochemical evolution of the continentalcrust. Rev Geophys 33: 241–65.

Teng YG, Ni SJ, Wang JS, Niu LG (2009) Geochemical baseline of trace elements in the sediment in Dexing area, South China. Environ Geol 57: 1646– 1660.

Teng YG, Ni SJ, Wang JS, Zuo R, Yang J (2010) A geochemical survey of trace elements in agricultural and non-agricultural topsoil in Dexing area, China.J Geochem Explor 104: 118–127.

Teng YG, Wu J, Lu SJ, Wang YY, Jiao XD, et al. (2014) Soil and soil environmental quality monitoring in China: A review. Environ Int 69: 177–
199. 3. Li ZY, Ma ZW, de Tsering JVK, Yuan ZW, Huang L (2014) A review of soil heavy metal pollution from mines in China: Pollution and health risk assessment. Sci Total Environ 468–469: 843–853.
Tomlinson, D.L.;Wilson, J.G.; Harris, C.R.; Jeffrey, D.W. Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. Helgoländer Meeresuntersuchungen 1980, 33, 566–575.
US EPA. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume 1 Human Health Evaluation Manual (Part A); Office of Emergency and Remedial Response: Washington, DC, USA, 1989.
USEPA: United States Environmental Protection Agency Terms of Environment. Communications Education And Public Affairs, USEPA 175-B- 92-001. Available:
http://iaspub.epa.gov/sor_internet/registry/termreg/searchandretrieve/termsandacronyms/search.do. 1992.
USEPA. Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites; Office of Emergency and Remedial Response: Washington, DC, USA, 2002.
USEPA. Integrated Risk Information System of the US Environmental Protection Agency; Office of Emergency and Remedial Response: Washington, DC, USA, 2012.
Utermann J, Du¨wel O, Nagel I. Contents of trace elements and organic matter in European soils. In: Gawlik BM, Bidoglio G, editors. Background values in European soils and sewage sludges. Luxembourg: European Commission. 282 p. 2006.
Xie Y, Chen TB, Lei M, Yang J, Guo QJ, et al. Spatial distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation methods: accuracy and uncertainty analysis. Chemosphere 82: 468–476. 2011.
Zhang, Z.; Lu, Y.; Li, H.; Tu, Y.; Liu, B.; Yang, Z. Assessment of heavy metal contamination, distribution and source identification in the sediments from the Zijiang River, China. Sci. Total Environ. 2018, 645, 235–243.
Zheng, B.; Lu, S.; Wu, J.; Guo, X.; Wu, F.; Li, X.; He, Q.; Fu, Z.; Xu, L.
Heavy metal distribution in Tiaoxi River's sediment. Environ. Sci. Pollut. Res. 2018, 25, 2603–2613.
Zhuang, Q.; Li, G.; Liu, Z. Distribution, source and pollution level of heavy metals in river sediments from South China. Catena 2018, 170, 386–396. Int. J. Environ. Res. Public Health 2019, 16, 336 13 of 14
Zoller WH, Gladney ES, Duce RA (1974) Atmospheric concentrations and sources of trace metals at the Sourth Pole. Science 183: 199–201.
Wang, X.; Gu, Y.; Wang, Z.; Ke, C.; Mo, M. Biological risk assessment of heavy metals in sediments and health risk assessment in bivalve mollusks from Kaozhouyang Bay, South China. Mar. Pollut. Bull. 2018, 133,312–319.
Wang XQ, He MC, Xie J, Xi JH, Lu XF (2010) Heavy metal pollution of the world largest antimony mine-affected agricultural soils in Hunan province (China). J Soil Sediment 10: 827–837.
Wedepohl KH. The composition of the continental Crust. Geochim Cosmochim Ac 59: 1217–32. 1995

Yan, N.; Liu,W.; Xie, H.; Gao, L.; Han, Y.;Wang, M.; Li, H. Distribution and assessment of heavy metals in the surface sediment of Yellow River, China. J. Environ. Sci. China 2016, 39, 45–51.

O compartimento Água Superficial, Água Subterrânea e Sedimentos é de responsabilidade técnica do Geólogo Dr. Nelson Augusto Flores Machado.

5. BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS FITOPLÂNCTON, PERIFÍTON, ZOOPLÂNCTON, MACROFAUNA BENTONICA E ICTIOFAUNA

Os bioindicadores ambientais aquáticos foram coletados nas estações amostrais anteriormente apresentadas no Quadro 3.1.

Introdução

Esse relatório final apresenta os resultados compilados relativos as quatro coletas realizadas no período de dezembro de 2020 a agosto de 2021, bem como a interpretação destes no monitoramento da biota aquática da área de influência direta da Usina Termelétrica de Candiota, tendo sido objeto de estudo as comunidades fitoplanctônicas, perifíticas, zooplanctônicas, macrofauna bentônica e Ictiofauna.

5.1 FITOPLÂNCTON

Objetivo

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 novembro de 2020, fevereiro, maio e agosto de 2021.

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 (1958), 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 (WETZEL & LIKENS, 1991).

Para a determinação das espécies dominantes e abundantes devem ser utilizados os critérios estabelecidos por LOBO & LEIGHTON (1986), 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 (SHANNON & WEAVER, 1963) e a equitabilidade de Pielou (J).

Resultados

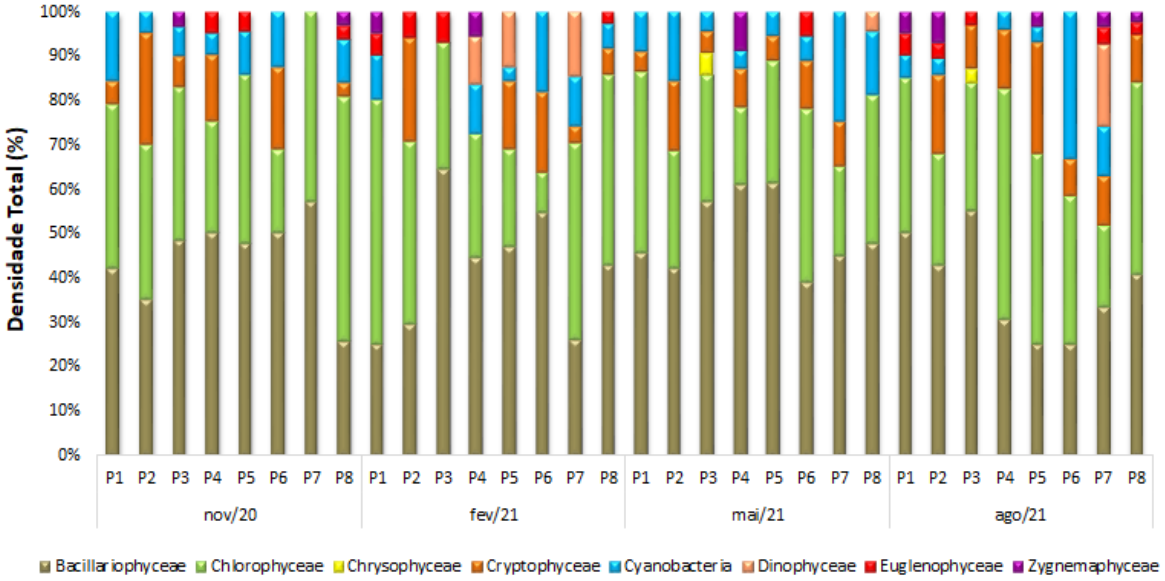
Durante as quatro campanhas amostrais, foram registradas 136 espécies de microalgas planctônicas, distribuídas em 8 classes: Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae e Zygnemaphyceae (Tabela 5.1.1). As maiores densidades foram apresentadas pelas diatomáceas e pelas clorofíceas. A classe Chrysophyceae foi observada somente no ponto 3, nas coletas de outono e inverno (Figura 5.1.1). De acordo com o trabalho de Rodrigues *et al.*(2007), as classes Bacillariophyceae e Chlorophyceae fazem parte da composição dos ambientes lóticos do Rio Grande do Sul.

Tabela 5.1.1: Táxons identificados nos oitos pontos de coletas no período amostral de novembro de 2020 a agosto de 2021.

Bacillariophyceae
Achnantes sp.
Achnanthidium exiguum
Achnanthidium minutissimum
Achnanthidium sp.
Amphipleura lindheimeri
Amphora sp.
Anomoeoneis sp.
Aulacoseira granulata
Cymbella sp.
Cymbella tumida
Cymbopleura cf. *naviculiformis*
Encyonema minutum
Encyonema sp.
Eunotia exigua
Eunotia sp.2
Fragilaria capucina
Fragilaria sp.
Gomphonema cf. *gracile*
Gomphonema parvulum
Gomphonema sp.
Gyrosigma cf. acuminatum
Gyrosigma sp.
Luticola sp.
Melosira varians
Navicula cryptocephala
Navicula cryptotenella
Nitzschia acicularis
Nitzschia cf.*amphibia*
Nitzschia gracilis
Nitzschia lanceolata
Nitzschia palea
Nitzschia paleacea
Nitzschia reversa
Nitzschia sigmoidea
Nitzschia sp.1
Nitzschia sp.2
Nitzschia sp.3
Pennales sp.
Pennales sp.2
Pennales sp.3
Pennales sp.6
Surirella cf. *linearis*
Surirella tenera
Synedra cf. *acus*
Ulnaria ulna
Chlorophyceae
Ankistrodesmus fusiformis
Ankistrodesmus gracilis
Ankistrodesmus sp.
Chlamydomonas sp. 1
Chlorella vulgaris
Chlorophyceae colonial sp.1
Chlorophyceae filamentosa sp.2
Chlorophyceae sp.3
Desmodesmus cf. *communis*
Desmodesmus opoliensis
Desmodesmus sp.
Desmodesmus sp.2
Desmodesmus sp.3
Dictyosphaerium sp.
Eudorina elegans
Monoraphidium arcuatum
Monoraphidium contortum
Monoraphidium grifithii
Monoraphidium minutum
Monoraphidium nanum
Monoraphidium tortile
Oocystis sp.
Pediastrum duplex
Pediastrum simplex
Picochlorophyceae
Scenedesmus cf. *acuminatus*
Scenedesmus cf. *obliquus*
Scenedesmus ecornis
Scenedesmus sp.12
Scenedesmus sp.3
Scenedesmus sp.4
Scenedesmus sp.5
Scenedesmus sp.7
Scenedesmus sp.8
Scenedesmus sp.9
Sphaerocystis sp.
Tetrastrum sp.
Cryptomonas cf. *marssonii*
Cryptomonas erosa
Cryptomonas ovata
Cryptomonas sp.1
Cryptophyceae sp.2
Cryptophyceae sp.3
Rhodomonas lacustris
Rhodomonas minuta
Cyanobacteria
Aphanocapsa delicatissima
Aphanocapsa sp.
Chroococcus limneticus
Chroococcus sp.
Coelosphaerium sp.
Cyanophyc,eae unicelular sp.
Dolichospermum sp.
Filamentosa 2
Leptolyngbya sp.
Limnococcus sp.
Merismopedia sp.2
Oscillatoria sp.
Phormidium sp.
Picocyanobacteria
Planktolyngbya cf. *contorta*
Pseudoanabaena cf. *minima*
Pseudoanabaena sp.
Synechococcus sp.
Synechocystis sp.
Dinophyceae
Ceratium furcoides
Peridinium sp.2
Euglenophyceae
Euglena acus
Euglena sp.1
Euglenophyceae sp.1
Strombomonas sp.
Trachelomonas sp.3
Trachelomonas sp.4
Trachelomonas volvocina
Zygnemaphyceae
Closterium sp.1
Closterium sp.2

Pennales sp.7	*Ulothrix* sp.	*Cosmarium* sp.3
Pinnularia cf. *gibba*	**Chrysophyceae**	*Cosmarium* sp.5
Pinnularia sp.1	*Mallomonas* sp.1	*Cosmarium* sp.7
Pinnularia sp.2	**Cryptophyceae**	*Cosmarium* sp.9
Sellaphora pupula	Cryptophyceae sp.3	*Cosmarium* sp.10
Sellaphora sp.	*Cryptomonas* cf. *marssonii*	*Staurodesmus* sp.

Figura 5.1.1: Densidade relativa dos grupos da comunidade fitoplanctônica observada nos pontos de coleta, no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.



Os valores de riqueza variaram de 9 a 18 táxons identificados durante o período em análise (2020/2021). O maior valor (18) foi observado no ponto 3 na coleta da primavera (Figura 5.1.2).

Os valores de densidade variaram de 224,6 ind.mL^{-1} (E.Efluente) a 85,6 ind.mL^{-1} (ponto 3), ambos registrados na coleta realizada em fevereiro. (Figura 5.1.3). Considerando a média dos valores de densidade, a coleta de agosto destaca-se apresentando o maior valor (151,0 ind.mL^{-1}).

O maior valor de diversidade de Shannon (2,8) foi apresentado pelo ponto 3, na coleta de novembro. Já o menor valor (2,1) observou-se no ponto 1 na coleta de fevereiro, (Figura 5.1.4). Com base nos dados obtidos nas coletas, é possível aferir

que o ponto amostral 3, na coleta da primavera foi o mais diverso entre os pontos coletados no período analisado.

O maior valor de equitabilidade foi observado na coleta de maio, 0,98 no ponto 6. Já os menores valores de equitabilidade foram verificados na E.Efluente e no ponto 5 (0,82), (Figura 5.1.5).

Durante a campanha em análise nesse relatório (2020/2021), diversas microalgas, de diferentes classes foram abundantes, porém o táxon *Monoraphidium arcuatum* destacou-se em todas as campanhas de coletas. Conforme Bicudo & Menezes (2017), esse gênero é um dos mais cosmopolitas entre as algas verdes cocóides, por isso é facilmente encontrado em amostras planctônicas. Outro organismo que também se sobressaiu foi *Nitzschia palea*, essa diatomácea, da mesma forma que *Monoraphidium*, é considerada cosmopolita. Além disso, conforme Taylor & Cocquyt (2016), o gênero *Nitzschia* é altamente adaptável as mais diversas condições físico-quimicas, podem ser encontradas em ambientes ácidos à alcalinos e de alta à baixa condutividade, por exemplo.

Esses táxons estavam presentes em todas as coletas amostrais desta campanha, isso somente comprova que são tolerantes as mais diversas situações ambientais. Para exemplificar essa afirmação, podemos citar a grande variação de pH que ocorreu no ponto 6, durante o período em estudo (2020-2021). Este variou de 5,7 na coleta de novembro à 10,0 na coleta de maio e nessas duas amostragens *Nitzschia palea* estava presente.

Figura 5.1.2: Riqueza de espécies fitoplanctônicas, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

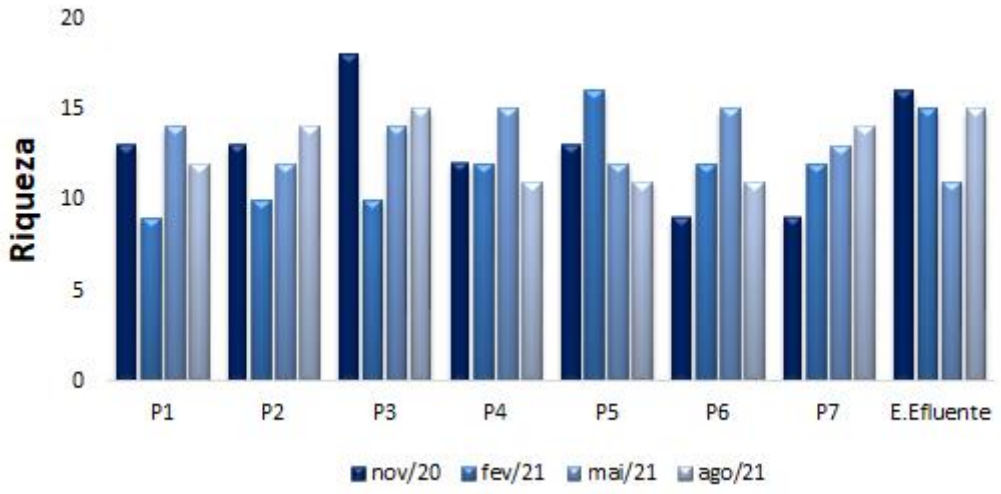


Figura 5.1.3: Densidade total da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

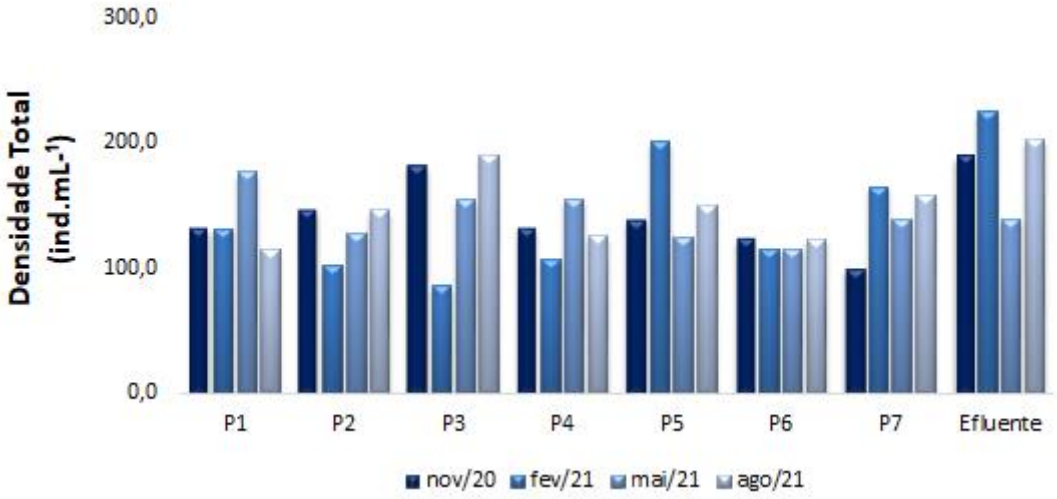


Figura 5.1.4: Índice de diversidade de Shannon da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

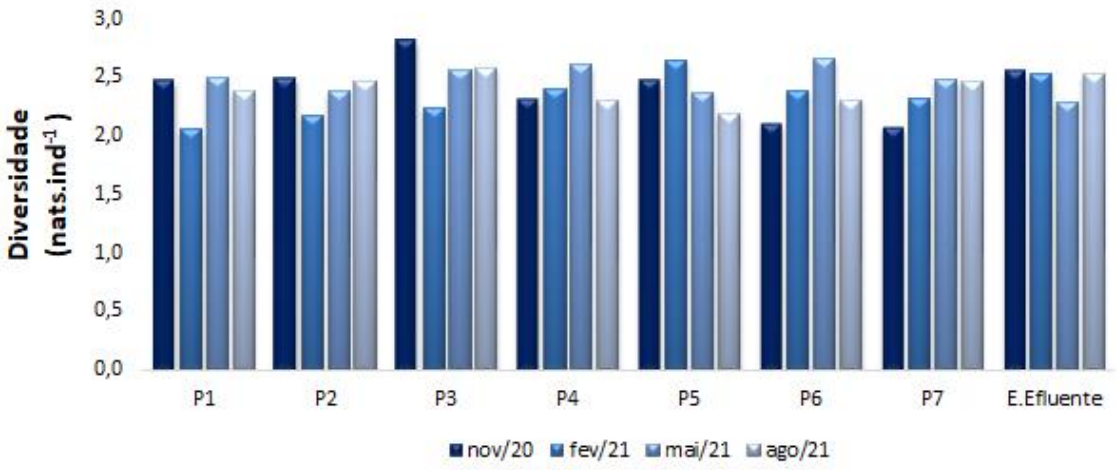


Figura 5.1.5: Equitabilidade da comunidade fitoplanctônica, observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

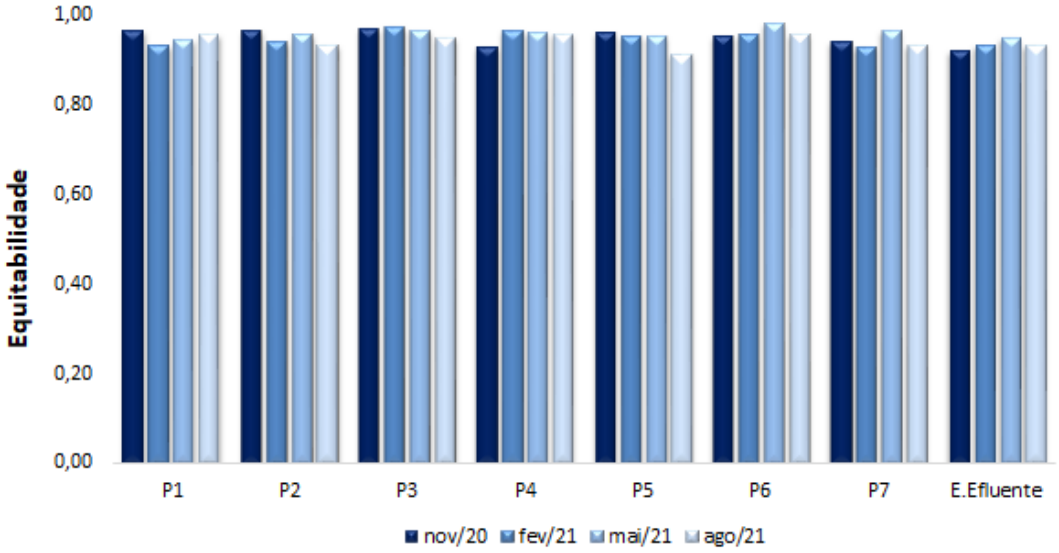


Tabela 5.1.2: Principais táxons abundantes identificados nos oitos pontos de coletas no período amostral de novembro de 2020 a agosto de 2021 (Destacado somente táxons abundantes em 3 ou mais pontos amostrais).

	Táxon	nov/20	fev/21	mai/21	ago/21
BAC	*Achnanthidium minutissimum*		X^3		
BAC	*Nitzschia palea*	x^5		x^4	x^4
CHL	*Ankistrodesmus* sp.	X^3			
CHL	*Monoraphidium arcuatum*	x^5	x^5	X^3	x^5
CRY	*Rhodomonas lacustris*				x^4
DIN	*Ceratium furcoides*		X^3		

* X^n n=número de pontos em que é abundante.

Na análise qualitativa referente ao período amostral 2020-2021, foram identificados 104 táxons (Tabela 5.1.3). A riqueza variou de 33 organismos identificados no ponto 8 (Estação Efluente), na coleta de agosto a 14 táxons no ponto 3, na coleta de fevereiro. Foi registrado apenas um táxon da classe Dinophyceae, *Ceratium furcoides,* presente nas coletas realizadas no outono e no inverno.

Tabela 5.1.3: Análise qualitativa. Relação da presença e riqueza fitoplanctônica nos oitos pontos de coletas no período amostral de novembro de 2020 a agosto de 2021.

	Novembro								Fevereiro								Maio								Agosto							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	E.E	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	E.E	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	E.E	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	E.E
Bacillariophyceae																																
Achnanthidium exiguum	X		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		
Achnantes exigua						X							X							X												
Achnantes oblongella				X																												
Achnantes sp.																							X									
Amphipleura lindheimeri	X		X			X				X		X	X		X			X	X	X					X			X			X	X
Aulacoseira granulata	X		X				X		X		X	X	X	X	X			X	X					X				X		X		
Aulacoseira sp.				X		X											X		X			X				X			X			X
Capartogramma crucicula																					X											
Centralles sp.																													X			
Cyclotella meneghiniana	X		X					X				X														X	X	X				
Cymbella tumida			X	X	X	X										X		X	X	X			X		X				X		X	X
Cocconeis placentula							X			X																				X		
Encyonema minutum													X																			
Eunotia exigua							X															X					X					
Eunotia sp.		X						X			X						X			X									X			
Fragilaria sp.		X							X																							X
Gomphonema parvulum			X			X						X	X	X				X								X			X	X	X	
Gomphonema sp.	X							X						X			X			X			X							X		
Hantzschia sp.															X																	
Melosira varians			X				X			X			X					X			X		X	X							X	
Navicula cryptocephala												X				X			X						X				X			
Navicula cryptotenella	X		X			X				X							X			X					X		X				X	
Neidium sp.													X																			
Nitzschia capitellata					X		X															X										
Nitzschia palea	X		X				X			X		X					X		X			X						X			X	X
Nitzschia reversa	X				X			X					X																X			
Nitzschia sp.2						X						X			X				X						X		X			X		
Pennales sp.2		X							X														X									
Pennales sp.3												X																				X
Pennales sp.5																	X					X										
Pennales sp.6				X																	X		X				X					
Pinnularia cf. gibba					X							X	X		X				X			X			X				X	X		
Pinnularia sp.3																X											X					
Pinnularia brauniana		X				X							X													X						
Sellaphora pupula	X		X					X				X				X					X		X	X							X	X
Stauroneis sp.	X									X																	X					
Surirella tenera			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	X
Chlorophyceae																																
Ankistrodesmus gracilis		X												X																		
Ankistrodesmus sp.				X			X						X	X									X		X	X			X		X	
Chlamydomonas sordida																											X					
Chlorococcales sp.		X	X		X				X		X			X				X	X	X		X										X
Chlorophyceae unicelular sp.1	X					X	X	X	X			X		X	X	X					X				X	X	X	X			X	X
Chlorophyceae sp.3	X													X	X					X						X	X			X	X	
Chlorophyceae unicelular sp.3	X			X	X	X			X			X				X	X	X	X		X		X	X	X		X		X			X
Chlorella vulgaris		X			X		X		X	X					X												X	X	X			
Desmodesmus brasiliensis			X			X			X		X	X		X			X	X			X	X	X			X			X	X		
Desmodesmus bicaudatus	X													X								X										X
Desmodesmus opoliensis					X						X				X			X				X			X			X		X		
Desmodesmus quadricauda		X					X	X								X				X									X			X
Desmodesmus sp.												X				X															X	
Desmodesmus sp.2		X		X			X		X			X						X					X				X					X
Dictyosphaerium sp.									X								X				X					X						
Eudorina elegans	X			X																												
Koliella sp.																	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 irregulare																X									X							
Monoraphidium minutum													X									X	X			X			X	X	X	X
Monoraphidium nanum	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X				X		X		X				X				X				X
Oocystis sp.		X			X						X	X		X							X						X					
Pediastrum duplex						X							X				X						X			X		X	X	X	X	

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Scenedesmus ovalternus																	X															
Scenedesmus sp.2				X																												
Scenedesmus sp.3	X				X	X	X	X	X	X		X					X	X	X	X			X					X			X	X
Scenedesmus sp.6	X				X						X	X									X			X	X					X		X
Scenedesmus sp.8										X																X						
Scenedesmus sp.9	X			X					X				X	X	X									X			X				X	
Chrysophyceae																																
Chrysophyceae sp.1		X										X																		X		
Mallomonas sp.1					X													X														
Cryptophyceae																																
Cryptomonas erosa										X	X													X								X
Cryptomonas marssonii			X					X	X				X							X					X		X	X			X	X
Cryptophyceae sp.		X								X		X		X										X					X	X		
Cryptophyceae sp.2	X					X								X									X					X				X
Rhodomonas lacustris	X				X		X	X		X	X						X		X	X		X			X						X	X
Rhodomonas minuta									X											X	X							X				
Cyanophyceae																																
Aphanocapsa sp.									X			X			X									X						X		
Cyanophyceae colonial sp.				X							X			X			X	X														X
Filamentosa 2	X															X				X		X										
Leptolyngbya sp.																											X					
Merismopedia sp.2	X					X	X	X									X		X				X									X
Merismopedia tenuissima			X							X		X									X	X								X		
Oscillatoriales		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		X		X	
Dinophyceae																																
Ceratium furcoides																							X		X							
Euglenophyceae																																
Euglena acus			X			X			X									X		X					X	X						
Euglena sp.1	X						X															X					X					
Euglena sp.2				X																												
Phacus longicauda												X									X									X		
Phacus sp.		X			X	X									X		X							X								X
Trachelomonas volvocina		X												X						X						X						
Trachelomonas sp.3	X			X																										X		
Strombomonas sp.																X																
Zygnemaphyceae																																
Closterium sp. 2	X			X		X						X	X					X	X						X				X	X	X	X
Closterium sp. 3								X														X				X						
Cosmarium sp.3	X	X									X			X													X	X	X			
Cosmarium sp.5																				X			X	X								
Cosmarium sp.9			X							X			X				X															X
Euastrum sp.				X				X																		X						
Staurastrum sp.2	X				X							X											X									
Staurodesmus sp.		X					X				X			X												X		X	X			X
Spirogyra sp.						X				X												X										X
Riqueza Total	30	20	20	18	19	20	20	16	19	17	14	29	20	20	19	17	20	21	17	20	18	20	22	16	17	21	22	21	25	23	21	33

Os valores de riqueza, diversidade, equitabilidade e densidade variaram de uma forma mais uniforme tanto na perspectiva temporal quanto espacial (Figura 5.1.6 e Figura 5.1.7). Os índices riqueza e densidade foram mais influenciados pela localização dos pontos do que pela sazonalidade. Mas é importante salientar que essa influência foi mínima, pois há pouquíssima variação nos valores do âmbito temporal para o espacial. Nota-se que o ponto amostral 3 teve a maior variação de valor mínimo à valor máximo nos índices diversidade, riqueza e densidade. Já a coleta da primavera, desta-se nos mesmos índices: diversidade, riqueza e densidade.

Figura 5.1.6: 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 no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

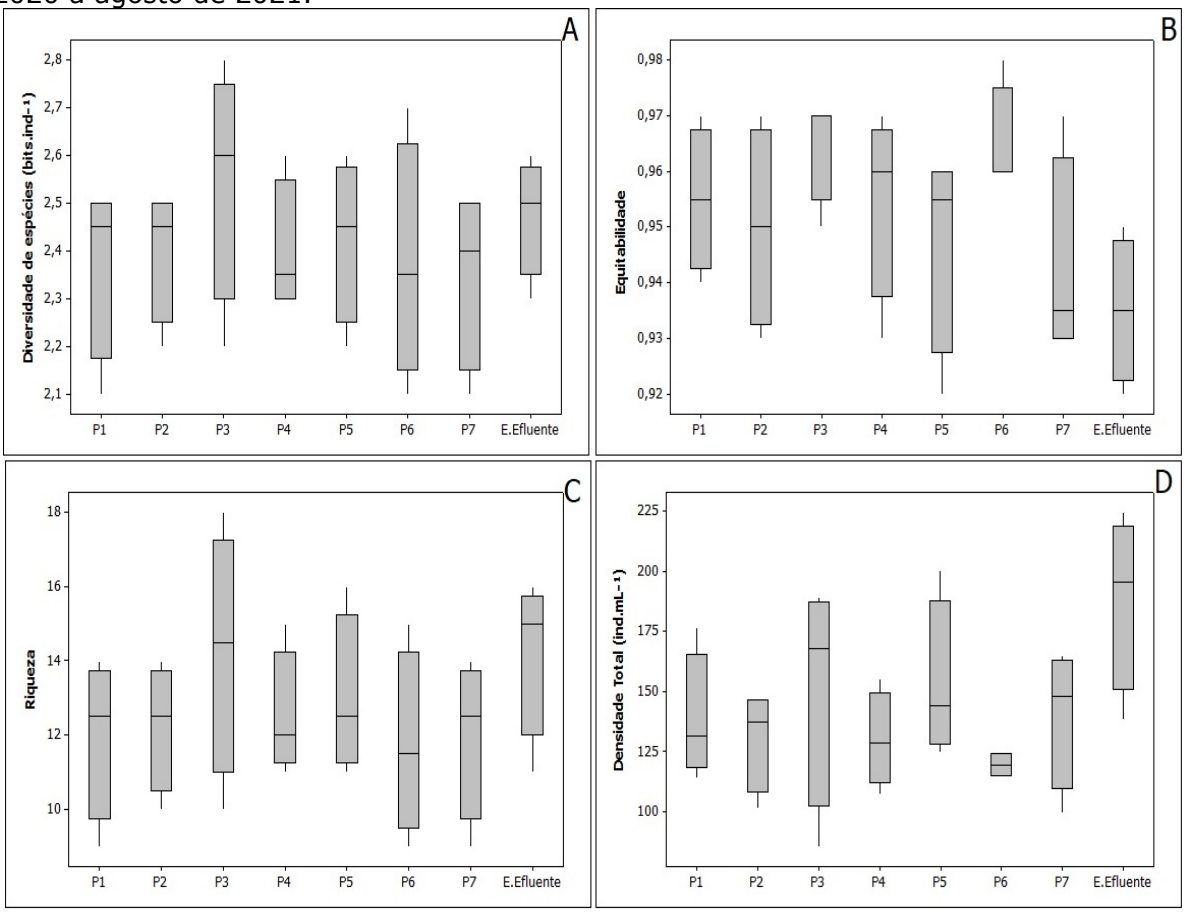
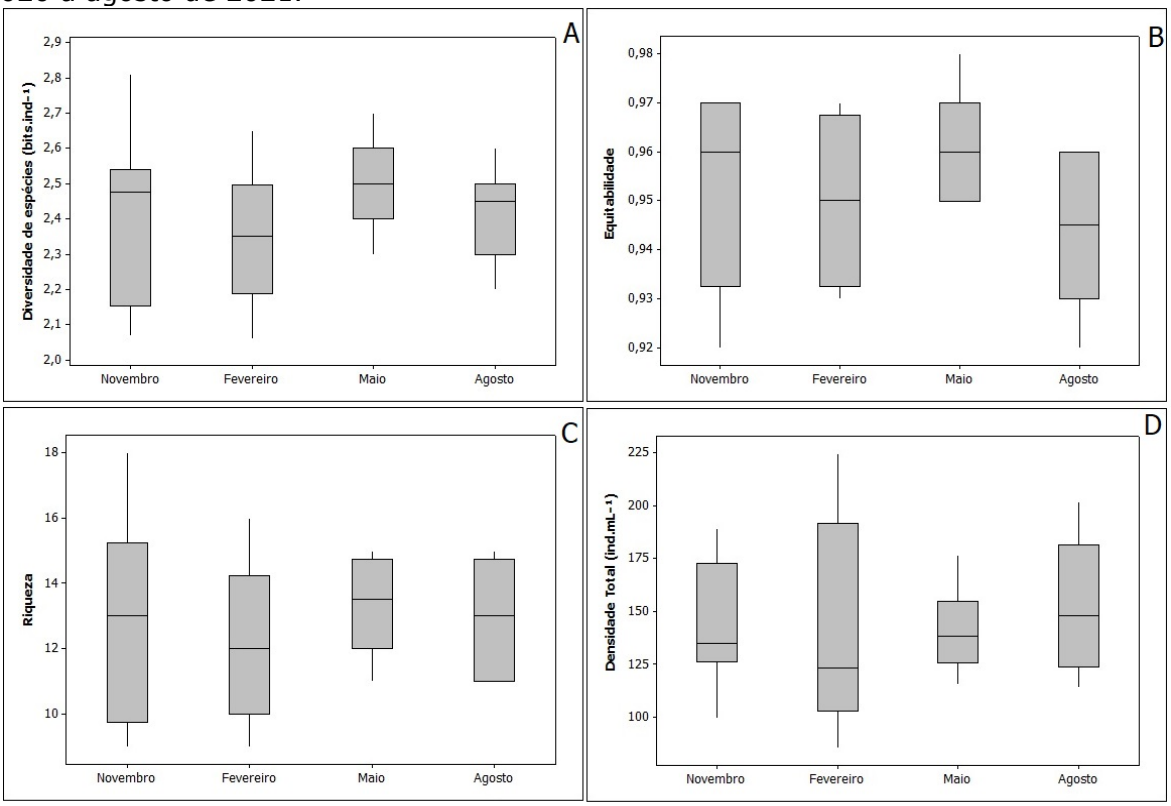


Figura 5.1.7: Boxplot (medianas, quartis, n = 8) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.mL⁻¹) da comunidade fitoplanctônica observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.



Referências Bibliográficas

Bicudo, C.E.M & Menezes, M. 2017. Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil.Ed. Rima, 3ªEdição. São Paulo, Brasil.

Lobo, E.A. & Leighton, G. 1986. Estruturas comunitarias de las fitocenoses planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. Rev. Biol. Mar., 22: 1-29.

Rodrigues, S.C.; Torgan, L. & Schwarzbold A. 2007. Composição e variação sazonal da riqueza do fitoplâncton na foz dos rios do delta do Jacuí, RS, Brasil. Acta Botânica 21 (3), 707-721.

Round, F. E., 2004. pH scaling and diatom distribution. Diatom v.20, p.9-12.

Shannon, C.E., Weaver, W. 1963. The Mathematical Theory of Communication. Illinois University Press: Urbana, USA.

Taylor,J.C & Cocquyt, C. 2016. Diatoms from the Congo and Zambezi Basins – Methodologies anda identification of the genera. The Belgian Development Cooperation,Belgium. 364p.

Utermöl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol., 9: 1-38.

Wetzel, R. G. & Likens, E. 1991. Limnological Analysis. Springer-Verlag, New York. 391 p.

5.2 PERIFITON

Objetivo

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 o período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

Metodologia de Coleta, Preservação das Amostras e Análises

A coleta do Perifíton segue as recomendações de Round (1993) e Kelly *et al.* (1998). 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 (Round, 1993; Lobo *et al.*, 1995; Kelly *et al.*, 1998). Não foi possível amostrar a comunidade perifíticas no ponto 5, por se tratar de um ambiente sem a presença de seixos.

A quantificação das algas epilíticas foi realizada pelo método de Utermöhl (1958), 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 (1991) modificada por Schwarzbold (1992), conforme segue:

$$\mathbf{N = [(n * V)/v] * (1/S)}$$

Onde:

N = número de indivíduos por cm^2

n = número total de indivíduos contados

V = volume da amostra com material raspado

v = volume dos campos contados

S = superfície do substrato em cm^2

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 (1986), 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.

Resultados

Nesse ano de campanha (novembro de 2020 a agosto de 2021), foram registrados 157 táxons de algas (Tabela 5.2.1), pertencentes às classes Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae e Zygnemaphyceae. As classes Bacillariophyceae e Chlorophyceae, apresentaram os maiores números de organismos identificados, respectivamente 69 e 35. Dinophyceae teve apenas um táxon identificado, *Ceratium furcoides*, observado no ponto 7 na coleta do inverno.

As diatomáceas representaram as maiores densidades entre os organismos perifíticos registrados nessa campanha (Figura 5.2.1). Importante salientar que as diatomáceas são um importante componente da produção primária de energia nos ambientes aquáticos (Taylor, J.C. & Cocquyt,2016).

Tabela 5.2.1: Táxons identificados nos sete pontos de coletas no período amostral de novembro de 2020 a agosto de 2021.

Bacillariophyceae	*Pinnularia* sp.2	*Cryptomonas ovata*
Achnantes sp.	*Pinnularia* sp.3	*Cryptomonas* sp.
Achnanthidium exiguum	*Pinnularia subcapitata*	*Cryptomonas* sp.2
Achnanthidium minutissimum	*Sellaphora pupula*	Cryptophyceae sp.1
Amphipleura lindheimeri	*Sellaphora* sp.	*Rhodomonas* cf. *lacustris*
Amphora sp.	*Stauroneis* sp.	**Cyanophyceae**
Aulacoseira granulata	*Stenopterobia* sp.	*Aphanocapsa delicatissima*
Bacillariophyceae sp.	*Surirella* sp.	*Aphanocapsa* sp.
Bacillariophyceae sp.2	*Surirella* sp.2	cf. *Romeria* sp.
Bacillariophyceae sp.3	*Surirella* sp.3	*Chroococcus* sp.
cf. *Cymbopleura* sp.	*Surirella tenera*	*Chroococcus turgidus*
cf.*Placoneis* sp.	*Synedra acus*	Cyanophyceae colonial N.I
Cocconeis placentula	*Terpsinoë musica*	Filamentosa sp.1
Cyclotella menghiniana	*Ulnaria ulna*	Filamentosa sp.2

Cymbella cf. *cymbiformis*
Cymbella sp.
Cymbella sp. 2
Cymbella tumida
Encyonema minutum
Encyonema sp.
Eunotia exigua
Fragilaria sp.
Frustulia sp.
Gomphonema cf. *gracile*
Gomphonema cf. *angustatum*
Gomphonema parvulum
Gomphonema sp.1
Gyosigma cf. *acuminatum*
Gyrosigma sp.1
Hantzschia amphioxys
Hantzschia sp.
Melosira varians
Navicula cf. *amphiceropsis*
Navicula cryptocephala
Navicula cryptotenella
Navicula sp.1
Navicula sp.4
Neidium sp.
Nitzschia acicularis
Nitzschia cf. *amphibia*
Nitzschia clausii
Nitzschia gracilis
Nitzschia palea
Nitzschia paleacea
Nitzschia sigmoidea
Nitzschia sp.
Nitzschia sp.3
Nitzschia sp.4
Pennales sp.1
Pennales sp.2
Pennales sp.3
Pennales sp.4
Pennales sp.5
Pennales sp.6
Pinnularia cf. *gibba*
Pinnularia sp.1

Chlorophyceae

Ankistrodesmus sp.
Chlamydomonas sp.
Chlorella vulgaris
Chlorophyceae colonial N.I
Chlorophyceae filamentosa sp.2
Chlorophyceae sp.
Chlorophyceae unicelular sp.2
Chlorophyceae unicelular sp.4
Closteriopsis sp.
Desmodesmus bicaudatus
Desmodesmus brasiliensis
Desmodesmus cf. *armatus*
Desmodesmus cf. *communis*
Desmodesmus opoliensis
Desmodesmus sp.1
Dictyosphaerium sp.
Eudorina elegans
Filamentosa N.I
Monoraphidium arcuatum
Monoraphidium contortum
Monoraphidium irregulare
Monoraphidium nanum
Oedogonium sp.
Oocystis sp.
Pediastrum simplex
Scenedesmus cf. *ovalternus*
Scenedesmus sp.1
Scenedesmus sp.2
Scenedesmus sp.3
Scenedesmus sp.4
Scenedesmus sp.5
Scenedesmus sp.6
Scenedesmus sp.7
Sphaerocystis sp.
Tetrastrum sp.

Chrysophyceae

Chrysococcus sp.
Mallomonas sp.

Cryptophyceae

Cryptomonas erosa
Cryptomonas marssonii
Lyngbya sp.
Merismopedia sp.2
Merismopedia tenuissima
Oscilatorialles sp.2
Oscillatoria sp.
Oscillatoria sp.2
Planktolyngbya limnetica
Pseudanabaena limnetica
Pseudanabaena sp.
Synechococcus sp.
Synechococystis sp.

Dinophyceae

Ceratium furcoides

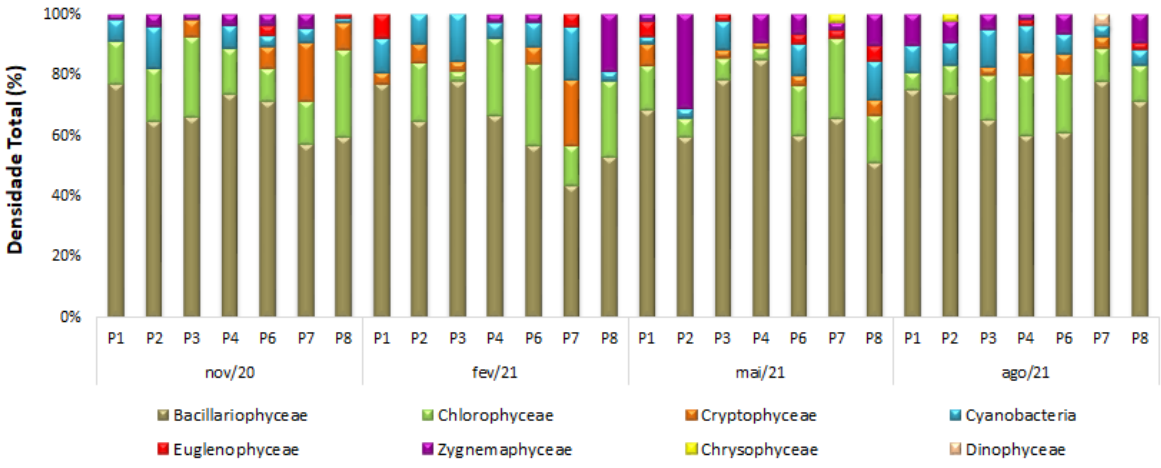
Euglenophyceae

Euglena cf. *acus*
Euglena sp.1
Euglena sp.2
Trachelomonas sp.
Trachelomonas sp.2
Trachelomonas volvocina

Zygnemaphyceae

Closterium sp.1
Closterium sp.2
Closterium sp.3
Closterium sp.5
Cosmarium sp.1
Cosmarium sp.10
Cosmarium sp.2
Cosmarium sp.3
Cosmarium sp.5
Cosmarium sp.7
Cosmarium sp.9
Euastrum sp.2
Mougeotia sp.
Spirogyra sp.
Staurastrum gracile
Staurastrum sp.
Staurodesmus sp.
Zygnemaphyceae filamentosa sp.2

Figura 5.2.1: Densidade relativa dos grupos da comunidade perifítica observada nos pontos de coleta, no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.



A coleta realizada em novembro apresentou os maiores valores de riqueza específica, os valores variaram entre 24, na Estação Efluente, e 12 no ponto 7. Já a coleta realizada em fevereiro apresentou os menores números de táxons identificados, destacando-se o ponto 7 com apenas 11 táxons identificados (Figura 5.2.2).

Os maiores valores de densidade total foram registrados no ponto amostral 1 e na Estação Efluente. Os maiores valores de densidade do ponto 1 foram 1114,9 ind cm^{-2} e 1092,6 ind cm^{-2}, nas campanhas de maio e novembro respectivamente. Já na Estação Efluente, os maiores valores foram 1051,0 ind cm^{-2} e 1002 ,3 ind $cm^{-2,}$ nas coletas de agosto e maio (Figura 5.2.3). Considerando a média dos valores de densidade total e a sazonalidade, a coleta realizada em maio (outono) se destaca, 794,3 ind cm^{-2}.

O índice de diversidade de Shannon variou de 2,9 (ponto 4) a 2,2 (ponto 7 e Estação Efluente). A coleta realizada em fevereiro apresentou o menor valor de diversidade, já o maior valor foi registrado na coleta de agosto (Figura 5.2.4). O menor valor de equitabilidade (0,87) foi apresentado pela Estação Efluente na coleta realizada em novembro. O maior valor de equitabilidade (0,97) foi observado na coleta de fevereiro, no ponto 2 (Figura 5.2.5).

Os organismos que mais se destacaram nessa campanha amostral pertencem à classe Bacillariophyceae, como ocorrido nas últimas campanhas (Tabela 5.2.2). Isso pode ser explicado pelo fato de algumas espécies de Bacillariophyceae possuírem adaptações que favorecem a fixação em substrato, conforme Wehr & Sheath (2003). Entre os mais abundantes no período estudado, há a presença do táxon *Rhodomonas lacustris,* o gênero *Rhodomonas* é considerado C-estrategistas, ou seja, são os primeiros organismos a colonizarem os corpos d'água, ou chegam após alguma alteração hidrográfica segundo Brasil & Huszar (2011), baseado em Reynolds (2006).

Figura 5.2.2: Riqueza de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

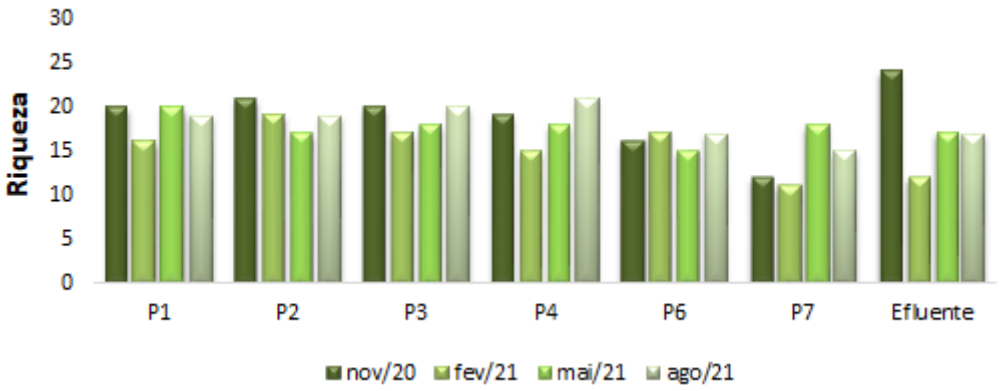


Figura 5.2.3: Densidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

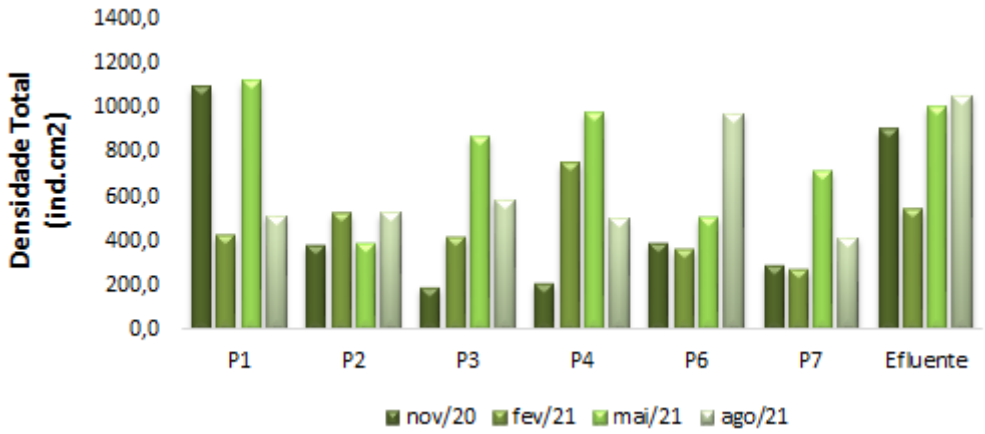


Figura 5.2.4: Índice de diversidade de Shannon da comunidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

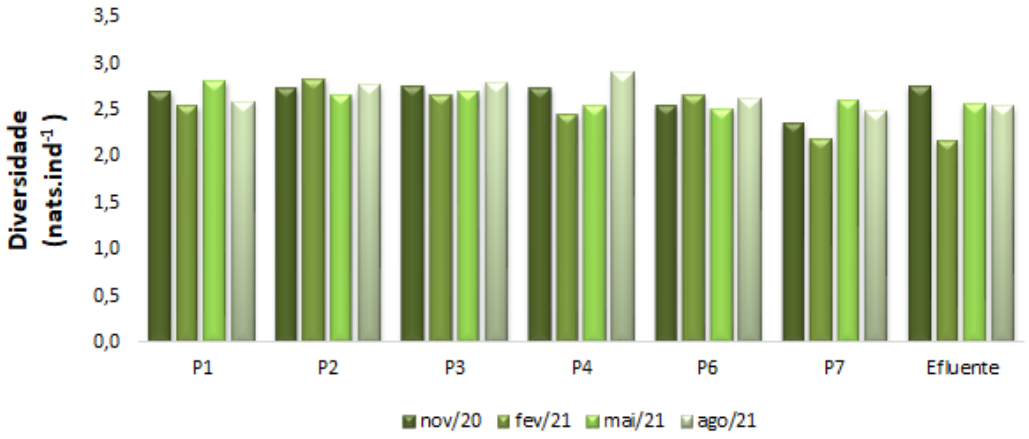


Figura 5.2.5: Equitabilidade da comunidade de algas perifíticas em sete pontos de coleta no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

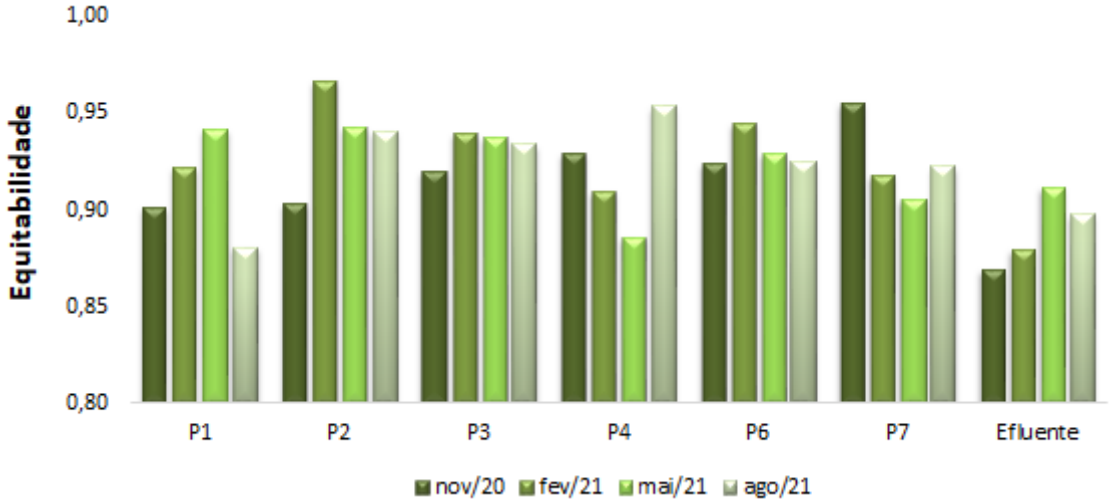


Tabela 5.2.2: Principais táxons abundantes identificados nos sete pontos de coletas no período amostral de novembro de 2020 a agosto de 2021 (Destacado somente táxons abundantes em 3 ou mais pontos amostrais).

		nov/20	**fev/21**	**mai/21**	**ago/21**
BAC	*Achnanthidium minutissimum*	X^4	X^4	X^5	
BAC	*Cocconeis placentula*	X^3			
BAC	*Cymbella tumida*		X^3	X^3	
BAC	*Navicula cryptocephala*	X^4			
BAC	*Navicula cryptotenella*				
BAC	*Nitzschia palea*	X^7			X^5
BAC	*Nitzschia* sp.3				X^3
BAC	*Ulnaria ulna*		X^4		X^3
CRY	*Rhodomonas* cf. *lacustris*	X^3			

* X^n n=número de pontos em que é abundante

Conforme Rocha (1992), os organismos perifíticos são parte integrante do ciclo de energia em quase todos os ambientes lóticos, fornecendo alimento, dessa forma mantendo a cadeia alimentar.

Analisando as Figuras 5.2.6 e 5.2.7 que correlacionam os dados amostrais com a variação temporal e espacial, foi possível aferir que a localização dos pontos amostrais interferiu um pouco mais nos valores de mediana dos parâmetros estudados. Importante salientar que a variação mais significativa, ocorreu com os valores de densidade. Destaca-se a riqueza na escala temporal, especificamente a coleta realizada no mês de maio, onde há dois valores que saem fora dos quartis.

Figura 5.2.6: 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 no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.

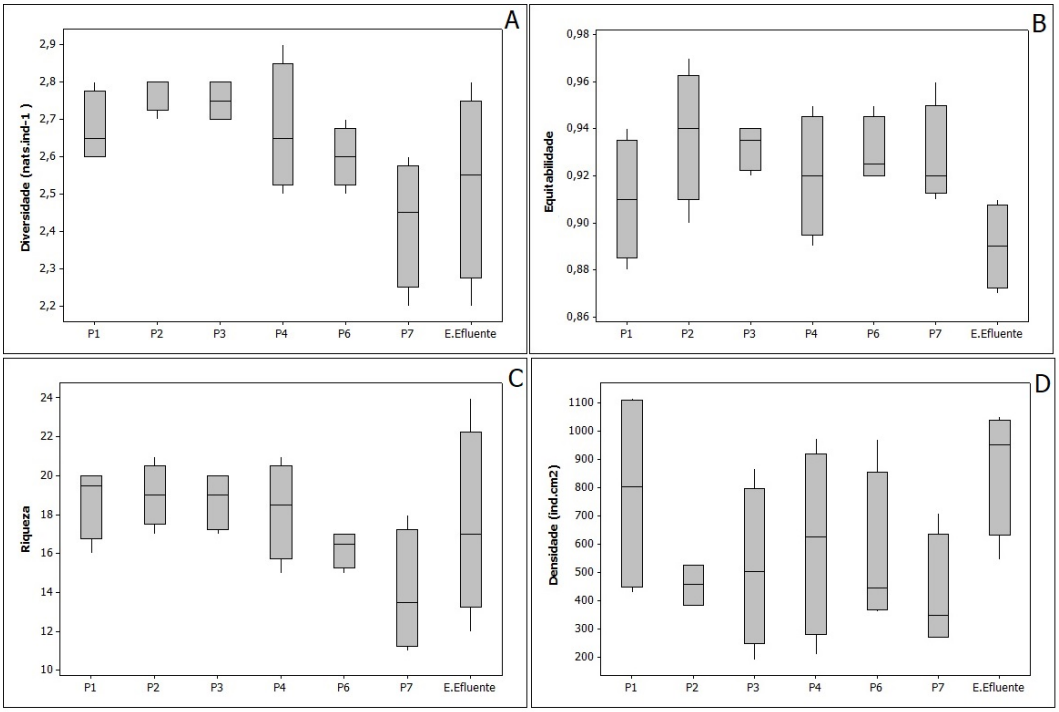
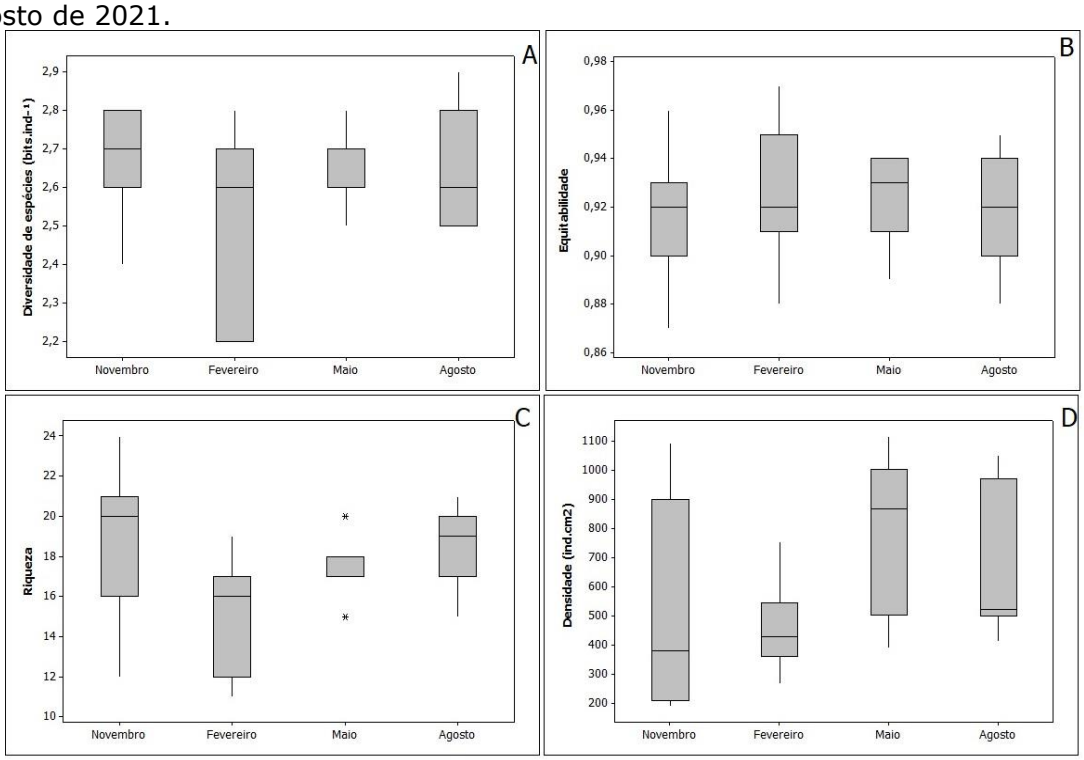


Figura 5.2.7: Boxplot (medianas, quartis, n = 7) da (A) diversidade de espécies (bits.ind-¹), (B) Equitabilidade, (C) riqueza (n° de táxons) e (D) densidade total (ind.cm²) da comunidade perifítica observada nos pontos de coleta no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.



0,

Referências bibliográficas

Brasil, J.; Huszar, V.L.M. 2011. O papel dos traços funcionais na ecologia do fitoplâncton continental. Oecologia Australis, v. 15, p. 799-834.

Kelly, M. G.; Cazaubon, A.; Coring, E.; Dell´Uomo, A.; Ector, L.; Goldsmith, B.; Guasch, H.; Hürlimann, J.; Jarlman, A.; Kawecka, B.; Kwandrans, J.; Laugaste, R.; Lindstrom, E. –A.; Leitao, M.; Marvan, P.; Padisák, J.; Pipp, E.; Prygiel, J.; Rott, E.; Sabater, S.; Van Dam, H. & Vizinet, J. 1998.Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. J. Appl. Phycol., 10: 215-224.

Lobo, E. A.; Salomoni, S.E.; Rocha, O.;Callegaro, V.L.2006. Epilithic diatoms as indicatores of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. Hydrobiologia, v.559, p.233-246.

Lobo, E. A.; Katoh, K. & Aruga, Y. 1995. Response of epilithic diatom assemblages to water pollution in rivers in the Tokyo Metropolitan area. Freshwater Biol., v.34: 191-204.

Lobo, E. & Leighton, G. 1986. Estruturas comunitarias de las fitocenoses planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. Rev. Biol. Mar., 22: 1-29.

Reynolds, C.S. 2006. Ecology of Phytoplankton, Cambridge University Press, Cambridge, UK. 535p.

ROCHA, A.A. 1992. Algae as indicatiors of water pollution. pp. 34-55. In: CORDEIROMARINO, M., AZEVEDO, M.T.P., SANT'ANNA, C.L., TOMITA, N.Y. and PASTINO, E.M. (Editors). Algae and environment: a general approach. São Paulo, Sociedade Brasileira de Ficologia, CETESB.

Round, F. E. 1993. A Review and Methods for the Use of Epilithic Diatoms for Detecting and Monitoring Changes in River Water Quality. London HMSO Publisher. 63p.

Schwarzbold, A. 1992. Efeitos do regime de inundação do rio Mogi-Guaçu (SP) sobre a estrutura, diversidade, produção e estoques do perifíton de *Eichhornia azurea* (Sw) Künth da Lagoa do Infernão. São Carlos, Universidade Federal de São Carlos. 237 p. (Tese de Doutorado).

Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol., 9: 1-38.

Wehr, J.D.; Sheath, R.G. 2003. Freshwater algae of North America: ecology and classification. USA: Elsevier Science, 918p.

Wetzel, R. G. & Likens, E. 1991. Limnological Analysis. Springer-Verlag, New York. 391 p.

Os compartimentos Fitoplâncton e Perifíton têm como responsável técnica a Bióloga Esp. Daniela de Carvalho Leite Ribeiro.

5.3 ZOOPLÂNCTON

O zooplâncton é representado pelos táxons Rotifera, Cladocera e Copepoda.

Foram identificados no período, um total de 85 táxons do zooplâncton, sendo 14 Cladocera, 7 Copepoda e 64 Rotifera, conforme listagem abaixo.

CLADOCERA	*Brachionus angularis*	*Lecane (M) hamata*
Acroperus arpae	*Brachionus calyciflorus*	*Lecane (M) lunaris*
Alona davidi	*Brachionus caudatus*	*Lecane (M) lunaris f perplexa*
Alona monacantha	*Brachionus dolabratus dolabratus*	*Lecane (M) quadridentata*
Alona sp.	*Brachionus falcatus falcatus*	*Lecane (M) stenroosi*
Biapertura affinis	*Brachionus mirus*	*Lecane* cf. *Hastata*
Bosmina longirostris	*Brachionus patulus patulus*	*Lecane* cf. *hornemanni*
Bosminopsis deitersi	*Brachionus patulus* var *macracanthus*	*Lecane* cf. *inermis*
Ceriodaphnia cornuta f. rigaudi	*Brachionus quadridentatus quadridentatus*	*Lecane* cf. *latissima*
Chydorus sphaericus	*Brachionus urceolaris*	*Lecane flexilis*
Euryalona orientalis	*Cephalodella gibba*	*Lecane leontina*
Ilyocryptus spinifer	*Colurella obtusa*	*Lecane ludwigi* f. *brevicauda*
Macrothryx triserialis	*Conochilus coenobasis*	*Lecane luna*
Moina micrura	*Dipleuchlanis propatula*	*Lecane luna* var *presumpta*
Simocephalus serrulatus	*Euchlanis dilatata*	*Lecane signifera*
COPEPODA	*Filinia longiseta*	*Lecane* sp.
Acanthocyclos vernalis	*Filinia opoliensis*	*Lepadella patella*
Eucyclops solitarius	*Filinia terminalis*	*Lophocharis oxysternon*
Mesocyclops longisetus	*Kellicottia bostoniensis*	*Macrochaetus collinsi*
Notodiaptomus incompositus	*Keratella americana*	*Monommata* sp.
Paracyclops fimbriatus	*Keratella cochlearis*	*Mytilina ventralis*
Thermocyclops crassus	*Keratella cochlearis tecta*	*Platyas quadricornis*
Tropocyclops prasinus	*Keratella lenzi*	*Ploesoma truncatum*
ROTIFERA	*Keratella serrulata* f. *curvicornis*	*Polyarthra* cf. *remata*
Ascomorpha ecaudis	*Keratella tropica*	*Polyarthra* cf. *vulgaris*
Ascomorpha sp.	*Lecane (M) bulla bulla*	*Pompholyx complanata*
Asplancna sp.	*Lecane (M) closterocerca*	*Synchaeta* cf. *oblonga*
		Synchaeta cf. *pectinata*
		Testudinella patina dendradena
		Testudinella patina patina
		Trichocerca bicristata
		Trichocerca capuccina
		Trichocerca similis
		Trichotria tectralis

Com relação a abundância absoluta das espécies coletadas, as Figuras 5.3.1 e 5.3.2 mostram os resultados obtidos para o período estudado.

Figura 5.3.1: Abundância absoluta (Ind.m$_3^{-1}$) dos indivíduos do zooplâncton por época de coleta, realizadas trimestralmente entre novembro de 2020 e agosto de 2021.

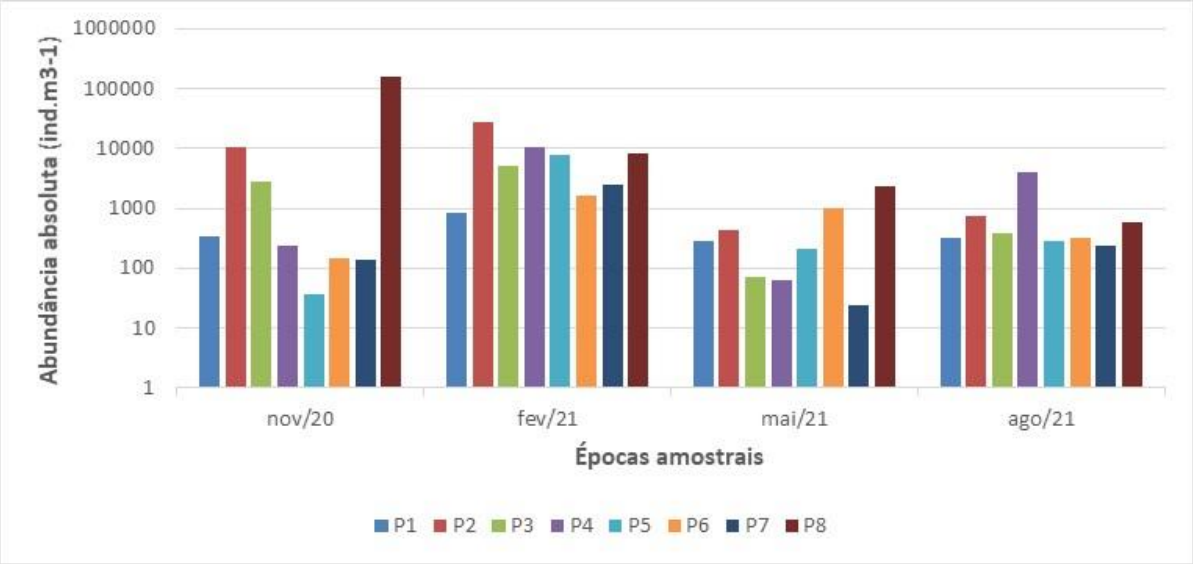
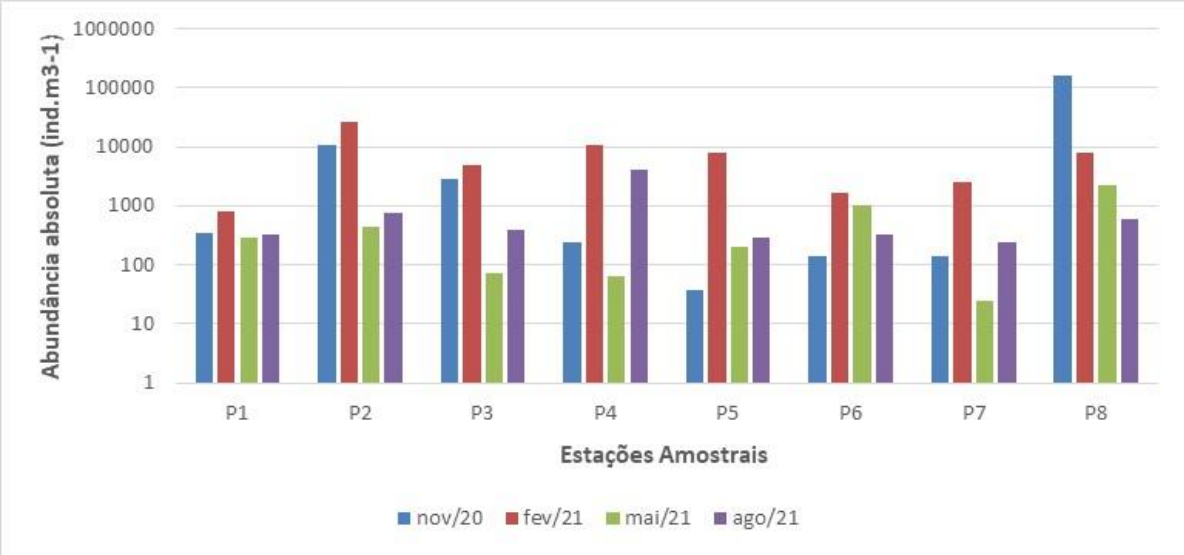


Figura 5.3.2: Abundância absoluta (Ind.m$_3^{-1}$) dos indivíduos do zooplâncton por estação amostral, coletados trimestralmente entre novembro de 2020 e agosto de 2021.



No atual período estudado, foram significativos, em termos de abundância absoluta, os meses de novembro de 2020 e fevereiro de 2021, principalmente nas estações P2 e na P8, conforme mostra a Figura 5.3.1.

Com relação a abundância absoluta dos organismos do zooplâncton, os meses de novembro e fevereiro foram os de melhores resultados, ressaltando a temperatura como a variável ambiental mais importante para este quesito. Como tem sido sempre observado neste sistema estudado, as altas temperaturas dos meses de

verão disponibilizam melhores condições de habitat para as espécies do zooplâncton, em ambientes que permanecem com um relativo bom volume de águas. A disponibilidade de alimento também influencia em números mais elevados dos componentes deste grupo.

Na Figura 5.3.2 é possível observar que a estação P8 é a que apresenta os maiores resultados para a densidade absoluta do zooplâncton quando comparada com os demais locais amostrados, em todas as épocas pesquisadas, seguida da estação P2.

Os resultados da riqueza de espécies estão compilados nas Figuras 5.3.3 e 5.3.4.

Figura 5.3.3: Riqueza de espécies do zooplâncton por época de coleta, nas coletas realizadas trimestralmente entre novembro de 2020 e agosto de 2021.

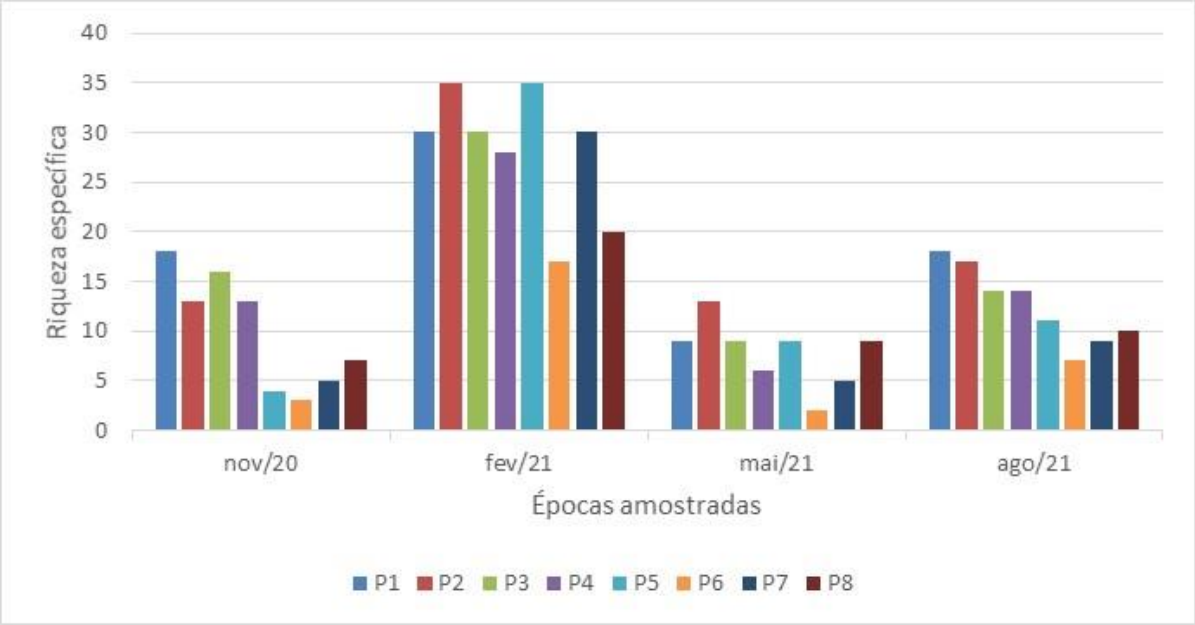
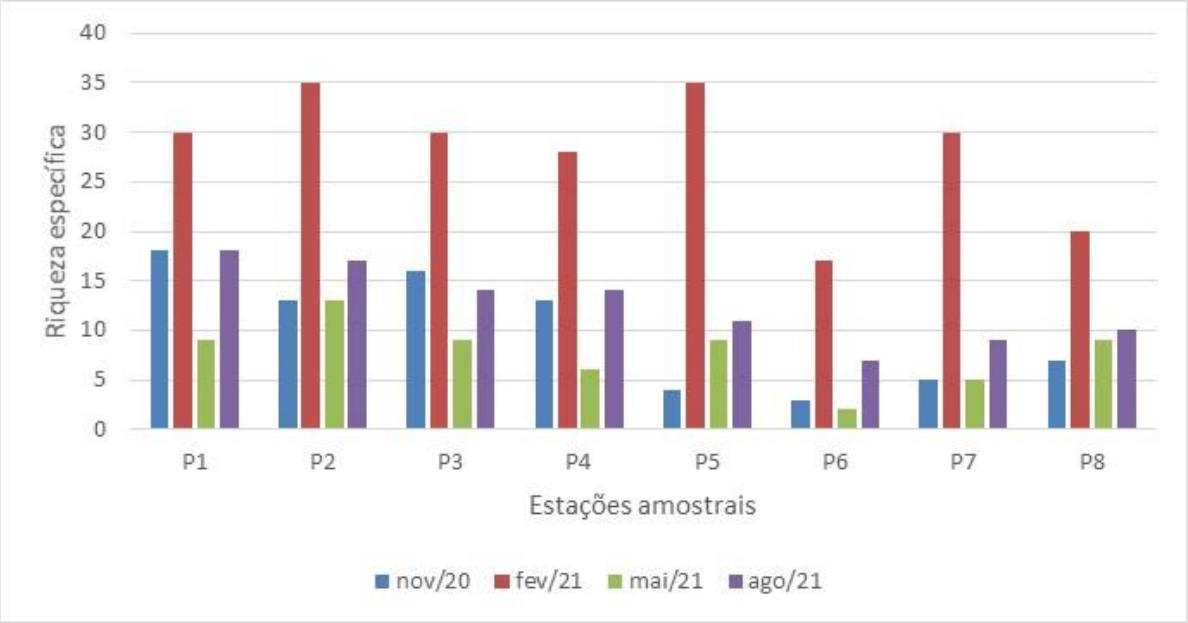


Figura 5.3.4: Riqueza de espécies do zooplâncton por estação de coleta, nas coletas realizadas trimestralmente entre novembro de 2020 e agosto de 2021.



Fevereiro de 2021 foi a época em que ocorreram os maiores valores para a riqueza de espécies do zooplâncton, conforme mostra a Figura 5.3.3. Em maio, também os melhores resultados foram em P1, P5 e P7, que parecem ser as de melhor qualidade neste quesito, neste período.

Em fevereiro, também, as maiores riquezas foram representadas pelas espécies de habitat bentônico como o gênero *Lecane* com o maior número de espécies (16), como tem sido observado.

Nas Figuras 5.3.5 e 5.3.6 estão compilados os resultados da diversidade de Shannon.

Figura 5.3.5: Diversidade de Shannon para o zooplâncton, por época amostral, coletado trimestralmente no período de novembro de 2020 e agosto de 2021.

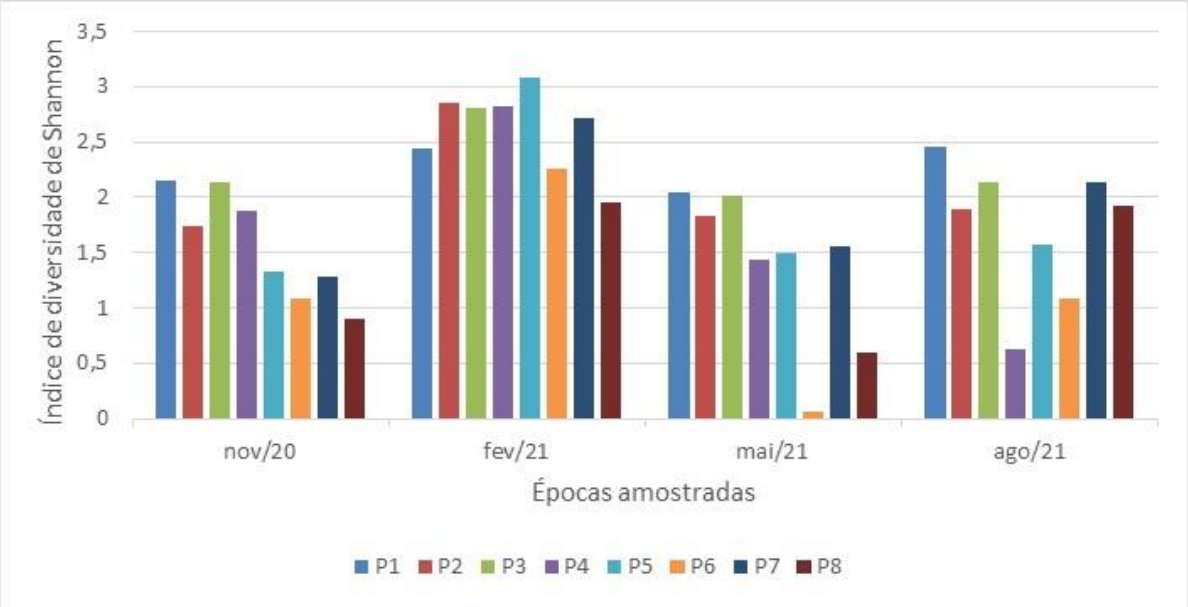
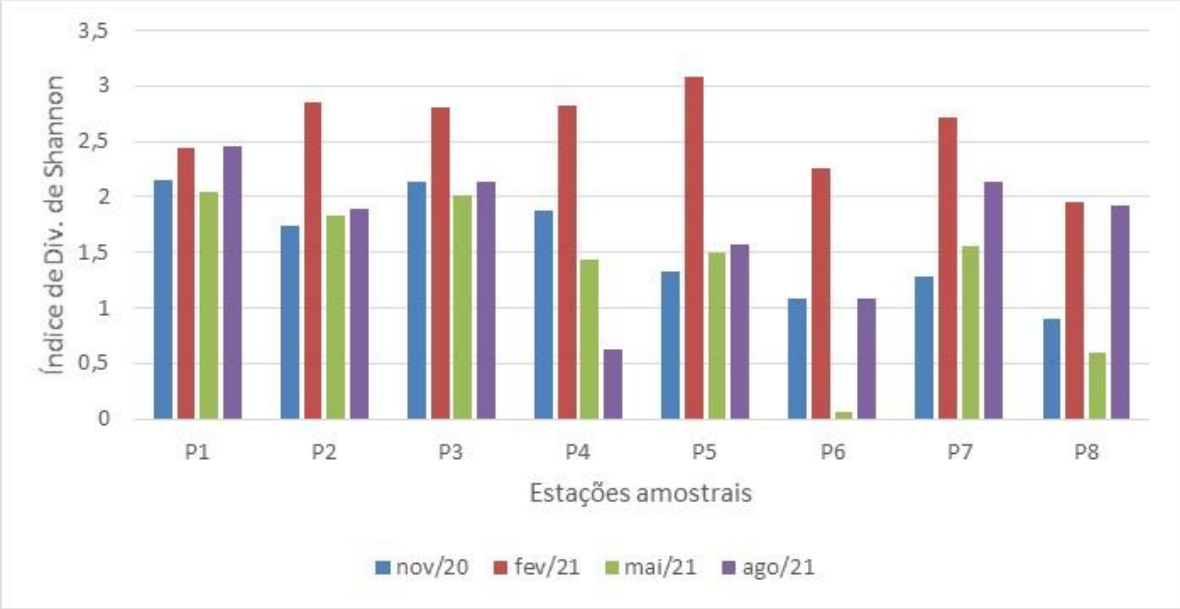


Figura 5.3.6: Diversidade de Shannon para o zooplâncton, por estação amostral, coletado trimestralmente no período de novembro de 2020 e agosto de 2021.



De uma forma geral, as estações P1 e P3 mostraram resultados muito homogêneos no período para o índice de diversidade de Shannon, sendo que a estação P5 apresentou o maior valor em fevereiro de 2021.

As estações P6 e P8 foram as que mostraram resultados menores neste período para a diversidade de Shannon.

Quanto à equitatividade, mostrada nas Figuras 5.3.7 e 5.3.8, fevereiro de 2021 foi o mês com maior equilíbrio entre as espécies do zooplâncton.

A equitatividade representa a importância relativa das espécies nos diferentes ambientes. A estação P6 foi a que apresentou a menor equitatividade no período, representado pelo mês de maio, principalmente pela dominância de Bdelloidea.

Figura 5.3.7: Equitatividade para o zooplâncton, por época amostral, coletado trimestralmente no período de novembro de 2020 e agosto de 2021.

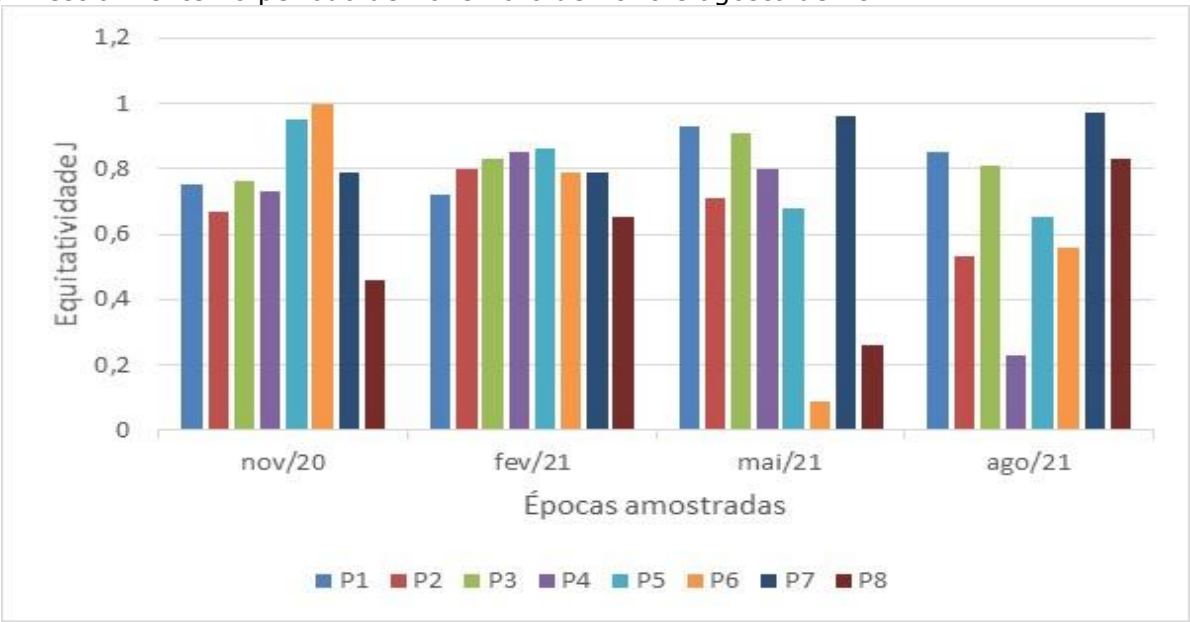
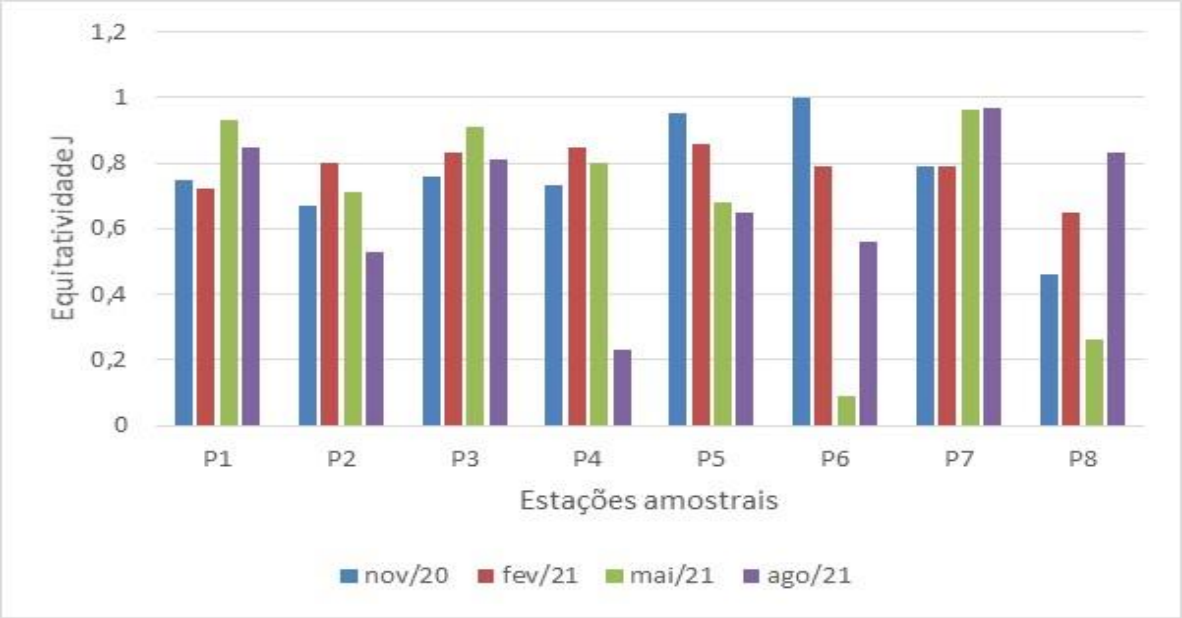


Figura 5.3.8: Equitatividade para o zooplâncton, por estação amostral, coletado trimestralmente no período de novembro de 2020 e agosto de 2021.



Considerações Finais

Tem sido um padrão observado no sistema estudado, que a épocas de melhores resultados sejam aquelas em que a temperatura e maiores volumes de água ocorrem. Como se sabe pela literatura, maiores temperaturas oferecem melhores condições alimentares e de habitat para as espécies zooplanctônicas, cuja composição e estrutura mostra um considerável aumento e melhor riqueza nestas épocas. Quando comparadas as épocas amostrais, assim como tem sido observado em todos os períodos já amostrados no monitoramento proposto para a área de influência da Termelétrica de Candiota nos arroios do sistema, os resultados obtidos para o zooplâncton mostram principalmente o efeito da sazonalidade na composição e na estrutura da comunidade, e em segundo lugar as características hidrológicas e limnológicas de cada estação amostral.

Neste período monitorado, os meses de novembro de 2020 e fevereiro de 2021, foram as épocas de melhores resultados para a abundância de espécies, para a riqueza e diversidade, em todos os locais investigados.

As diferentes estações amostrais têm características limnológicas próprias, no que diz respeito ao volume e fluxo das águas, como, por exemplo P2 e P4, que se

caracterizam por apresentarem espécies com hábito planctônico, principalmente pela influência que sofrem pela barragem próxima.

Assim como colocado em todos os relatórios anteriores, o sistema investigado é heterogêneo, com características hidrológicas diferenciadas (ambiente lêntico e lótico), sendo que a estaçãp P2, com características de ambiente lêntico, é muito parecida com a estação P4, principalmente na composição das espécies do zooplâncton, como mostram os relatórios trimestrais anteriormente apresentados. Desta forma, parece que a estação P4 é bem mais influenciada pela P2 do que por qualquer outra. A estação P8 – efluente, que sofre a influência do sistema de tratamento de esgotos da Usina Termelétrica, (ambiente lêntico), também apresenta o aumento da ocorrência das espécies verdadeiramente planctônicas, porém com menores valores de riqueza e diversidade de espécies, o que era de se esperar, uma vez que é um ambiente impactado pela influência direta do tratamento do esgoto orgânico gerado pela termelétrica.

Como tem sido noticiado nos relatórios trimestrais, um resultado importante a se comentar é a sensível melhora da qualidade ambiental da estação denominada P6. Embora os resultados ainda sejam menores, quando comparados com as demais estações amostrais, em todos os parâmetros, em coletas de anos anteriores, nas quais o pH deste local era bastante ácido, não existia sequer a ocorrência de qualquer espécie.

Referências Bibliográficas

DAJOZ, R. *Ecologia Geral*. São Paulo: Ed. Vozes, EDUSP, 1973. 472p.

ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. *Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil*. Brasília, Universa, 1997. 155p.

JERSABEK, C D; E BOLORTSETSEG. Mongolian rotifers (Rotifera, Monogononta) – a checklist with annotations on global distribution and autecology. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. V. 159 (119-168). 2010

KOSTE, W. Rotatoria; *Die Rädertiere Mitteleuropas Ein Bestimmungswerk Begründet von Max Voigt. Uberordnung monogononta,* 2. Aul. Berlin: Gebrüber Borntraeger. 1978. 637p.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

MONTU, M.; GOEDEN, I. M. *Atlas dos Cladocera e Copepoda (Crustacea) do estuário da Lagoa dos Patos (Rio Grande, Brasil) Nerítica, Pontal do Sul, PR* 1(2):1-134, 1986.

POURRIOT, R. Food and feeding habits of Rotifera. Arch. Hidrobio. Bein. Engelm. Limnol. 10: 243-260. 1977

RUTTNER-KOLISKO, A. Plankton rotifers. *Biology and Taxonomy.* Die Binnengewässer. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, supplementary edition, v.XXVI, part 1, 1974. 146p.

O compartimento Zooplâncton é de responsabilidade técnica da Bióloga Dra. Catarina da Silva Pedrozo.

5.4 MACROFAUNA BENTÔNICA

Introdução

A integridade dos recursos hídricos é fundamental para a estruturação da biota aquática, modificações de ordem natural e ou antropogênicas nesses ambientes podem ser deletérias para algumas populações, com implicações que se refletem na composição e estrutura das comunidades bióticas, podendo levar a perda da biodiversidade aquática.

Com base na premissa de que as comunidades biológicas são o reflexo da integridade ecológica o status da comunidade biológica é uma medida de controle ambiental. Neste contexto a utilização de organismos bioindicadores como forma de acompanhar a "saúde" dos ecossistemas aquáticos é de suma importância.

O presente relatório refere-se à avaliação dos organismos aquáticos pertencentes a comunidade da macrofauna bentônica residente nas estações monitoradas na bacia hidrográfica, na área de abrangência da Usina Termelétrica Presidente Médici, em Candiota. Contém uma análise dos dados das coletas realizadas nos meses de novembro de 2020, fevereiro, maio e agosto de 20201, referentes à riqueza e diversidade de macroinvertebrados bentônicos, bem como a interpretação destes no monitoramento.

Os resultados encontrados em relação ao estado ecológico, através da aplicação de índices bióticos evidenciaram as diferenças entre os locais monitorados, contribuem para o registro das condições ambientais dos corpos hídricos da bacia. Não menos importante é a possibilidade que se tem de contribuir com o registro e a coleção de táxons da macrofauna e de alguns organismos da meiofauna bentônica, que fazem parte da biodiversidade de uma região ainda pouco estudada. Uma contribuição na busca do entendimento das verdadeiras condições de um ambiente complexo, inserido em uma região de múltiplos usos.

Materiais e Métodos

O método de coleta utilizado nas áreas de corredeira foi o amostrador do tipo Surber (de malha de 250µm e abertura 30X30 cm). Em dois arroios (estações PM5 e PM7) devido às características do substrato e altura da lâmina d'água, as coletas vêm sendo complementadas com o auxílio de rede de mão com a mesma abertura de malha. A draga Petersen (modificada) com área de 0.0345m^2 foi utilizada nas áreas com o predomínio de substratos mais particulados como areia e silte, nas áreas de deposição. Em cada mesohábitat as coletas com os diferentes amostradores foram realizadas em triplicata.

Em cada estação foram utilizados pelo menos dois amostradores distintos, de forma a contemplar dois mesohábitats, as áreas de corredeira e de remanso. Como resultado obtêm-se um conjunto de amostras que amplia a eficiência na busca dos diversos táxons associados aos diferentes substratos, coletados com Surber, Draga e ou rede de mão. De acordo, com as características físicas de cada arroio e com a altura da lâmina d'água.

Todas as etapas do trabalho são importantes para o sucesso do monitoramento, no campo e no laboratório, desde a coleta propriamente dita a análise do das amostras sob o microscópio estereoscópico. O processo de triagem das amostras, que consiste na separação dos macroinvertebrados aquáticos dos detritos vegetais e das partículas dos sedimentos é parte fundamental para a fidelidade dos dados, assim como a identificação e contagem de organismos. Estas etapas demandam muito tempo e são realizadas no laboratório.

Todos os procedimentos estão de acordo com o "Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos", que trata dos procedimentos padronizados para a coleta e preservação de amostras de águas superficiais para fins de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos. Aprovado pela Resolução Nº 724/2011 da ANA. Como apoio ao "Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA".

Na identificação dos organismos e de acordo com a necessidade utilizou-se bibliografia especializada como McCAFFERTY (1981), MERRIT & CUMMINS (1984), BUCKUP & BOND-BUCKUP (1999). MUGNAI et al (2010). BRINKHUST & MARCHESE (1989), EPLER (1992), TRIVINHOSTRIXINO & STRIXINO (1995). Os diferentes táxons são colocados em frascos de vidro, preservados em álcool.

Os organismos encontrados foram identificados, pré-classificados e as análises quantitativas foram realizadas através de contagens numéricas com a utilização de microscópio estereoscópico. A abundância foi calculada a partir da fórmula: A = N.100/n, onde N é o número de indivíduos de cada táxon na amostra e n é o número total de indivíduos de todos os táxons na amostra.

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.

Para a visualização da estrutura quantitativa das comunidades foi utilizando o índice de diversidade Shannon-Wiener (H'), adequado para amostras aleatórias de espécies de uma comunidade, e é representado pela equação: H' = ∑PiLogPi Onde, Pi a probabilidade de captura de cada espécie dentro da unidade amostral.

O índice de equitabilidade de Pielou (J'): É uma medida de uniformidade da comunidade. É expresso pela fórmula: J` = H`/ H`max Onde, H` é o valor obtido para o índice de Shannon-Wiener e, H` max é o valor máximo teórico do mesmo, que é dado por ln (S).

Frequência de Ocorrência (c) - É dada pela relação entre o número de vezes que uma dada espécie esteve presente em uma série amostral e o total de amostragens realizadas.

Os índices foram calculados de acordo com MAGURRAN (1988) e com a utilização do programa PAST (HAMMER et al., 2001).

Além dos índices de diversidade, foi calculado o índice biótico BMWP (*Biological Monitoring Working Party*), um índice que considera a tolerância e sensibilidade dos organismos macroinvertebrados. O índice BMWP é um dos índices biológicos utilizados mais populares. Inicialmente elaborado para rios da Inglaterra, Índice BMWP. Posteriormente Alba-Tecedor & Sanchez-Órtega acrescentando novas famílias à lista original alterando as pontuações de algumas famílias originais, fizeram uma adaptação do índice para a Península Ibérica. No Brasil, este índice vem sendo adaptado para algumas bacias.

Quadro 5.4.1: Pontuações para as famílias de macroinvertebrados aquáticos para a obtenção do índice BMWP.

FAMÍLIAS	PONTUAÇÃO
Siphlonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Calamoceratidae, Helicopsychidae, Megapodagrionidae, Athericidae, Blephariceridae	**10**
Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegastridae, Aeshnidae Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae	**8**
Ephemerellidae, Prosopistomatidae, Nemouridae, Gripopterygidae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephelidae, Ecnomidae, Hydrobiosidae, Pyralidae, Psephenidae	**7**
Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Thiaridae, Hydroptilidae, Unionidae, Mycetopodidae, Hyriidae, Corophilidae, Gammaridae, Hyalellidae, Atyidae, Palaemonidae, Trichodactylidae, Platycnemididae, Coenagrionidae, Leptohyphidae	**6**
Oligoneuridae, Polymitarcyidae, Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiidae, Aeglidae	**5**
Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratyiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae, Sialidae, Corydalidae, Piscicolidae, Hydracarina	**4**
Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae (Limnocoridae), Pleidae, Notonectidae, Corixidae, Veliidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Asellidae, Ostracoda	**3**
Chironomidae, Culicidae, Ephydridae, Thaumaleidae	**2**
Oligochaeta (toda a classe), Syrphidae	**1**

Fonte: Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

Para a classificação dos pontos de coleta quanto à qualidade da água foi utilizado o protocolo padronizado pelo Instituto Ambiental do Paraná - IAP (meioambiente.pr.gov.br).

Este índice ordena as famílias de macroinvertebrados aquáticos em nove grupos, seguindo um gradiente de menor a maior tolerância dos organismos quanto à poluição orgânica. A cada família se fez corresponder uma pontuação, que oscila de 10 a 1, sendo que as famílias mais sensíveis à contaminação recebem as pontuações maiores, chegando, em ordem decrescente, até 1, onde estão aquelas mais tolerantes (LOYOLA, 2000) e IAP (2003).

Na ausência de uma lista com "escores" resultantes para a bacia do Arroio Candiota nossa referência foram as listagens produzidas por Junqueira & Campos, (1998), Junqueira et alii (2000) para bacia Alto Rio das Velhas e Loyola in IAP, 1998, para os rios paranaenses.

Com base na presença das famílias encontradas, pontua de 1 a 10 o grau de resiliência dos táxons encontrados conferindo valores elevados para aqueles com maior sensibilidade à poluição orgânica e valores menores para os organismos de maior tolerância a este mesmo tipo de poluição. A pontuação para um determinado ponto amostral é obtida pela soma dos valores individuais de todas as famílias presentes.

Quadro 5.4.2: Classes BMWP- IAP. Classificação da qualidade hídrica em função das pontuações do Índice de BMWP proposto para bacias hidrográficas do estado do Paraná. Fonte Loyola et al 2000.

Classe	Pontuação	Qualidade da Água
I	>150	Ótima
II	121 a 150	Boa
III	101 a 120	Aceitável
IV	61 a 100	Duvidosa
V	36 a 60	Poluída
VI	16 a 35	Muito poluída
VII	< 16	Fortemente poluída

Os valores de pontuação totais para um determinado ponto de coleta correspondem a uma categoria de qualidade de água, variando de bom a muito crítica (Quadro 5.4.2).

Resultados

Abundância, riqueza e composição.

Foram coletados 109.253 espécimes, distribuídos em 84 taxa. Os diferentes táxons de macroinvertebrados encontrados pertencem aos Filos Cnidaria, Platyhelminthes, Nemata (Nematoda), Annelida, Mollusca e Arthropoda.

A maior representatividade foi dos artrópodes, em termos de riqueza de taxa e em número de organismos. Abundantes tanto nas áreas de corredeira (erosão) como de remanso (deposição). Compreendendo desde organismos da meiofauna como os hidracarinos (Chelicerata: Acari:), ostracodes (Crustacea: Ostracoda) e hidras (Cnidaria: Hydrozoa) aos macroinvertebrados de grande porte como aeglídeos (Crustacea: Anamura) e insetos aquáticos como besouros (Insecta: Coleoptera) e megalopteros (Insecta: Megaloptera).

Figura 5.4.1: Representantes da meiofauna (ácaro e nematódeo) e da macrofauna (Elmidae e formas jovens de Sphaeriidae)

A classe Insecta (Arthropoda) apresentou o maior número de famílias, representadas quantitativamente principalmente pelas ordens as ordens Diptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Coleoptera, Odonata, Plecoptera (Tabela 5.4.1) encontradas em diversos estádios de desenvolvimento, larvas, ninfas ou náiades, pupa e adultos.

Outros organismos como os dos filos Mollusca e Annelida, também estiveram bem representados. As duas classes de moluscos de águas doces existentes, estiveram representados, Gastropoda com cinco famílias e Bivalvia com quatro. Sendo que, após longos anos de coletas nos arroios, foi a primeira vez que encontramos um espécimen de Mytilidae (Tabela 5.4.1).

O Filo Annelida esteve bem representado pelas classes Hirudinida e Oligochaeta. A classe Polychaeta constituída principalmente de espécies marinhas, esteve representada por poucos espécimes da única família de água doce até o momento conhecida, Histriobdellidae (Tabela 5.4.1).

Na Tabela 5.4.1 apresenta-se a ocorrência dos táxons encontrados para o período, nas quatro estações sazonais e nas oito estações monitoradas.

Tabela 5.4.1: Registro da ocorrência dos táxons da macrofauna bentônica nas quatro campanhas (● primavera 2020, ● verão, ● outono e ● inverno de 2021). **Observação:** Os táxons citados como indeterminados (indet.), significam espécimes muito jovem e sem características visíveis que os diferencie, ou avariados e sem condições de serem melhor identificados, em nível de família.

Táxons	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Filo Cnidaria, Hydrozoa								
Hydridae		●●		●			●●	●
Filo Arthropoda								
Chelicerata: Acari								
Hidracarinae	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●	●●●	●●●●	●●
Oribatida							●	
Crustacea: Decapoda								

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Aeglidae	●●●							
Classe Ostracoda								
Candonidae	●●●●	●●	●●●	●●●	●		●●●	●●
Cyprididae	●●	●●●	●●	●●●●	●●●	●	●●●●	●●●
Darwinulidae	●●●	●●●	●	●●●	●●●		●●	●
Limnocytheridae							●	
Amphipoda								
Dogielinotidae	●	●		●			●●	●
Isopoda								
Janiridae			●				●	
Hexapoda Entognatha								
Collembola								
Entomobryomorpha	●●		●●	●●●	●●	●●	●●●	●●
Hexapoda, Insecta								
Coleoptera								
Dryopidae	●			●●	●●	●	●	●
Dytiscidae			●				●	
Elmidae	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●	●●●●	●●●●
Gyrinidae	●●●	●						
Hydrophilidae		●	●●	●●	●		●	
Psephenidae		●●●	●●●	●●				
Ptilodactylidae				●				
Scirtidae							●	
Staphylinidae	●●●●	●●		●●	●		●●	●
Torridincolidae							●	●
Diptera								
Ceratopogonidae	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●	●●●●	●
Chaoboridae	●							
Chironomidae	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
Dolichopodidae				●	●		●●●	●●
Empididae	●●●●		●	●●●	●		●	●
Psychodidae		●●●●	●	●●●●				●●●
Simuliidae	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●	●●	●●	●●
Tabanidae		●●	●		●		●	
Tipulidae	●●●●	●	●●●●		●●	●		●●●

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Ephemeroptera							
Baetidae	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●	●●●●	●●●
Caenidae	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●		●●●●	
Leptohyphidae	●●●●	●●●	●●●●	●●●●	●●●●		●●●●	●
Leptophlebiidae	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●		●	
Lutrochidae							●	
Polymitarcyidae		●●		●●				
Heteroptera								
Belostomatidae	●●●	●	●●		●●		●●	
Corixidae	●		●	●				
Gerridae			●	●●			●●	
Mesovelidae			●					
Naucoridae	●●●	●	●●	●	●			
Noteridae					●●		●	
Notonectidae				●	●●		●●	●
Vellidae	●●	●●	●●	●●●			●	
Homoptera								
Aphididae	●							
Lepdoptera								
Pyralidae		●●	●●●●	●●●●	●●		●●	
Megaloptera								
Corydalidae	●●	●●●●	●●●	●●●		●●		●●●
Odonata								
Aeshnidae							●	
Calopterygidae	●●●	●	●	●●●●	●		●●	
Coenagrionidae	●	●		●●●	●		●	
Gomphidae	●●●	●●	●●		●		●	
Libellulidae	●●	●●●	●●●	●●●●	●		●●●	
Plecoptera								
Gripopterygidae	●			●●●		●	●	
Perlidae	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●		●●	
Trichoptera								
Calamoceratidae	●●							
Glossosomatidae			●●●	●●●●				
Helicopsychidae		●	●					

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Hydrobiosidae	●	●●		●●				●
Hydropsychidae	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●	●●	●	●●●●
Hydroptilidae	●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●	●●	●●●	●
Leptoceridae	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●●●●	●	●●●	●●
Odontoceridae			●●●●	●●●				
Seriscotomatidae					●			
Philopotamidae	●●●	●●●●	●●●	●●●●				●
Polycentropodidae	●●		●●	●●	●●		●●	●●●
Filo Mollusca								
Classe Gastropoda								
Ancylidae	●●●●	●●●●	●●●●	●●●	●●●●		●●●	●●●
Ampullaridae		●●●	●	●●				
Cochliopidae	●●●●	●●●●	●●●	●●●●	●●●	●	●●●●	
Lymnaeidae							●	
Planorbidae	●●	●			●		●	●
Classe Bivalvia								
Bivalvia jovem (indet.)	●●●	●●●●	●●	●●	●●●	●	●●●	●●
Cyrenidae	●	●●●●		●●●	●●●●		●	
Mytilidae							●	
Hyriidae		●			●			
Sphaeridae	●●●	●●●●	●	●●●	●●●		●●●	●
Filo Platyhelminthes								
Classe Turbellaria								
Turbellaria (indet.)		●		●		●		
Dugesiidae	●●●	●●●●	●●	●●●●			●	●
Temnocephalida	●							
Planaridae		●			●			
Filo Nemata	●●●●	●●●●	●●●	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●●●●
Filo Annelida								
Classe Polychaeta								
Histriobdellidae	●							
Classe Oligochaeta								
Enchytraeidae	●●●	●●●●	●	●●●●	●●	●●●●	●	●●●●
Naididae	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
Narapidae			●					

Classe Hirudinida								
Hirudinea (indet.)				•				
Glossiphoniidae	••••	••••	•••	•••	••	••••	•••	•••

Fonte: Autora

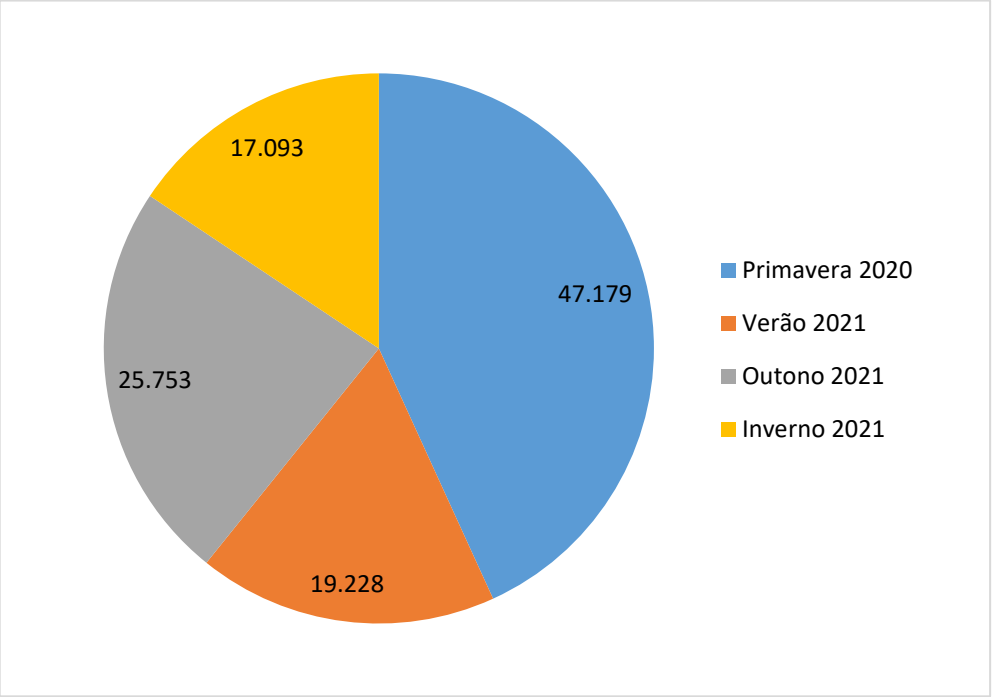
Embora a análise da macrofauna bentônica tenha evidenciado diversos táxons, muitos deles foram restritos e ocorreram em baixas abundâncias. Os Temnocefalídeos por exemplo, organismos epibiontes registrados somente na primavera de 2020 no PM1. Torridincolidae, um único registro no verão, na no Ponto PM8, comumente conhecido como "besouro da torrente", uma família pequena inclui exemplares que vivem nas margens dos corpos d'água, os adultos são terrestres e as larvas aquáticas.

Outros ocorreram em todas as estações de coletas ou em praticamente todas. Quanto à frequência de ocorrência nos locais monitorados, vários táxons foram comuns nas quatro estações do ano. Como Hidracarina, Baetidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Elmidae, Hydropsychidae Cochliopidae, Enchytraeidae, Naididae e Glossiphonidae (Tabela 5.4.2).

Em relação as abundâncias totais, o número de organismos encontrados por estação sazonal, apesar das variações salienta-se que ao longo do monitoramento, conforme registrado em relatórios referentes a períodos anteriores, as maiores abundâncias têm sido registradas para as coletas realizadas na primavera, outono e verão. Muito provavelmente associado as temperaturas mais altas, podendo sofrer alterações provocadas pelo regime de chuvas e/ou com a abertura das comportas da represa.

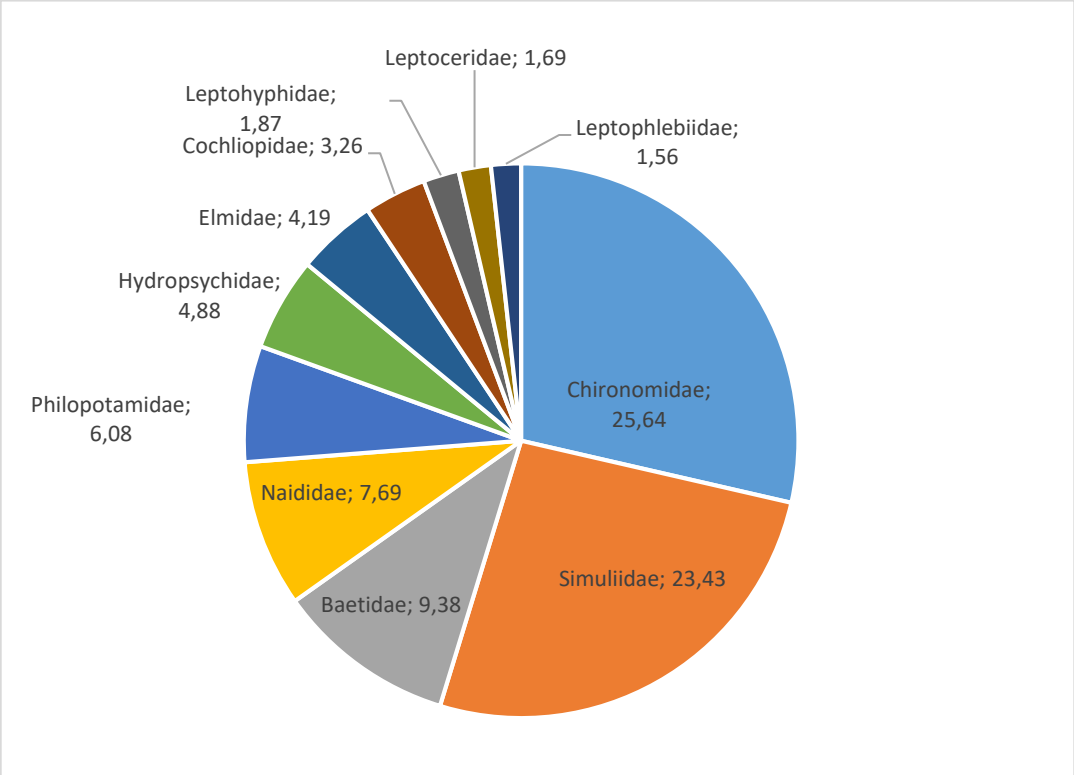
Na primavera, coleta realizada no mês de novembro de 2020, o número total de indivíduos coligidos das amostras 47,179ind. representou 43,18%, do total encontrado para todas as estações do ano (Figura 5.4.2).

Figura 5.4.2: Abundância (N), número total de organismos coletados nos oito locais monitorados, nas quatro estações sazonais.



Estes valores de abundância se devem principalmente aos organismos das famílias Chironomidae e Simulidae (Diptera), Baetidae (Ephemeroptera), Naididae (Oligochaeta), Philopotamidae e Hydropsychidae (Trichoptera), Elmidae (Coleoptera), Cochliopidae (Gatropoda), Leptohyphidae e Leptophlebiidae (Ephemeroptera) e Leptoceridae (Trichoptera) que foram os organismos melhor representados quantitativamente. Chironomidae e Simulidae (Diptera) representaram 49,07%, os demais setenta e dois táxons apresentaram valores inferiores a 1,0 % (Figura 5.4.3).

Figura 5.4.3: Valores percentuais dos táxons mais abundantes, acima de 1%, do total encontrado para as quatro campanhas.



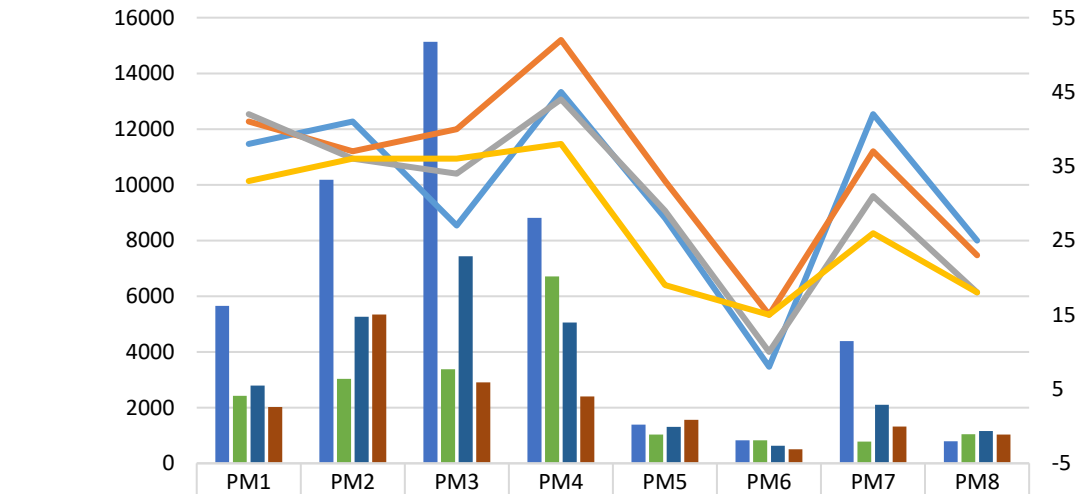
A distribuição e abundância dos espécimes da comunidade de invertebrados bentônicos dos arroios da bacia parece estar intimamente relaciona a qualidade dos substratos que melhor se ajustam as distintas populações. Como os macroinvertebrados bentônicos são organismos que habitam o fundo de ecossistemas aquáticos, pelo menos por parte de sua vida associados aos mais diversos tipos de substratos, tanto inorgânicos (silte, areia, cascalho, rochas, etc.) quanto orgânicos (folhiço, macrófitas aquáticas), a ausência ou a má qualidade de alguns substratos são fatores limitantes

Os valores de abundância e de riqueza de táxons por ponto e por estação sazonal podem ser visualizados na Figura 5.4.3. A abundância apresentada refere-se a abundância absoluta (= contagem de indivíduos) e a riqueza definida como o número dos diferentes táxons da comunidade encontrados, nesta análise a unidade taxonômica utilizada é no nível de família, portanto o número de famílias e de alguns poucos táxons identificados em hierarquias superiores devido as dificuldades de identificação.

O nível taxonômico de família é recomendado por sua relativa facilidade pois a identificação em níveis inferiores demandaria muito mais tempo, o que seria incompatível com o úmero de amostras e o tempo disponível para a execução, com capacidade de se traduzir em informação ecológica.

No Brasil, assim como em muitos outros países, em estudos com ênfase na macrofauna, principalmente em avaliações rápidas, a identificação dos macroinvertebrados em nível taxonômico de família é a unidade taxonômica mais utilizada. (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988, Barbour et al., 1999; CETESB, 2012)

Figura 5.4.4: Abundância (N), número total de organismos coletados nos oito locais monitorados e Riqueza (S), número de táxons encontrados em cada arroio, nas quatro estações sazonais.



	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
N Prim 2020	5658	10177	15137	8813	1389	821	4392	792
N Ver 2021	2423	3034	3372	6707	1037	828	783	1044
N Out 2021	2787	5266	7434	5055	1311	633	2105	1162
N Inv 2021	2019	5343	2911	2406	1561	504	1317	1032
S Prim 2020	38	41	27	45	28	8	42	25
S Ver 2021	41	37	40	52	33	15	37	23
S Out 2021	42	36	34	44	29	10	31	18
S Inv 2021	33	36	36	38	19	15	26	18

De acordo com as estações de coleta as maiores abundâncias absolutas foram encontradas nas estações PM3, PM2, PM4, PM1 nesta ordem, e os valores de taxa também foram mais altos nestas estações, conforme pode ser verificado na Figura 5.4.4.

A análise sazonal da riqueza, identifica na campanha da primavera 2020 e no verão de 2021 os mais altos valores encontrados para a riqueza de taxa, ambos na estação PM4, com respectivamente 45 e 52 táxons. Os menores foram no PM6, apenas 8 táxons, também na primavera. As maiores variações foram no PM3, PM5 e PM7.

Os dados pluviométricos disponibilizados mostram baixa precipitação com ocorrência de chuvas apenas no final do mês de novembro 2019, com dezembro caracterizado como seco no momento das coletas.

As estações de coleta PM1, PM2 e PM4 situadas no Arroio Candiota, e a estação PM4, no Arroio Candiotinha apresentam algumas áreas de corredeira e de remanso com assembleias de organismos por vezes bem distintas.

Conforme demonstrado no primeiro relatório parcial, a partir da análise do conjunto de amostras retiradas nas áreas de corredeira e de remanso da estação PM1, o resultado corroborou o que já havia sido observado, a maior abundância de táxons nas áreas de corredeira quando comparadas as áreas de remanso.

A distribuição espacial da comunidade de macroinvertebrados em um ecossistema aquático é muito heterogênea. Nos rios as características físicas e químicas dos substratos, a declividade, a velocidade das correntes, a profundidade, a temperatura da água, a morfologia das margens, a vegetação no entorno, a disponibilidade de fontes alimentares, entre outras, influencia na distribuição desta comunidade.

Os arroios que apresentaram os valores mais altos para a riqueza são semelhantes em suas características, como rios de superfície, com sedimentos de leito compostos principalmente de seixos e, em alguns lugares como na estação PM7, lajes basálticas contínuas. Possuem trechos de corrente rápida alternando com seções de água parada.

As áreas de corredeira (erosão) com pedras e são o habitat preferencial de muitas espécies com características morfológicas que permitem uma melhor adaptação a estes substratos. Organismos tais como Simulidae, Hydropsichidae e Perlidae enquanto as áreas de deposição (deposito), muitas com substratos mais finos e/ou com acumulo de folhas abrigam preferencialmente outros táxons, tais como Ceratopogonidae, Enchytraidae, Naididae (Naidinae e Tubificinae) e Cyrenidae.

A riqueza taxonômica é uma métrica que reflete a diversidade (número de taxa) de organismos aquáticos e é relacionada com a saúde dos ecossistemas aquáticos. Além da abundância e da riqueza, a sensibilidade dos organismos as mais diferentes formas de contaminação também auxiliam na interpretação da qualidade do ambiente que se está monitorando.

O grau de importância dos distintos táxons para os locais amostrados foi identificado através do cálculo da abundância relativa. Fundamental no estudo da estrutura das comunidades, pois possibilita que se conheça com que percentual cada um dos táxons contribui para o total da macrofauna, fornecendo.

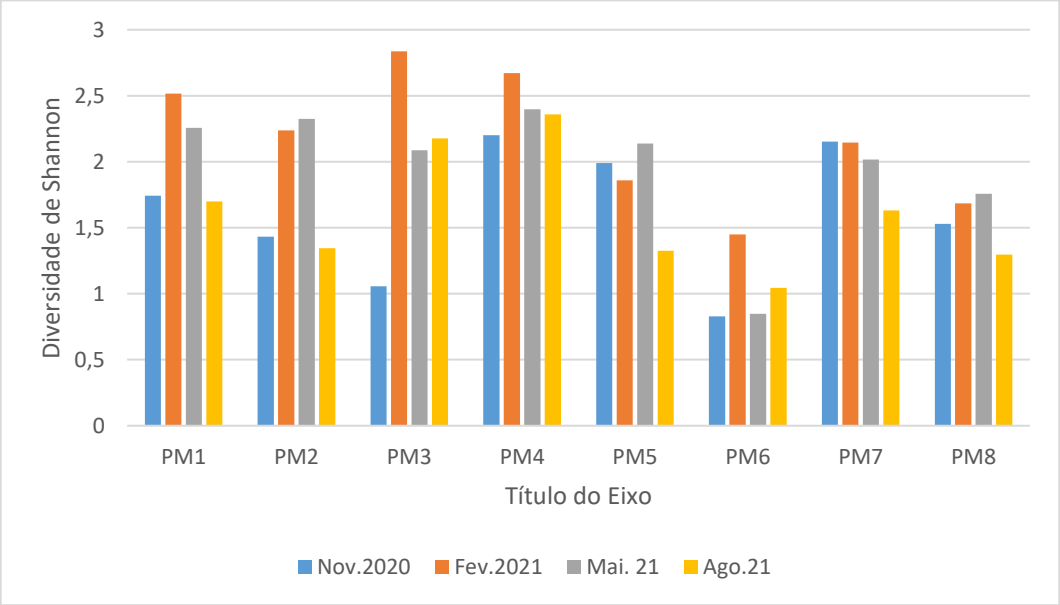
Dentre os táxons amostrados, a presença com alta abundância relativa dos táxons Chironomidae e Naididae foi evidente. Chironomidae é, normalmente, o grupo mais abundante e rico dentre os encontrados em riachos. Confirma a capacidade desses organismos de explorar diferentes locais, sendo muitas de suas espécies tolerantes a diversas alterações na qualidade dos habitas. Naididae pode ser encontrada em muitos tipos de substratos, como areia, argila matéria orgânica enriquecida, macrófitas aquáticas, inclusive associada a outros organismos.

Registra-se mais uma vez, que as maiores riquezas de táxons, principalmente de insetos têm sido nos arroios com substratos mais heterogêneos, com diferentes mesohabitats e microhabitats, locais com menor quantidade de sedimentos finos, como os das estações PM1, PM2, PM3 e PM4, o que pode ser mais facilmente explicado pela preferência da grande maioria dos táxons de Insecta e em especial das famílias reconhecidas como sensíveis.

Medidas de diversidade

Nas avalições baseadas em macroinvertebrados é de fundamental importância que os métodos utilizados apontem possíveis mudanças na composição e abundância taxonômica e na diversidade das comunidades bentônicas. Nos gráficos das Figuras 5.4.4 e 5.4.5 podemos visualizar os resultados da aplicação do Índice de Diversidade de Shannon, um dos mais utilizados, sensível a espécies raras (menor valor) e a variações do índice de Equitabilidade de Pielou, para todas as campanhas de coleta, realizadas no software PAST, versão 3.1 (Hammer et al., 2001).

Figura 5.4.5: Valores de diversidade de Shannon para comunidade de macroinvertebrados dos oito arroios, para as quatro campanhas de coletas, no período de novembro de 2020 e agosto de 2021.



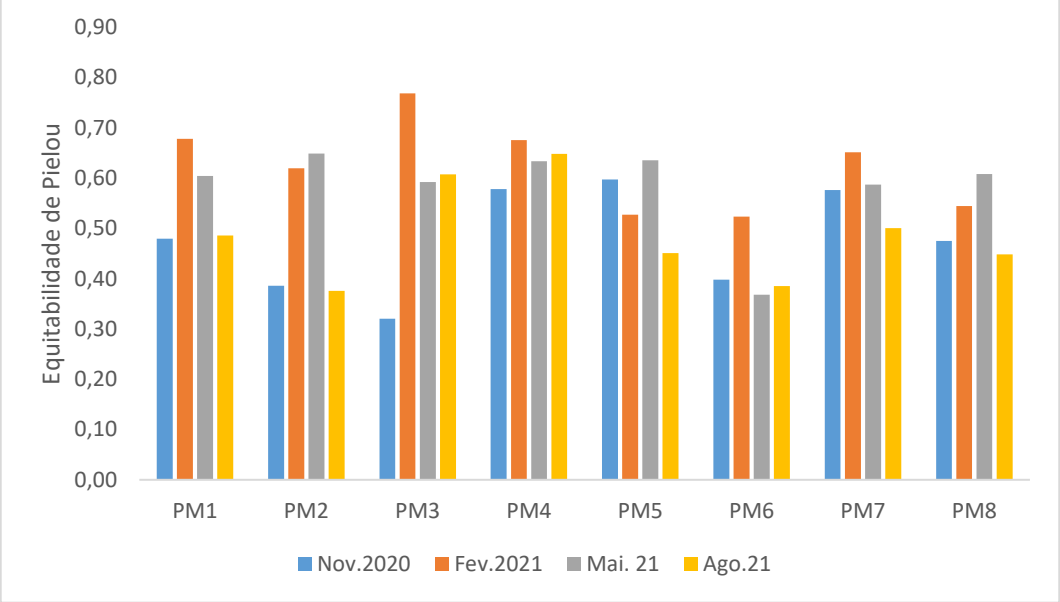
BARBOSA et al. (2001) testou e apresentou parâmetros de classificação da qualidade do recurso hídrico, usando os valores de Shannon-Wiener. De acordo com estes autores, a relação do índice de Shannon com a qualidade do recurso hídrico indica para H' ≥ 3,0 uma água saudável; entre 1,5 ≤ H' < 3,0 – ambiente afetado moderadamente; e ≤ 1,5 poluição das águas

Para o período monitorado os valores encontrados para o índice da diversidade de Shannon mantiveram-se entre uma diversidade mais alta encontrada no Verão de 2021, na estação PM3 e as mais baixas registradas na primavera de 2020 na PM6, o que significa que de acordo com os referidos autores que a qualidade dos arroios

oscilou entre águas de um ambiente aquático afetado moderadamente a ambientes de águas poluidas.

A estação PM6 foi a única que apresentou valores muito baixos em todas as campanhas, oscilando entre H' = 0,83bits na primavera e H' = 1,40bits no verão. As estações PM1, PM4, PM5 e PM7 apresentaram valores de diversidade sempre acima de 1,5.

Figura 5.4.6: Valores da Equitatividade de Pielou para a comunidade de macroinvertebrados dos oito arroios, para as quatro campanhas de coletas, no período de novembro de 2020 e agosto de 2021.



Em relação a equitatividade os valores calculados identificam a estação PM6 como a que apresentou os menores valores ao longo do período monitorado, com valores entre 0,52 e 0,37 (Figura 5.4.6.). As estações PM2 e PM3 apresentaram menores valores de equitatividade em razão das altas abundâncias relativas encontradas de Simulidae e Chironomidae, na primavera e no verão.

Bioindicadores - Biological Monitoring Working Party (BMWP)

Os macroinvertebrados se caracterizam como um grupo biótico com características que os habilitam como excelentes bioindicadores, tais como baixa mobilidade e longo ciclo de vida.

São indicados para esta finalidade por apresentarem várias características interessantes, tais como, estarem inseridos em vários filos e apresentam uma grande diversidade de táxons de natureza sedentária ou de baixa mobilidade. Assim como, o fato de muitos reagirem de forma distinta frente a diferentes distúrbios, condições fundamentais quando o propósito é inferir características qualitativas de corpos aquáticos a partir da avaliação da fauna.

Em geral, acredita-se que este grupo de organismos responda a estresses hidráulicos, orgânicos e tóxicos com a redução de espécies sensíveis e a proliferação de espécies tolerantes (Armitage, 1996).

Neste contexto, os índices biológicos *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) e *Average Score per Taxon* (ASPT), amplamente difundidos e utilizados em biomonitoramentos, vem sendo aplicados como medida bioindicadoras das condições da qualidade das águas dos arroios monitorados. A análise da estrutura da macrofauna encontrada em cada uma das estações, como a riqueza, abundância e a diversidade, tem contribuído para o diagnóstico.

Os valores de BMWP modificado, calculados com base nas listas de Junqueira & Campos, (1998), Junqueira et alii (2000) e na lista resultante dos estudos realizados por Loyola et al (2000), e as respectivas classes de acordo BMWP- IAP (2003) constam na Tabela 5.4.3.

Figura 5.4.7: Grupos de invertebrados aquáticos bioindicadores.

Fonte: Autoras :Suzana Maria F. Freitas e Simone Kapusta.

Estes valores obtidos permitiram uma caracterização da qualidade das águas nas quatro campanhas amostrais, com base na sensibilidade dos táxons. Famílias sensíveis a altos níveis de poluentes recebem valores mais altos, enquanto famílias tolerantes recebem valores mais baixos.

Tabela 5.4.3: Valores calculados para o índice BMWP nas oito estações mostrais e as respectivas classes de acordo BMWP- IAP.

BMWP	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Primavera 2020	170	172	138	196	105	22	147	104
Classe	I	I	II	I	III	VI	II	III
Verão 2021	179	149	190	216	93	48	85	67
Classe	I	II	I	I	IV	V	IV	IV
Outono 2021	176	142	172	195	110	26	114	55
Classe	I	II	I	I	III	VI	III	V
Inverno 2021	129	144	176	174	65	42	98	59
Classe	II	II	I	I	IV	V	IV	V

A partir da classificação com base nas pontuações estabelecidas para o índice BMWP, tem-se o significado da qualidade hídrica, de acordo com o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), (Quadro 5.4.5).

Quadro 5.4.4: Classes BMWP- IAP. Classificação da qualidade hídrica em função das pontuações do Índice de BMWP. Fonte: Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

Classe	Qualidade	Valor	Significado (Qualidade ambiental)
I	Ótima	>150	Águas muito limpas (águas pristinas)
II	Boa	121 a 150	Águas limpas, não poluídas ou sistema perceptivelmente não alterado
III	Aceitável	101 a 120	Águas muito pouco poluídas, ou sistema já com um pouco de alteração
IV	Duvidosa	61 a 100	São evidentes efeitos moderados de poluição
V	Poluída	36 a 60	Águas contaminadas ou poluídas (sistema alterado)
VI	Muito poluída	16 a 35	Águas muito poluídas (sistema muito alterado)
VII	Fortemente poluída	< 16	Águas fortemente poluídas (sistema fortemente alterado)

Apresenta-se na Tabela 5.4.5 a qualidade da água com base nos valores encontrados para o índice BMWP e conforme a classificação proposta por Loyola, et al. (2000).

Tabela 5.4.5: Intervalo das classes BMWP da primavera 2020 a agosto 2021 e respectiva qualidade das águas, classificação proposta por Loyola et al (2000).

Estação	Curso d´água	Classes	Descrição
PM1	Arroio Candiota	I a II	Águas muito limpas a limpas
PM2	Arroio Candiota	I a II	Águas muito limpas a limpas
PM3	Arroio Candiotinha	II a I	Águas limpas a muito limpas
PM4	Arroio Candiota	I	Águas muito limpas
PM5	Arroio Candiota	III a IV	Oscilando entre águas muito pouco poluídas águas com efeitos moderados de poluição.
PM6	Arroio Poacá	VI a V	Águas muito poluídas a águas poluídas.
PM7	Arroio Candiota	II, IV, III, IV	De águas limpas a águas com efeitos moderados de poluição.
PM8	Arroio Sem Nome	III, IV, V	De águas muito pouco poluídas a águas poluídas.

As estações PM1, PM2, PM3 e PM4 apresentaram condições semelhantes entre si, riqueza mais elevada, principalmente de táxons da classe Insecta com valores no índice BMWP que caracterizaram uma maior constância na qualidade variando entre classe I (ótima), II (boa) e III (aceitável).

As estações PM6 e PM8 apresentaram os valores mais baixos para o índice de acordo com a tabela do IAP, foram classificadas como: PM6 de águas de VI (muito poluída) a classe V (poluída) e PM8 classe III (pouco poluída) para IV, V nas campanhas amostrais. a águas poluídas, sistema alterado.

Essa classificação pode ser corroborada pelos valores encontrados para o índice de diversidade de Shannon para as estações PM6 e PM8, e de acordo com os parâmetros de classificação apresentados por Barbosa *et al*. (2001), que os classifica como ambiente de águas poluídas (contaminadas) para a estação PM6

(valores de H' ≤ 1,5) em todo o período e de ambiente afetado moderadamente a contaminado para a estação PM8 .

Ao contrário do que ocorreu no ano anterior, a estação PM1, local de referência, apresentou uma maior constância na qualidade. Mantendo-se da primavera de 2020 como classe I (ótima) perdendo um pouco a qualidade no inverno de 2021 classificada como de classe II (águas de boa qualidade).

BMWP originalmente criados para avaliar a qualidade da água a poluentes orgânicos, atualmente é uma medida bioindicadora de avaliação da qualidade da água, de corpos hídricos de águas doces e a resposta esperada é que com o aumento da perturbação ou poluição os valores desses índices sejam mais baixos.

Com base nos dados de anos anteriores fica evidente em algumas estações de coletas um aumento no número de táxons e na abundância, nos períodos mais quentes e relativamente secos. Fato que está de acordo com o que se pode observar em alguns estudos em outras regiões. Por outro lado, alguns táxons podem declinar drasticamente as suas populações após intensas vazões, de magnitude suficiente para alterar a estrutura física do substrato.

Segundo Kikuchi & Uieda, (1998) proporção de táxons de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera tendem diminuir com o aumento da vazão resultante das chuvas. Acrescenta-se aqui uma observação em relação a abertura das comportas, o efeito sobre a biota é similar e tende a ser potencializado em alguns arroios da bacia.

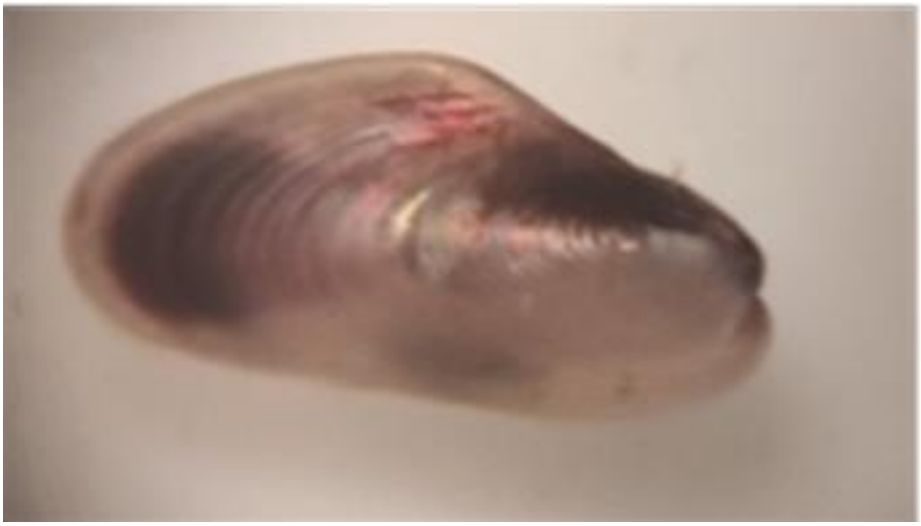
Observações sobre a biodiversidade da macrofauna encontrada no período 2020-2021.

Para Crustacea registra-se a presença de Aeglidae, (Anomura, Crustacea) na estação PM1 -. Algumas espécies deste gênero possuem algum status de ameaça extinção e constam tanto na lista da Fauna Ameaçada do Rio Grande do Sul (Decreto 51.797/2014) quanto no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (MMA, 2018). Em períodos anteriores já havia sido registrada a presença nas estações PM2 e PM3.

Para Mollusca- Registra-se para o período amostral a ocorrência de formas jovens de Hyriidae (2 ex. jovens não identificados) na estação PM2. Algumas espécies de moluscos bivalves de água doce da família Hyriidae constam na "Lista das espécies silvestre ameaçadas de extinção no Rio Grande do Sul"

Espécies invasoras- Em relação à entrada de espécies invasoras ou potencialmente invasoras, da fauna de macroinvertebrados tem-se o registro para o período amostrado de organismos da família Cyrenidae, bivalve invasor de origem asiática que foi introduzido na América do Sul (Mansur *et al.,* 2012). *Corbicula flumínea* (Muller, 1774) e *Corbicula sp*. Em períodos anteriores também foram detectados a ocorrência em praticamente todas as estações monitoradas, a exceção é a PM6. Primeiro Registro - Foi encontrado um único exemplar de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) na estação PM7 um molusco bivalve de água doce, pertencente à família Mytilidae (Figura 5.4.8).

Figura5.4.8: *Limnoperna fortunei.*



Conhecido como mexilhão dourado e original do sudeste asiático. Na América do Sul, foi registrado pela primeira vez no Rio da Prata, Argentina, em 1991 (Pastorino et al., 1993). No Brasil foi visto pela primeira vez, no ano de 1998. Atualmente pode ser considerada uma praga devido aos danos ao meio ambiente e prejuízos econômicos que vem causando (Darrigran et al. 1998).

Referências Bibliográficas

ALBA-TERCEDOR, J. & SÁNCHEZ-ORTEGA, A. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hallawell (1978). **Limnetica,** 4: 51 – 56. 1988.

ARMITAGE, P. D. Prediction of biological responses. In: PETTS, G. E.; CALLOW, D. (Ed.). River biota: diversity and dynamics. London: Blackwell Science, 1996. p. 231-252

BAPTISTA DF, BUSS DF, EGLER M, GIOVANELLI A, SILVEIRA MP AND NESSIMIAN JL. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest stream at Rio de Janeiro Estate, Brazil. **Hydrobiologia**, 575: 83-94, 2007.

BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M.; NESSIMIAN, J. L. Distribuição de comunidades de insetos aquáticos no gradiente longitudinal de uma bacia fluvial do sudeste brasileiro. In: NESSIMIAN, J. L.; CARVALHO, A. L (Ed.). Ecologia de Insetos Aquáticos. v. 5. Rio de Janeiro: **Oecologia Brasiliensis**, p. 191-208. 1998a

BARBOSA, F.A.R., CALLISTO, M. e GALDEAN, N. The diversity of benthicmacroinvertebrates as an indicator of water quality and ecosystem health: a case study for Brazil. **Aquatic Ecosystem Health and Management Society**, n. 4, p. 5159, 2001.

BOUCHARD, R.W., Jr. **Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest.** Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN. 208p. 2004.

BRANDÃO et al (Organizadores). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 326 p.: il. 2011.

BRINCKHURST, R.O. & MARCHESE, M.R. **Guide of Aquatic Oligochaeta of Sul and Central America.** Colec. Climax (Santa Fé, Argentina), 186p. 1989.

BUCKUP, L.; BOND-BUCKUP, G. **Os crustáceos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. p. 503.

CETESB. São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo** -. Referente ao Relatório à Diretoria Nº 071/2006/E, de 08/11/2006 v1. 488p. 2006 (Série Relatórios)

CUMMINS, K. W. Trophic Relations of Aquatic Insects. **Annual Review of Entomology**, v. 18, p. 183-206. 1973

EPPLER, J.H. **Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida** (2nd· ed) Department of Environmental Regulation, Tallahassee. 1995.565p.

IAP. Instituto Ambiental do Paraná. 2002. Avaliação da Qualidade da Água 33 Através dos Macroinvertebrados Bentônicos - Índice BMWP. **Disponível em: Acesso em: 12 ago. 2018.**

JUNQUEIRA, V. M. & CAMPOS, S. C. M. 1998. Adaptation of the "BMWP" method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensis** 10(2):125-135

JUNQUEIRA, V. M.; AMARANTE, M. C.; DIAS, C. F. S. & FRANÇA, E. S. 2000. Biomonitoramento da qualidade das águas da bacia do Alto Rio das Velhas através de macroinvertebrados. **Acta Limnologica Brasiliensia 12:73-87.**

LEARNER, M.A., LOCHHEAD, G. & HUGHES, B.D. 1978. A review of the biology of the British Naididae (Oligochaeta) with emphasis on the lotic environment. **Freshwater Biol**. 8:357-375

LOYOLA, R. G. N 2000. Atual estágio do IAP no uso de índices biológicos de qualidade. In: **simpósio de ecossistemas brasileiros: conservação**, 5, 2000, Vitória. Anais. Vitória (ES).

MANSUR, M. C. D. (Org.) *et al.* **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção, controle.** Porto Alegre: Redes editora. 2012, p. 412.

MANSUR, M. C. D.; HEYDRICH, I.; PEREIRA, D.; RICHINITTI, L. M. Z.; TARASCONI, J. C.; RIOS, E. C. Moluscos. In: FONTANA, C. S.; BENCKE, G. A.; REIS, R. E. (Ed.). Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: **EDIPUCRS**, 20

MCCAFFERTY, W. P. **Aquatic Entomology: The Fisherman's and Ecologist's Illustrated Guide to Insects and Their Relatives.** Jones and Bartlett Publishers, INC., Boston,1981. 448p.

MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. 1984. **An introduction to the aquatic insects of North America.** Dubuque, Kendall & Hunt, 2nd ed., 722p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. 2004. **Lista das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçados de Extinção.** Instrução Normativa no 5, de 21 de maio de 2004. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Seção 1:136-142. 28

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. 174 p.

PENNAK, R. W. **Fresh-Water Invertebrates of United States**. 2th Edition. John Wiley & Sons, New York. 1978. XV + 803p.

RESH, V.H. & UNZICKER, J.D. Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of species identification. **J. Water Pollut. Control Fed**., 47: 9-19. 1975.

RIBERA, I. 2008. Habitat constraints and the generation of diversity in freshwater macroinvertebrates. In: LANCASTER, R. A. B. ed. Aquatic insects: challenges to populations. London, **Proceedings of the Royal Entomological Society of London.** p.289-312.

ROSENBERG, D. M. & RESH, V.H. **Introduction to freshwater biomonitoring and Benthic macroinvertebrates**. *In*: Rosenberg, D. M. and V.H. Resh (eds.), Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York, U.S. 1993.

SILVEIRA, M. P.; BUSS, D. F.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a Southeastern Brazilian river. Brazilian **Journal of Biology**, São Carlos, v. 66, n. 2b, p. 623-632, 2006

TRIVINHO-STRIXINO, S. & STRIXINO, G. **Larvas de Chironomidae do Estado de São Paulo. Guia de identificação e diagnose dos gêneros.** São Carlos: PPGERN/RelaUFSCar, 229p. 1995.

O compartimento ambiental monitorado, macrofauna bentônica, tem como responsável técnica a bióloga MSc. Suzana Maria Fagondes de Freitas.

5.5 ICTIOFAUNA

Introdução

O presente relatório apresenta a síntese dos resultados obtidos, em quatro campanhas sazonais de monitoramento de peixes, no arroio Candiota, na área de influência da UTE CGTEletrosul, realizadas entre a primavera de 2020 e inverno de 2021.

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.

Materiais e Métodos

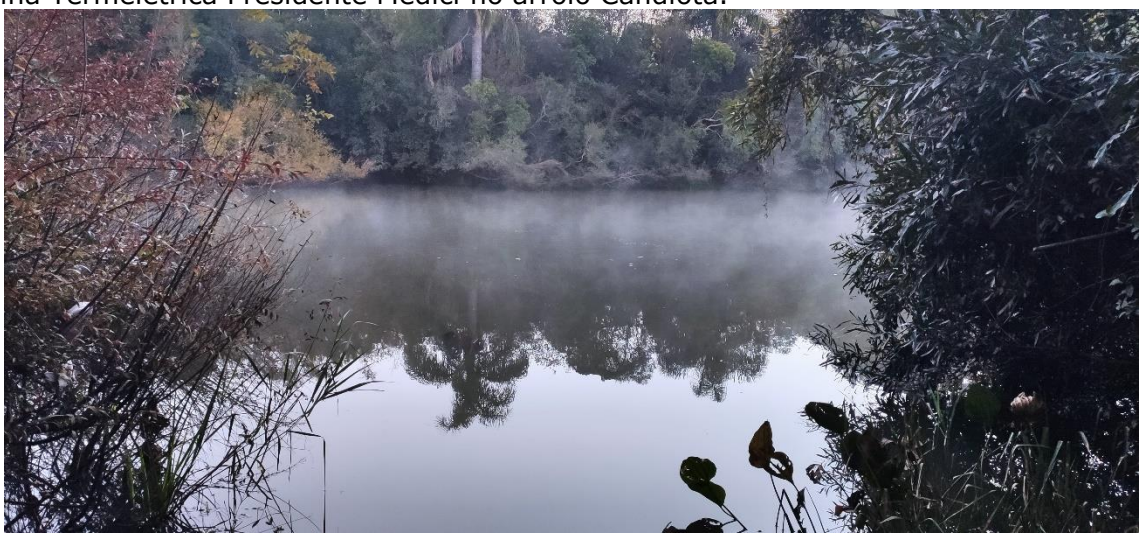
Pontos de amostragem

Ponto 1 (coordenadas UTM 22J 6518528 / 243952): está localizado no arroio Candiota junto à ponte férrea e próximo a ponte da BR 293. Caracteriza-se como o ponto mais a montante da rede de amostragem e também localizado à montante da Usina Termelétrica Presidente Médici. Essa região está situada a montante da barragem que abastece a UTE Presidente Médici 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 5.5.1).

Figura 5.5.1: Imagem do Ponto 1 da rede de monitoramento próximo à ponte férrea e a BR 392, localizado à montante da barragem da Usina Termelétrica Presidente Médici no arroio Candiota.

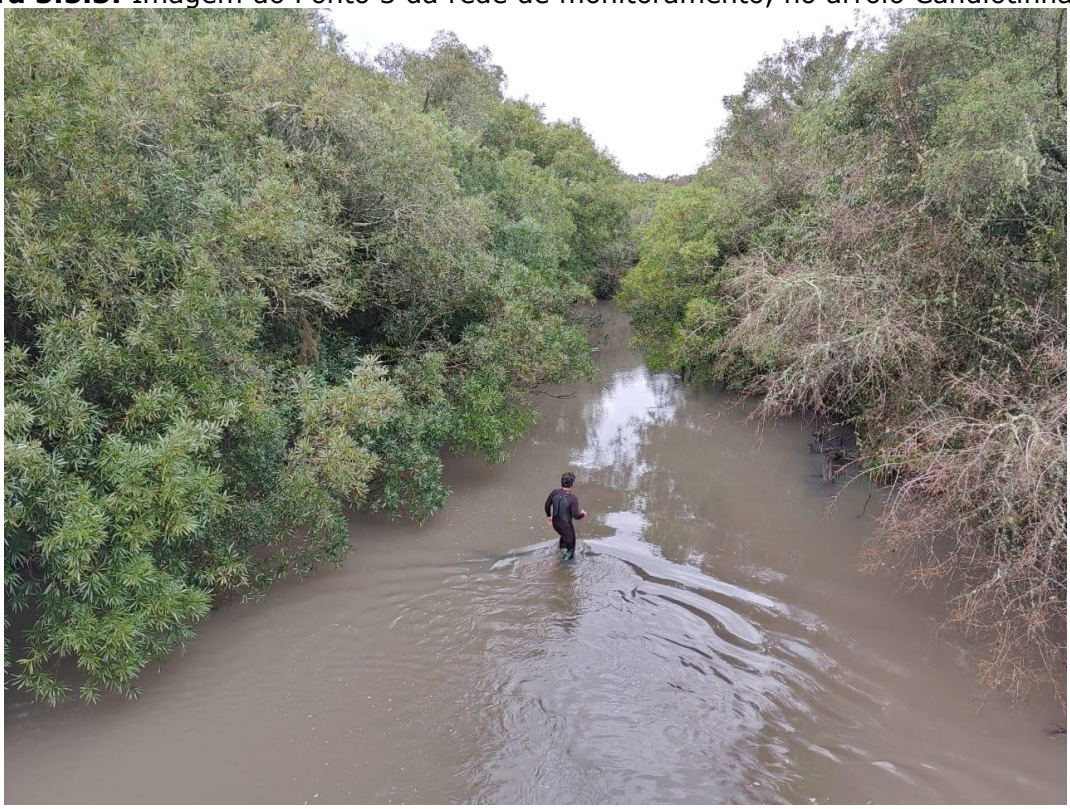
Ponto 2 (coordenadas UTM 22J 6506688 / 246690): está localizado no arroio Candiota a jusante da grande barragem que abastece a Usina Termelétrica Presidente Médici, lavouras de arroz e soja e ponto de lançamento de egoto (Figura 5.5.2).

Figura 5.5.2: Imagem do Ponto 2 da rede de monitoramento, a jusante da barragem da Usina Termelétrica Presidente Médici no arroio Candiota.



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 5.5.3).

Figura 5.5.3: Imagem do Ponto 3 da rede de monitoramento, no arroio Candiotinha.



Ponto 4 (coordenadas UTM 22J 6503415 / 246365): localiza-se no arroio Candiota a montante da confluência com o arroio Candiotinha e a jusante do ponto de lançamento do efluente líquido da Usina Termelétrica Presidente Médici (Figura 5.5.4).

Figura 5.5.4: Imagem do Ponto 4 da rede de monitoramento, no arroio 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 5.5.5).

Figura 5.5.5: Imagem do Ponto 5 da rede de monitoramento, no arroio Candiota.

Ponto 6 (coordenadas UTM 22J 6501568 / 239615): está localizado no arroio Poacá a jusante da foz da Sanga da Carvoeira. Esse tributário recebe forte influência da área de mineração de carvão da CRM, pois a sanga da Carvoeira nasce no interior da área abandonada de extração mineral (Figura 5.5.6).

Figura 5.5.6: Imagem da calha da sanga do Poacá no acesso ao Ponto 6 da rede de monitoramento.

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 junto a Reserva Biológica Biopampa criada pela Lei Municipal n° 1476/2013, município de Candiota (Figura 5.5.7).

Figura 5.5.7: Imagem do Ponto 7 da rede de monitoramento no arroio Candiota.

O ponto 8 (coordenadas UTM 22J 6505819 / 244644): está localizado no arroio onde é lançado o efluente da UTE Presidente Médici (Figura 5.5.8). Esse ponto passou a ser adotado na campanha de outono (abr/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.

Figura 5.5.8: Imagem do Ponto 8, logo abaixo do lançamento do efluente da UTE Presidente Médici da rede de monitoramento no arroio Candiota.

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, conferindo à bateria de redes 30 metros.

As redes permaneceram estendidas na água no período mínimo que compreende o entardecer do primeiro dia e o alvorecer do dia seguinte, incluindo a noite, 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%.

Análise dos resultados Índice de Qualidade (IQ)

As amostragens de peixes resultaram em conjuntos de dados de composição e abundância de espécies de peixes 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) 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 5.5.1.

Tabela 5.5.1: 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.

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 as mesmas.

Análise dos resultados de 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 também 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 Greenlab 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 prórpria 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 das concentrações máximas admitidas de Arsênio (Ar), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb) e Mercúrio (Hg) baseou-se na Resolução ANVISA RDC 42/2013 que valida no Brasil o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos (Tabela 5.5.2).

Os limites aceitáveis de concentração de Cobre (Cu), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) basearam-se no Decreto Federal 55.871/1965 (Tabela 5.5.2).

Por ausência de legislação nacional definindo limites aceitáveis de concentração para o Manganês (Mn) adotou-se o limite sugerido por BOWEN (1979) (Tabela 5.5.2).

Tabela 5.5.2: 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 Presidente Médici, Candiota, RS.

Elemento	RDC ANVISA 42/2013	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.

Resultados

Índice de Qualidade

Os resultados do Índice de Qualidade no período de monitoramento 2020/2021 mantém o ponto PT5 como sendo o de mais ALTA Qualidade na rede de monitoramento, apesar de apresentar uma acentuada queda no índice na amostragem do inverno de 2021. (Tabela 5.5.3; Figura 5.5.9).

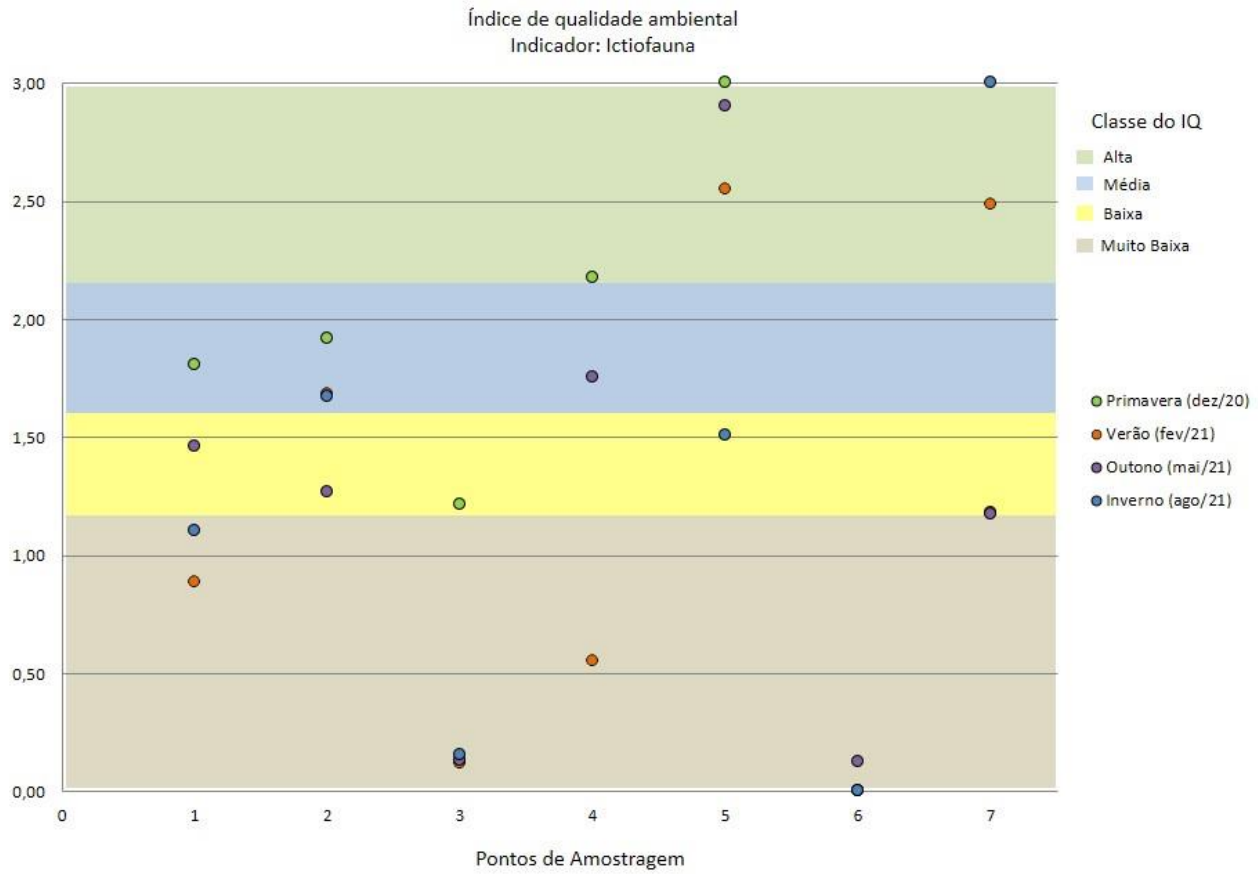
Tabela 5.5.3: Apresentação dos valores de IQ da ictiofauna (BRUSCHI *et al.* 2000) no período 2020/2021 e cálculo de sua média harmônica para a classificação nos padrões de IQ.

Ponto	1	2	3	4	5	6	7
Primavera (nov/20)	1,80	1,92	1,22	2,18	3,00	0,00	1,18
Verão (fev/21)	0,88	1,68	0,12	0,55	2,55	0,00	2,49
Outono (mai/21)	1,46	1,27	0,13	1,76	2,90	0,00	1,17
Inverno (ago/21)	1,11	1,67	0,15		1,51	0,00	3,00
Média Harmônica	1,22	1,60	0,17	1,05	2,31	0,00	1,64
IQ	BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA

Os pontos PT1, PT3 e PT4 apresentaram uma tendência de queda do IQ entre a campanha de primavera (nov/2020) e verão (fev/2021) passando de um IQ mais elevado para IQ Muito Baixo. O PT1 oscilou em toda a temporada entre o IQ Baixo e Muito Baixo e a Média Harmônica desse local foi Baixa. Já o ponto PT3 não recuperou o IQ depois do verão, mantendo-se com qualidade Muito Baixa nas três amostragens (verão, outono e inverno). O ponto PT4 oscilou entre IQ Alta (primavera), Muito Baixa (verão) e Média (outono). A amostragem de inverno nesse local não foi possível devido as condições de cheia no local.

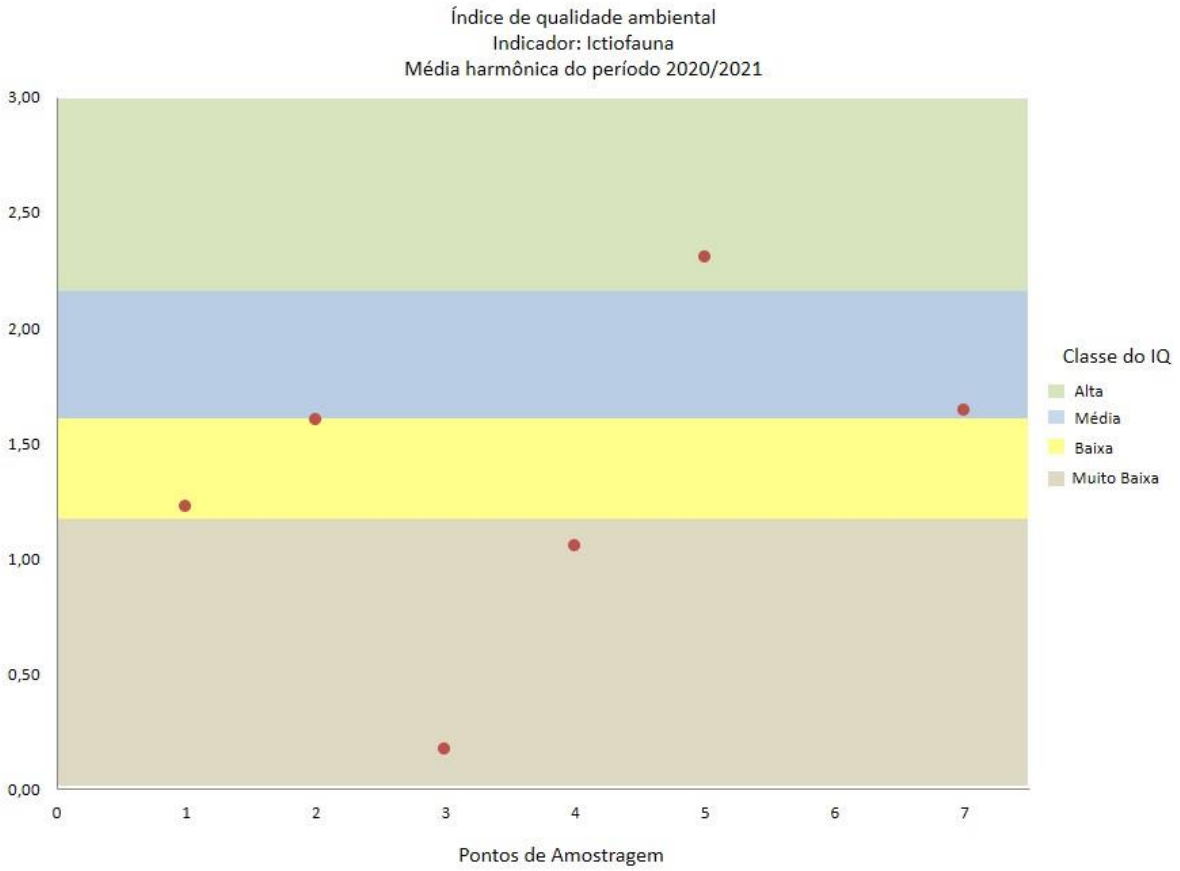
Os pontos PT2, PT5 e PT6 foram aqueles que apresentaram a maior oconstância nos valores de IQ. O ponto PT6 registra historicamente valores de IQ Muito Baixos como padrão daquele local. O ponto PT2 apresentou resultados de IQ Médio nas amostragens, com exceção da amostragem de outono (mai/21) quando o IQ cai para Baixa Qualidade. Por sua vez o ponto PT5 apresentou IQ Alta nas amostragens, com exceção da campanha de inverno (ago/21) quando o índice cai para Baixa.

Figura 5.5.9: Apresentação dos valores obtidos de condições de qualidade no período 2020/2021, indicadas pelo IQ aplicado para o resultado da amostragem de peixes, no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.



Considerando-se a média harmônica do período 2020/2021, os pontos PT3, PT4 e PT6 enquadraram-se com IQ Muito Baixa. Os pontos PT1, PT2 e PT7 enquadraram-se com IQ Baixa e o ponto PT5 foi o único que apresentou IQ de Alta Qualidade (Tabela 5.5.3; Figura 5.5.10).

Figura 5.5.10: Apresentação dos valores de média harmônica obtidos no período 2020/2021, indicadas pelo IQ aplicado para o resultado da amostragem de peixes, no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.



A série histórica dos dados de IQ é apresentada na Tabela 5.5.4.

As Figuras 5.5.11 a 5.5.17 apresentam os gráficos de dispersão dos resultados de IQ em cada ponto da rede de amostragem.

Tabela 5.5.4: Valores de IQ da ictiofauna (BRUSCHI *et al.* 2000) da série histórica de monitoramento da área de influência da UTE Presidente Médici, 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	

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Estação Sazonal	Ano	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
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							
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

Figura 5.5.11: Resultados da série histórica de dados do ponto 1 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

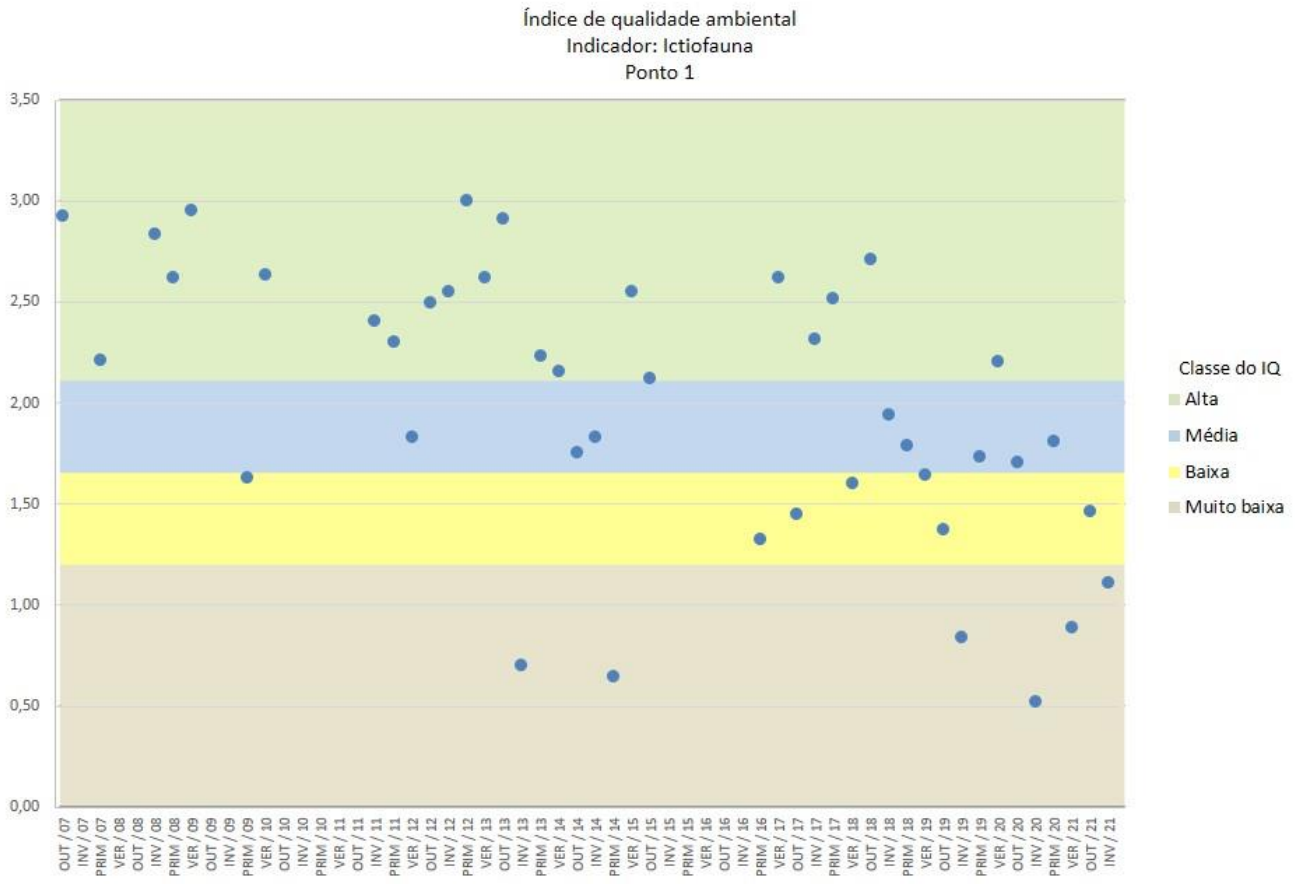


Figura 5.5.12: Resultados da série histórica de dados do ponto 2 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

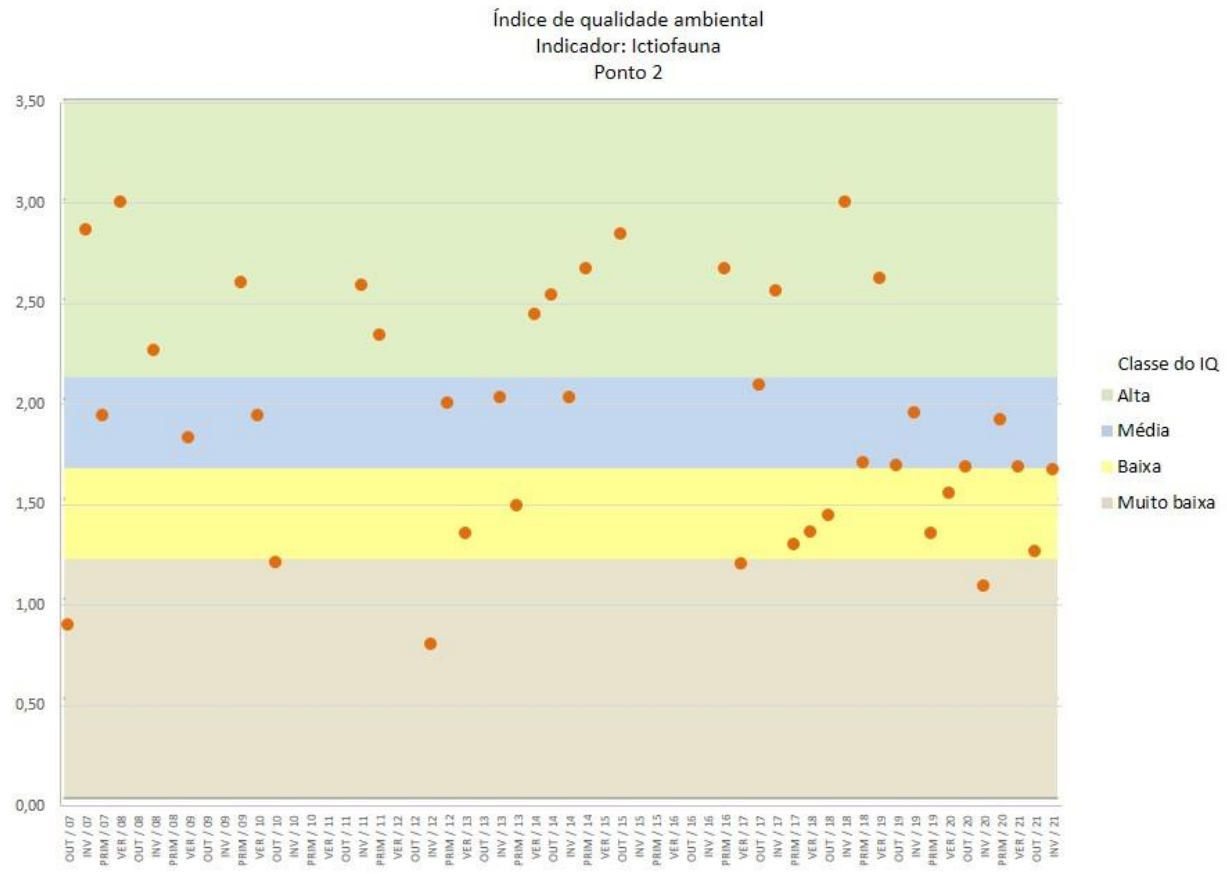


Figura 5.5.13: Resultados da série histórica de dados do ponto 3 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

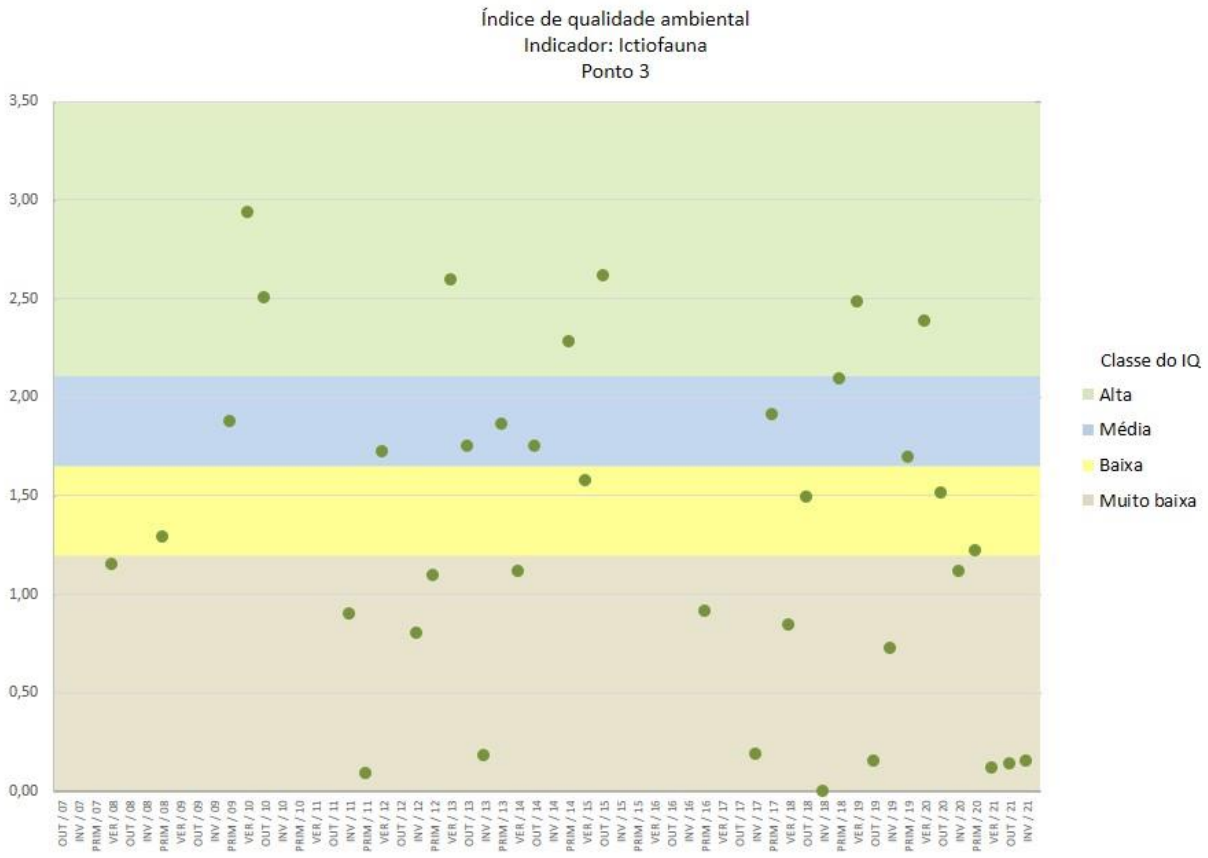


Figura 5.5.14: Resultados da série histórica de dados do ponto 4 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

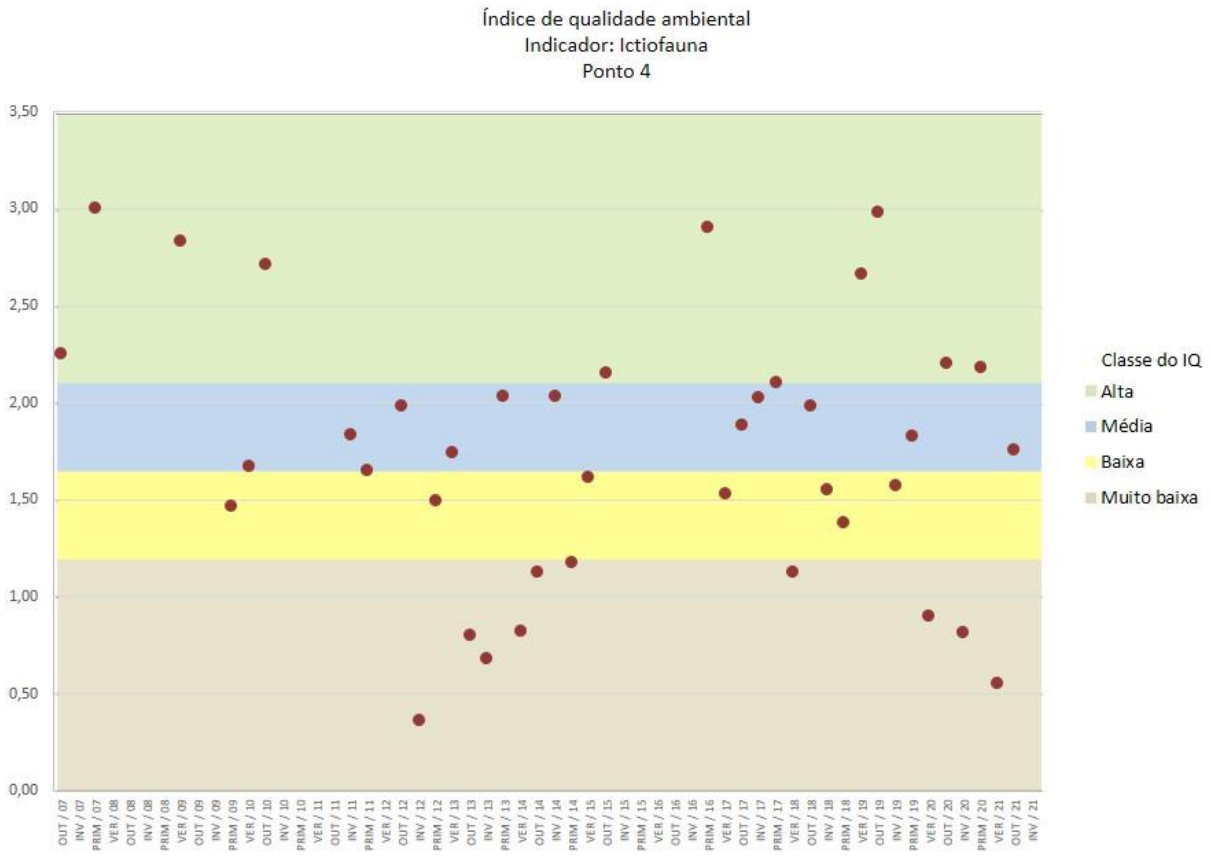


Figura 5.5.15: Resultados da série histórica de dados do ponto 5 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

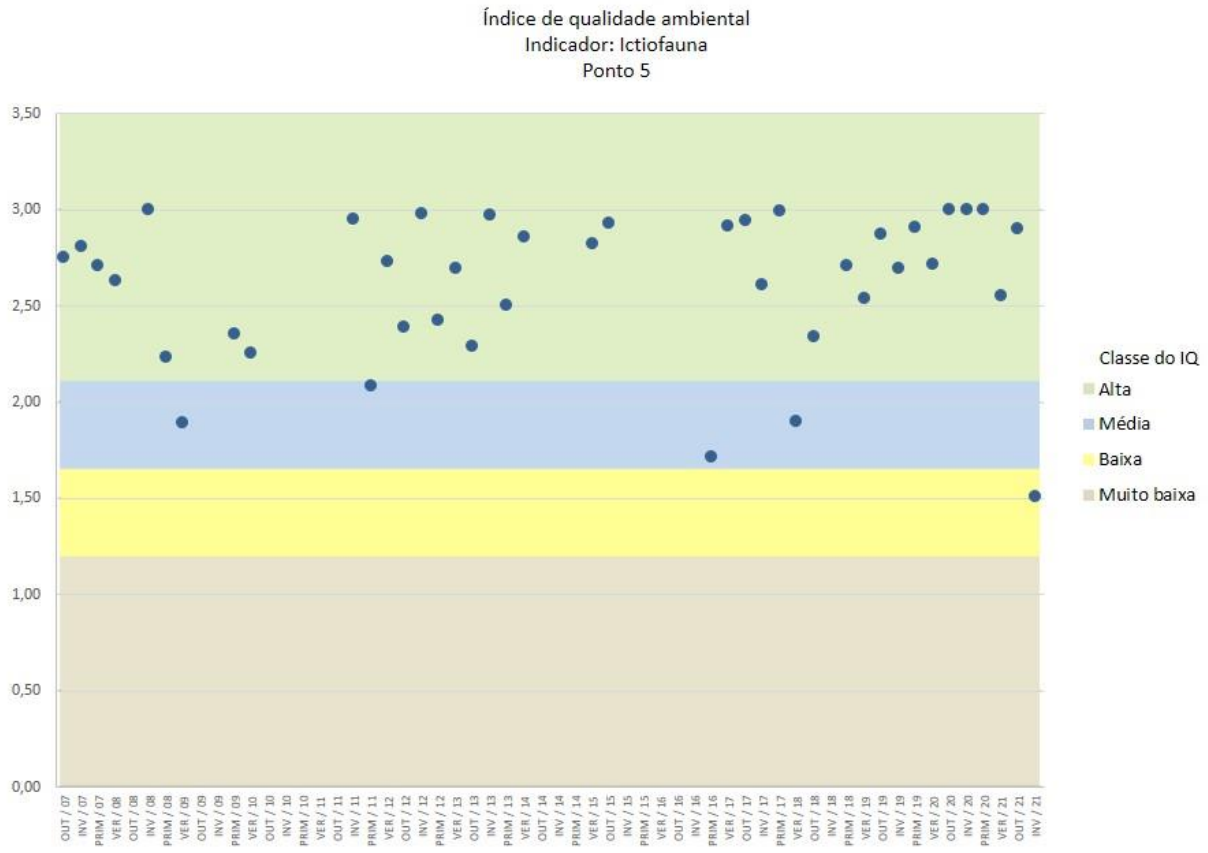


Figura 5.5.16: Resultados da série histórica de dados do ponto 6 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

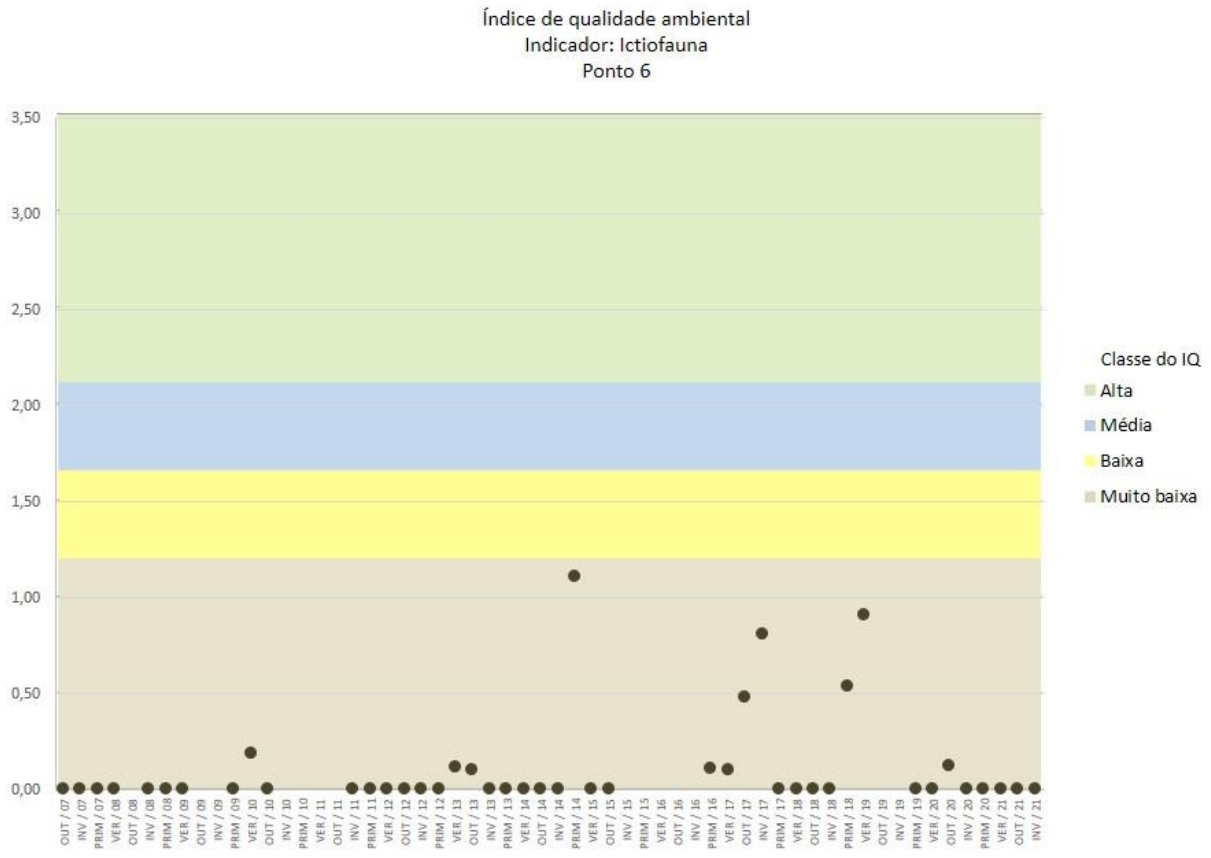
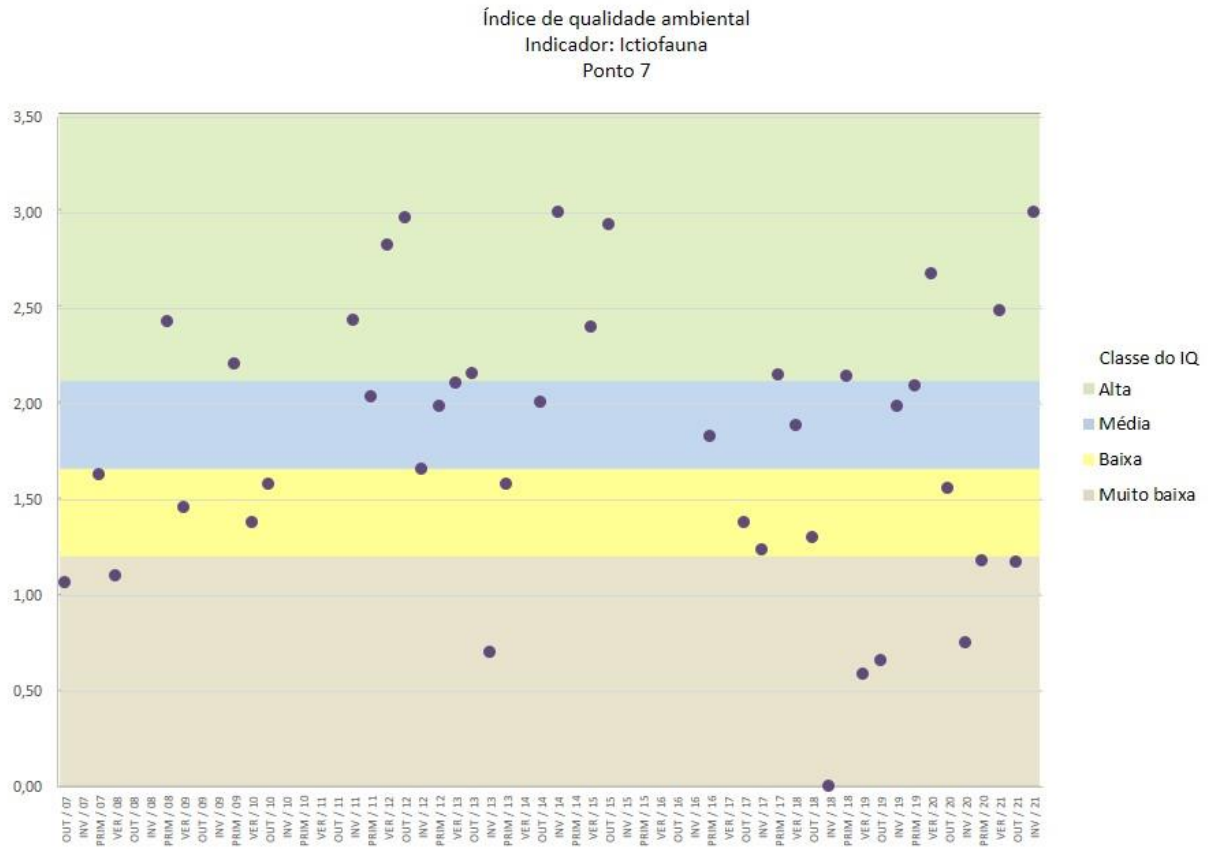


Figura 5.5.17: Resultados da série histórica de dados do ponto 7 de monitoramento do IQ aplicado aos resultados de amostragem de peixes no arroio Candiota e tributários na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.



A Tabela 5.5.5 apresenta os valores da média harmônica para conjuntos de 4 campanhas sazonais consecutivas.

Tabela 5.5.5: Valores da Média Harmônica (MH) de IQ da ictiofauna (BRUSCHI *et al.* 2000) resultante de até 4 estações sazonais consecutivas (Fonte: Tabela 5.5.4).

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		1,07
INVERNO	2007		1,37			2,78		
PRIMAVERA	2007	2,52	1,52		2,57	2,76		1,29
VERÃO	2008		1,73	1,15		2,72		1,22
OUTONO	2008							
INVERNO	2008	2,48	2,32			2,77		
PRIMAVERA	2008	2,72		1,22		2,58		1,51
VERÃO	2009	2,79	2,02		2,83	2,29		1,82
OUTONO	2009							
INVERNO	2009							
PRIMAVERA	2009	2,10	2,15	1,87	1,93	2,10		1,76
VERÃO	2010	2,01	2,22	2,28	1,56	2,30	0,19	1,70
OUTONO	2010		1,74	2,35	1,82			1,66
INVERNO	2010							
PRIMAVERA	2010							
VERÃO	2011							
OUTONO	2011							
INVERNO	2011	2,40	2,59	0,90	1,83	2,95		2,44
PRIMAVERA	2011	2,35	2,46	0,16	1,74	2,44		2,22
VERÃO	2012	2,15		0,23		2,53		2,39
OUTONO	2012	2,22			1,81	2,49		2,52
INVERNO	2012	2,25	1,19	0,23	0,77	2,50		2,24
PRIMAVERA	2012	2,39	1,14	1,09	0,76	2,61		2,23
VERÃO	2013	2,65	1,20	1,17	0,88	2,60	0,12	2,09
OUTONO	2013	2,76		1,28	0,76	2,57	0,11	1,96
INVERNO	2013	1,61	1,73	0,54	1,01	2,57		1,39
PRIMAVERA	2013	1,54	1,58	0,57	1,06	2,59		1,33
VERÃO	2014	1,49	1,91	0,53	0,90	2,63		
OUTONO	2014	1,37	2,03	0,53	0,98			1,17
INVERNO	2014	1,97	2,03		1,29			2,05
PRIMAVERA	2014	1,27	2,39	1,57	1,16		1,11	
VERÃO	2015	1,30		1,82	1,40	2,82		2,40
OUTONO	2015	1,35	2,46	2,06	1,64	2,87		2,75

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Estação Sazonal	Ano	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
INVERNO	2015							
PRIMAVERA	2015							
VERÃO	2016							
OUTONO	2016							
INVERNO	2016							
PRIMAVERA	2016	1,32	2,67	0,91	2,90	1,71	0,11	1,83
VERÃO	2017	1,76	1,66		2,00	2,15	0,10	
OUTONO	2017	1,64	1,78		1,96	2,36	0,14	1,57
INVERNO	2017	1,77	1,93	0,31	1,98	2,42	0,18	1,44
PRIMAVERA	2017	1,92	1,64	0,34	1,80	2,83		1,49
VERÃO	2018	1,86	1,78	0,47	1,49	2,79		1,68
OUTONO	2018	1,95	1,69	0,57	1,53	2,80		1,74
INVERNO	2018	1,13	1,38	1,79	1,19			
PRIMAVERA	2018	1,13	1,46	1,92	1,13	2,80	0,54	2,03
VERÃO	2019	1,09	1,61	1,94	1,43	2,74	0,67	1,07
OUTONO	2019	1,05	1,61	0,40	1,50	2,70		0,81
INVERNO	2019	1,29	1,93	0,45	1,93	2,70		0,95
PRIMAVERA	2019	1,29	1,80	0,44	2,11	2,74		0,95
VERÃO	2020	1,35	1,61	0,44	1,52	2,79		1,39
OUTONO	2020	1,42	1,61	1,31	1,45	2,82	0,12	2,01
INVERNO	2020	1,13	1,38	1,55	1,19	2,90		1,42
PRIMAVERA	2020	1,14	1,49	1,43	1,23	2,92		1,25
VERÃO	2021	0,95	1,52	0,37	1,01	2,87		1,24
OUTONO	2021	0,93	1,42	0,23	0,98	2,85		1,16
INVERNO	2021	1,22	1,60	0,17	1,05	2,31		1,64

A Tabela 5.5.6 apresenta as classes de enquadramento da Média Harmônica do IQ apresentadas na Tabela 5.5.5.

Tabela 5.5.6: Classes de IQ conforme os resultados da Média Harmônica de até quatro estações sazonais consecutivas (Fonte: Tabela 5.5.5).

Estação Sazonal	Ano	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
OUTONO	2007	ALTA	MUITO BAIXA		ALTA	ALTA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
INVERNO	2007		BAIXA			ALTA	MUITO BAIXA	
PRIMAVERA	2007	ALTA	BAIXA		ALTA	ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
VERÃO	2008		MÉDIA	MUITO BAIXA		ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
OUTONO	2008							
INVERNO	2008	ALTA	ALTA			ALTA	MUITO BAIXA	
PRIMAVERA	2008	ALTA		BAIXA		ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
VERÃO	2009	ALTA	MÉDIA		ALTA	ALTA	MUITO BAIXA	MÉDIA
OUTONO	2009							
INVERNO	2009							
PRIMAVERA	2009	MÉDIA		MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA
VERÃO	2010	MÉDIA			BAIXA		MUITO BAIXA	MÉDIA
OUTONO	2010		MÉDIA		MÉDIA		MUITO BAIXA	MÉDIA
INVERNO	2010							
PRIMAVERA	2010							
VERÃO	2011							
OUTONO	2011							
INVERNO	2011	ALTA	ALTA	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
PRIMAVERA	2011	ALTA	ALTA	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
VERÃO	2012	ALTA		MUITO BAIXA		ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
OUTONO	2012	ALTA			MÉDIA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
INVERNO	2012	ALTA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
PRIMAVERA	2012	ALTA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
VERÃO	2013	ALTA	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	MÉDIA
OUTONO	2013	ALTA		BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	MÉDIA
INVERNO	2013	BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
PRIMAVERA	2013	BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
VERÃO	2014	BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	
OUTONO	2014	BAIXA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA		MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
INVERNO	2014	MÉDIA	MÉDIA		BAIXA		MUITO BAIXA	MÉDIA
PRIMAVERA	2014	BAIXA	ALTA	BAIXA	MUITO BAIXA		MUITO BAIXA	
VERÃO	2015	BAIXA		MÉDIA	BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
OUTONO	2015	BAIXA	ALTA	MÉDIA	BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA
INVERNO	2015							

Estação Sazonal	Ano	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
PRIMAVERA	2015							
VERÃO	2016							
OUTONO	2016							
INVERNO	2016							
PRIMAVERA	2016	BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	ALTA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA
VERÃO	2017	MÉDIA	MÉDIA		MÉDIA	ALTA	MUITO BAIXA	
OUTONO	2017	BAIXA	MÉDIA		MÉDIA	ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
INVERNO	2017	MÉDIA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
PRIMAVERA	2017	MÉDIA	BAIXA	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
VERÃO	2018	MÉDIA	MÉDIA	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTA		BAIXA
OUTONO	2018	ALTA	BAIXA	MUITO BAIXA	MÉDIA	ALTA		BAIXA
INVERNO	2018	MÉDIA	BAIXA		BAIXA		MUITO BAIXA	
PRIMAVERA	2018	MUITO BAIXA	BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
VERÃO	2019	MUITO BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA
OUTONO	2019	MUITO BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	BAIXA	ALTA		MUITO BAIXA
INVERNO	2019	BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	BAIXA	ALTA		MUITO BAIXA
PRIMAVERA	2019	BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	BAIXA	ALTA		MUITO BAIXA
VERÃO	2020	BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	BAIXA	ALTA		BAIXA
OUTONO	2020	BAIXA	BAIXA	'	BAIXA	ALTA	MUITO BAIXA	BAIXA
INVERNO	2020	MUITO BAIXA	BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA		BAIXA
PRIMAVERA	2020	MUITO BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA	ALTA		BAIXA
VERÃO	2021	MUITO BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA		BAIXA
OUTONO	2021	MUITO BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA		MUITO BAIXA
INVERNO	2021	BAIXA	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO BAIXA	ALTA		BAIXA

A Tabela 5.5.7 sumariza os números totais e relativos de registros de IQ em cada ponto amostral e em cada classe de IQ bem como o número de alterações de qualidade em que houve piora ou melhora do IQ na série histórica de monitoramento.

Tabela 5.5.7: Número total de registros de IQ na série histórica de monitoramento da ictiofauna na área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS. Frequência absoluta e frequência relativa das alterações do IQ (média harmônica) e dos registros observados para cada classe de IQ na rede de monitoramento. Extraído dos resultados da Tabela 5.5.6.

		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
Freq. absoluta	**No de registros**	**43**	**39**	**35**	**41**	**40**	**46**	**40**
	N total de alterações	**12**	**15**	**12**	**15**	**4**	**0**	**14**
	ALTA	**13**	**6**	**0**	**4**	**38**	**0**	**8**
	MÉDIA	**8**	**11**	**3**	**9**	**2**	**0**	**8**
	BAIXA	**14**	**19**	**9**	**13**	**0**	**0**	**17**
	MUITO BAIXA	**8**	**3**	**23**	**15**	**0**	**46**	**7**
Freq. relativa	**N total de alterações**	**28%**	**38%**	**34%**	**37%**	**10%**	**0%**	**35%**
	ALTA	**30%**	**15%**	**0%**	**10%**	**95%**	**0%**	**20%**
	MÉDIA	**19%**	**28%**	**9%**	**22%**	**5%**	**0%**	**20%**
	BAIXA	**33%**	**49%**	**26%**	**32%**	**0%**	**0%**	**43%**
	MUITO BAIXA	**19%**	**8%**	**66%**	**37%**	**0%**	**100%**	**18%**

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 houveram 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 5.5.7). 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 40 registros de IQ na série histórica e apenas em quatro momentos (11%) houve alteração do enquadramento da qualidade (Tabela 5.5.7). Podemos dizer que há uma constância nesse enquadramento de Alta Qualidade do local já que em 38 registros (95%) o IQ enquadrou-se nessa condição e apenas em dois registros (5%) o IQ caiu para Média Qualidade (Tabela 5.5.7).

Para o Ponto 1 foram feitos 43 registros de IQ (Tabela 5.5.7). O enquadramento da categoria de qualidade desse local foi alterado 12 vezes (28%) (Tabela 5.5.7). Em 13 registros (30%) o IQ do local foi de Alta Qualidade, em 14 registros (33%) foi de Baixa Qualidade e em oito registros (19%) foi de Média Qualidade (Tabela

5.5.7). 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/2018 a média harmônica do IQ passa a apresentar valores de IQ Muito Baixa, o que não havia acontecido ainda na série histórica e mantem-se entre IQ Muito Baixo e Baixo desde então (Tabela 5.5.6).

O ponto 2 apresentava-se bastante instável desde o início dos monitoramentos (outono/2007) até o verão de 2018. Desde a amostragem de outono de 2018 o IQ mantem-se estabilizado em Baixa Qualidade. Das 39 observações de IQ nesse local, a média harmônica apresentou 15 alterações de estado sendo todas registradas entre 2007 e 2018. As últimas 14 observações não alteraram o IQ Baixadesse ponto de monitoramento.

O ponto 3 tem no início da série histórica registros de flutuações do enquadramento do IQ mas o ambiente apresenta uma alta frequência de registro de IQ de Qualidade Muito Baixa (66%) ou Baixa (26%).

O ponto 4 apresenta flutuações do enquadramento do IQ da ordem de 37%. No entanto, a média harmônica das últimas 15 observações colocam a qualidade oscilando em Baixa e Muito Baixa nesse local.

Da mesma forma que os pontos PT1, PT2, PT3 e PT4, o ponto 7 apresentava flutuações do enquadramento do IQ da ordem nos anos iniciais da série de amostragem e nos últimos 17 registros tem oscilado entre IQ Baixo e Muito Baixo.

Elementos contaminantes

No período 2020-2021 foram obtidas 54 amostras de tecido muscular de peixes das quais 18 amostras de peixes carnívoros (33,3%), 17 amostras de peixes onívoros (31,5%) e 19 amostras de peixes raspadores bentônicos (35,2%). Não foram obtidas amostras no ponto PT6 e no ponto PT8 foi possível obter apenas uma amostra no éríodo. O maior número de amostras foi obtido nos Ponto PT5 (12 amostras) (Tabela 5.5.8).

Tabela 5.5.8: Número amostras de músculo de peixes obtidas no período de amostragem de novembro/2020 a agosto/2021, 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 Presidente Médici, Candiota, RS.

Ponto de amostragem	Nível trófico	N amostras	% amostras	Total ponto	% ponto
1	carnívoro	4	7,41%	9	16,67%
	onívoro	3	5,56%		
	raspadores bentônicos	2	3,70%		
2	carnívoro	4	7,41%	11	20,37%
	onívoro	3	5,56%		
	raspadores bentônicos	4	7,41%		
3	carnívoro	2	3,70%	6	11,11%
	onívoro	1	1,85%		
	raspadores bentônicos	3	5,56%		
4	carnívoro	2	3,70%	7	12,96%
	onívoro	3	5,56%		
	raspadores bentônicos	2	3,70%		
5	carnívoro	4	7,41%	12	22,22%
	onívoro	4	7,41%		
	raspadores bentônicos	4	7,41%		
6	carnívoro	0	0,00%	0	0,00%
	onívoro	0	0,00%		
	raspadores bentônicos	0	0,00%		
7	carnívoro	2	3,70%	8	14,81%
	onívoro	2	3,70%		
	raspadores bentônicos	4	7,41%		
8	carnívoro	0	0,00%	1	1,85%
	onívoro	1	1,85%		
	raspadores bentônicos	0	0,00%		
Total de amostras		54	100,00%	54	100,00%

Até o momento foram obtidas amostras de tecidos (músculo) de 601 exemplares de peixes no monitoramento da área de influência da UTE Presidente Médici nas quais foram realizadas 5.296 análises de elementos contaminantes, resultando em 4.889 registros (Tabela 5.5.9).

Os resultados demonstram que todos os elementos pesquisados já apresentaram níveis detectáveis de sua presença nos peixes (Tabela 5.5.9).

Com exceção do Níquel (Ni), todas as outras substâncias apresentaram concentrações acima do limite de segurança adotado nesse trabalho em algum momento da série histórica (Tabela 5.5.2).

A seguir os resultados são apresentados e discutidos para cada elemento.

Tabela 5.5.9: Número de análises de tecido de peixes (músculo) realizadas no período de agosto/2004 a agosto/2021 de acordo com os elementos analisados, grupo trófico doador de tecido, número total de análises, amostras com valores detectáveis, amostras com valores acima dos limites de referência e proporção dos animais contaminados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Elemeto	Nível trófico peixes	N análises	Total análises	Amostras com concentração detectável	Total de amostras com concentração detectável	Proporção amostras com concentrações detectáveis (%)	Amostras com concentração acima do limite	Proporção (%) animais contaminados
Arsênio (Ar)	carnívoros	182	509	51	171	33,60%	2	1,10%
	onívoros	178		51			1	0,56%
	raspadores bentônicos	149		69			36	24,16%
Cádmio (Ca)	carnívoros	193	546	5	18	3,30%	2	1,04%
	onívoros	191		5			3	1,57%
	raspadores bentônicos	162		8			2	1,23%
Chumbo (Pb)	carnívoros	193	546	18	50	9,16%	5	2,59%
	onívoros	191		16			6	3,14%
	raspadores bentônicos	162		16			4	2,47%
Cobre (Cu)	carnívoros	193	546	105	311	56,96%	0	0,00%
	onívoros	191		108			1	0,52%
	raspadores bentônicos	162		98			0	0,00%
Cromo (Cr)	carnívoros	193	546	57	169	30,95%	49	25,39%
	onívoros	191		58			49	25,65%
	raspadores bentônicos	162		54			45	27,78%
Manganês (Mn)	carnívoros	182	509	152	451	88,61%	42	23,08%
	onívoros	178		171			100	56,18%
	raspadores bentônicos	149		128			46	30,87%
Mercúrio (Hg)	carnívoros	210	596	95	239	40,10%	63	30,00%
	onívoros	206		87			23	24,21%
	raspadores bentônicos	180		57			7	3,89%
Níquel (Ni)	carnívoros	193	546	9	42	7,69%	0	0,00%
	onívoros	191		15			0	0,00%
	raspadores bentônicos	162		18			0	0,00%
Zinco (Zn)	carnívoros	193	545	192	536	98,35%	35	18,13%
	onívoros	190		187			77	40,53%
	raspadores bentônicos	162		157			3	1,85%

Arsênio (As)

O Arsênio passou a ser incluído no rol de elementos analisados no inverno de 2007. Desde então foram realizadas 509 análises sendo, 182 de peixes carnívoros (35,76%), 178 de peixes onívoros (34,97%) e 149 de peixes raspadores bentônicos (29,27%) (Tabela 5.5.9).

Cento e setenta e uma amostras (33,60%) apresentaram valores detectáveis de Arsênio, das quais, 39 amostras apresentaram concentrações acima do que estabelece a RDC ANVISA 42/2013.

Os peixes raspadores bentônicos apresentaram a maior incidência de amostras com concentrações acima do limite (36), representando 24,16% das amostras analisadas nesse grupo trófico (Tabela 5.5.9). Também nesse grupo trófico foram registradas as maiores concentrações de Arsênio (Figura 5.5.20).

A contaminação encontrada em amostras de peixes carnívoros foi de 1,10% (2 amostras). Apenas um exemplras de onívoro apresentou concentrações elevadas de Arsênio. (Tabela 5.5.9).

Amostras de peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados (Tabela 5.5.10 e Figuras 5.5.18, 5.5.19 e 5.5.20).

Tabela 5.5.10: Número de amostras de peixes contaminados com Arsênio (As) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	0	0	1	1
Ponto 2	0	0	5	5
Ponto 3	1	0	7	8
Ponto 4	0	0	12	12
Ponto 5	0	0	1	1
Ponto 6	1	0	0	1
Ponto 7	0	0	10	10
Ponto 8	0	1	0	1
Total	2	1	36	39

Figura 5.5.18: Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

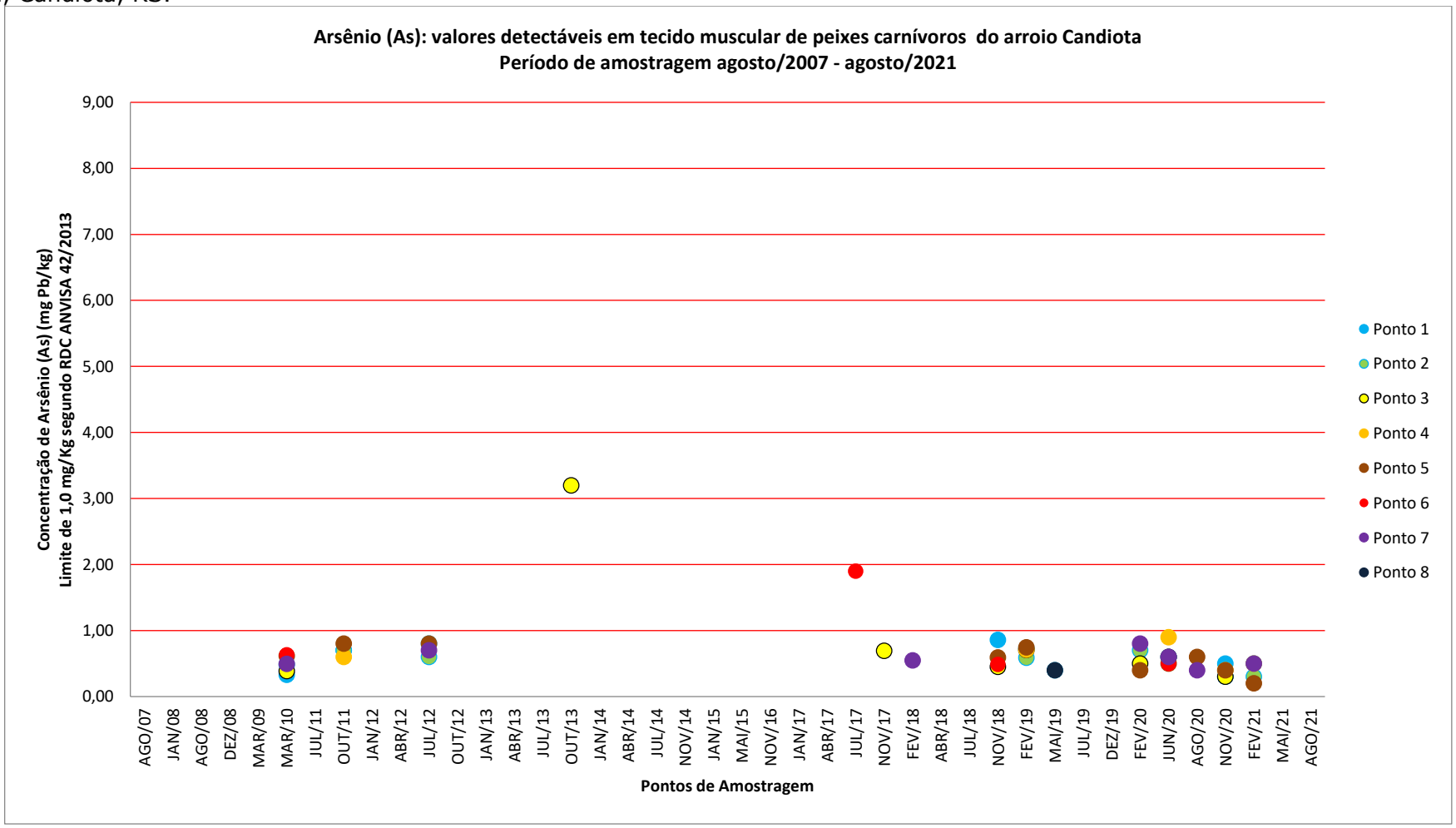


Figura 5.5.19: Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

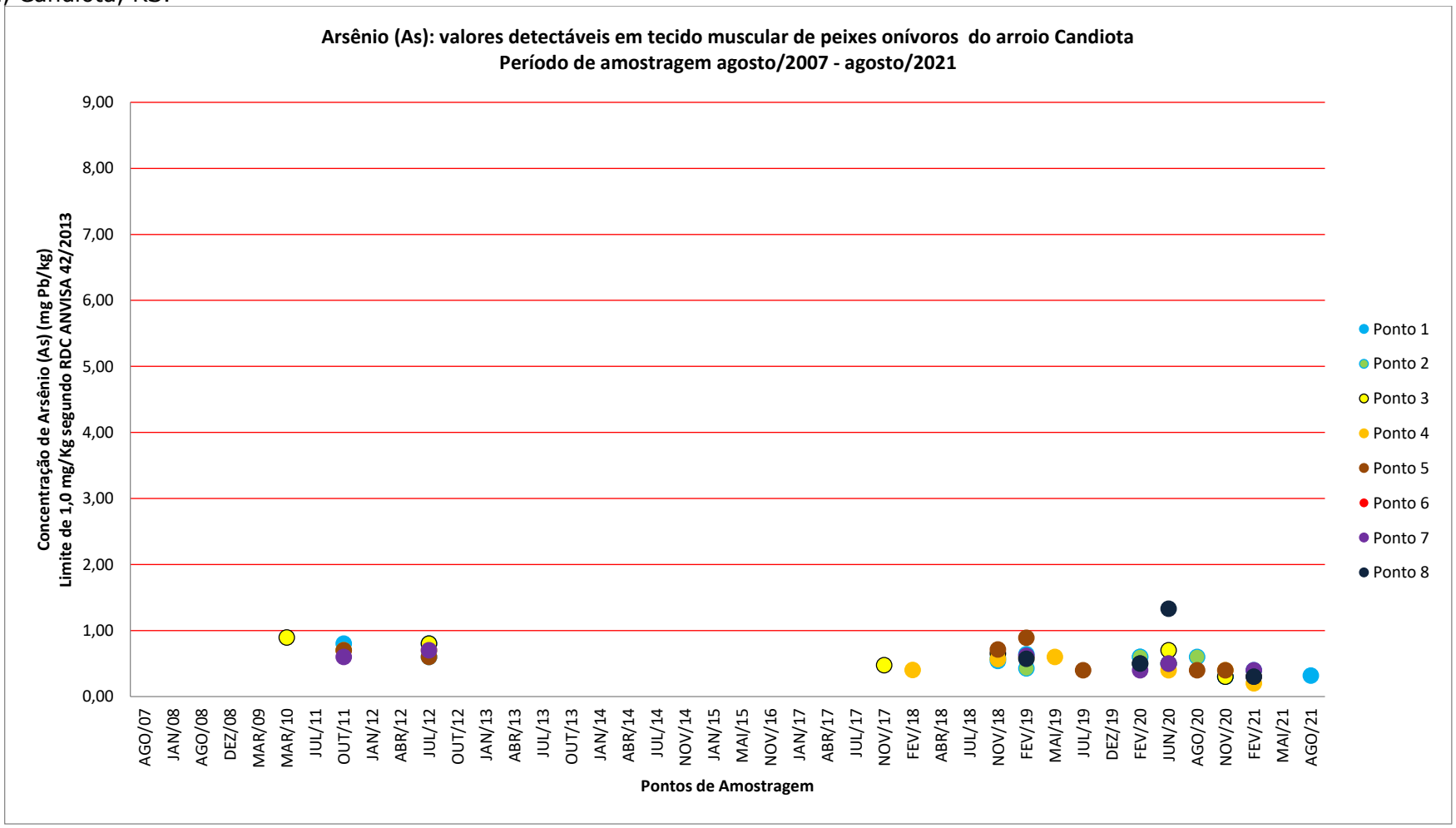
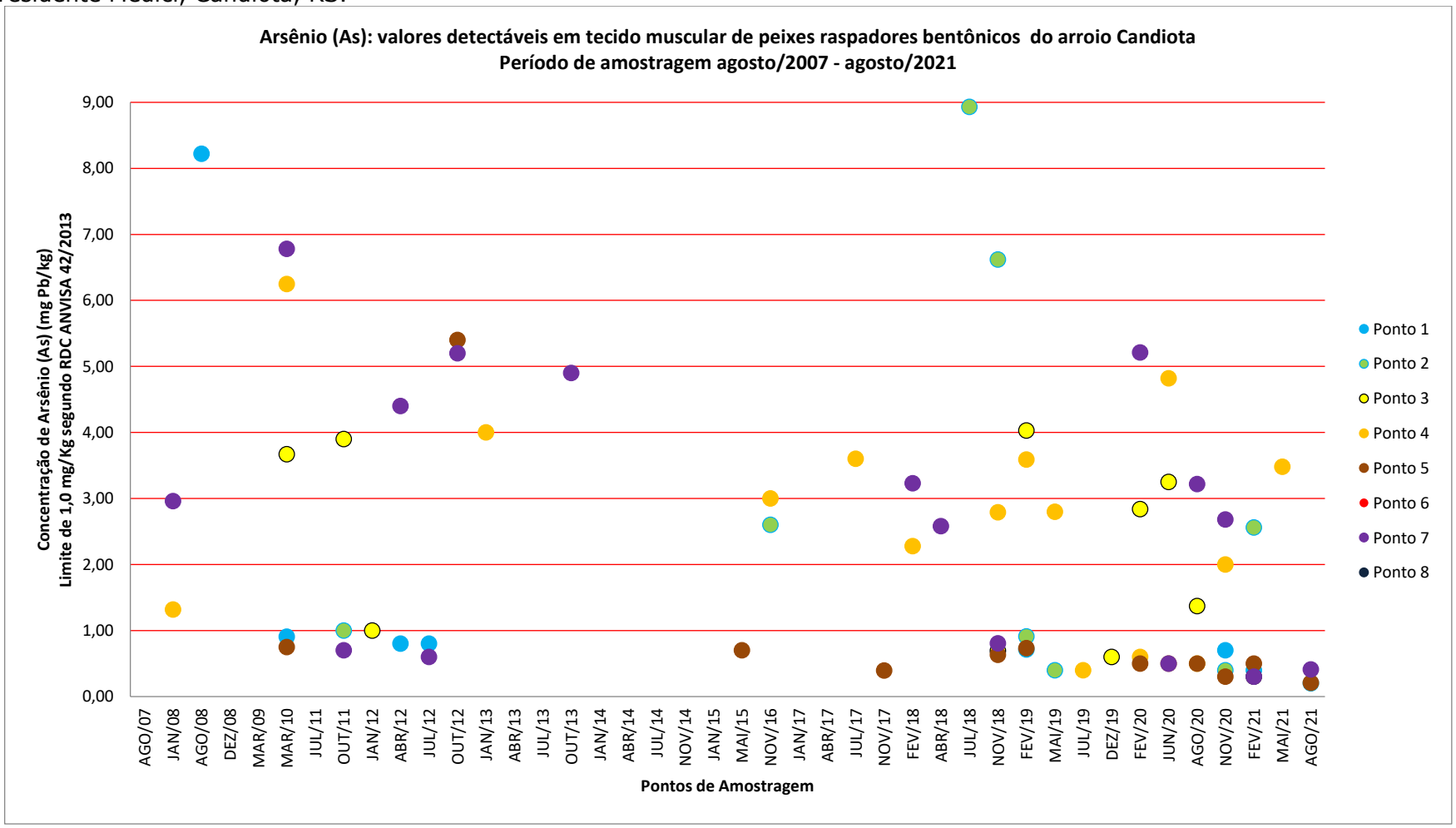


Figura 5.5.20: Concentração de Arsênio (As) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.



Cádmio (Cd)

O Cádmio faz parte do rol elementos analisados desde agosto de 2004. Até o momento foram realizadas 546 análises das quais 193 de peixes carnívoros (35,35%), 191 de peixes onívoros (34,98%) e 162 de peixes raspadores bentônicos (29,67%) (Tabela 5.5.9).

Dezoito amostras apresentaram valores detectáveis de Cádmio (3,30%) e apenas sete dessas amostras apresentaram concentrações acima do que estabelece a RDC ANVISA 42/2013. 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

A Tabela 5.5.11 apresenta a distribuição das amostras contaminadas conforme o grupo trófico e o local monitorado.

Tabela 5.5.11: Número de amostras de peixes contaminados com Cádmio (Cd) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, 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 5.5.21: Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

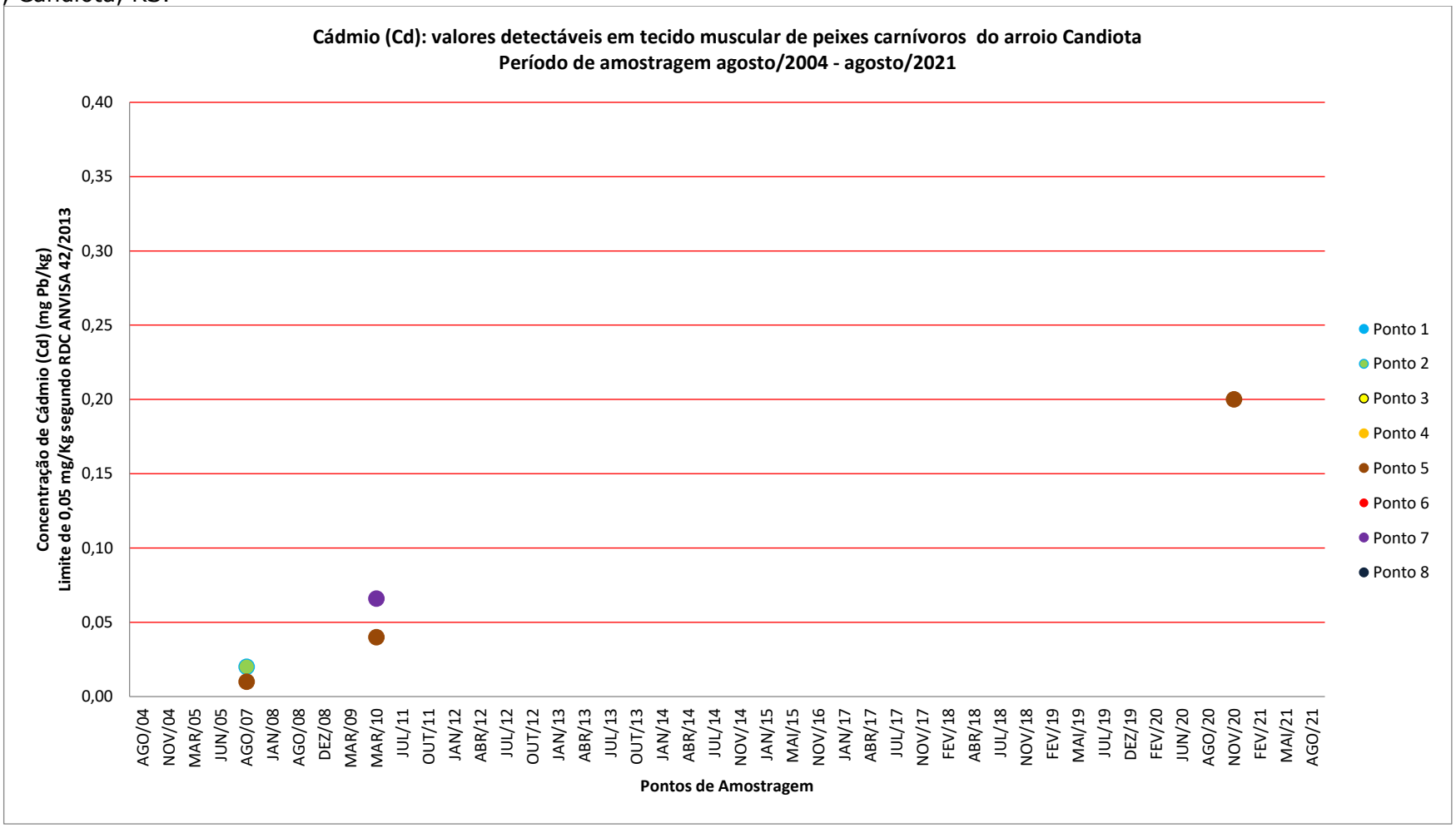


Figura 5.5.22: Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

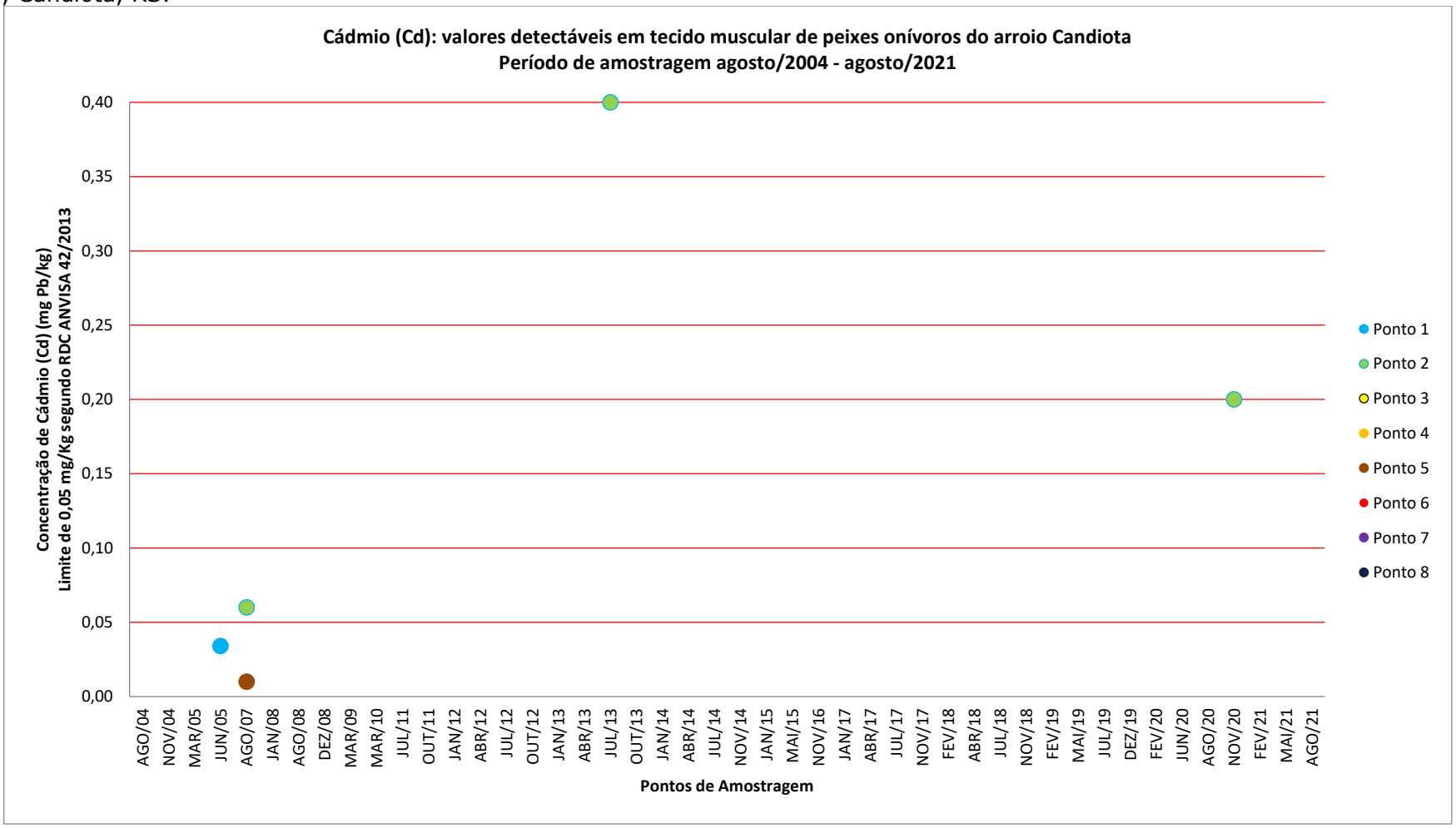
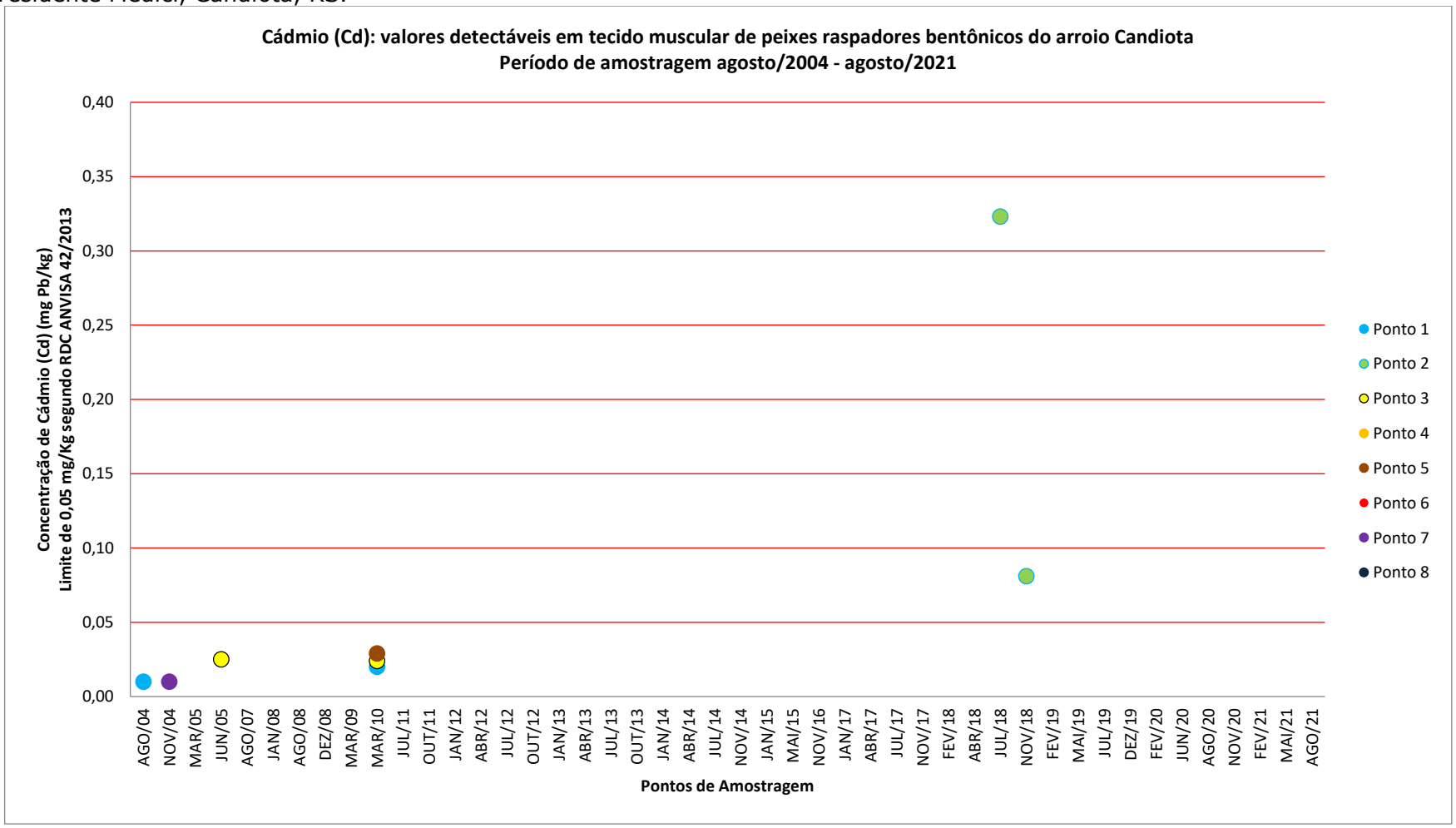


Figura 5.5.23: Concentração de Cádmio (Cd) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.



Chumbo (Pb)

As concentrações de Chumbo nos peixes vêm sendo monitoradas desde agosto de 2004. Até o momento foram realizadas 546 análises das quais 193 de peixes carnívoros (35,35%), 191 de peixes onívoros (34,98%) e 162 de peixes raspadores bentônicos (29,67%) (Tabela 5.5.9). Cinquenta amostras (9,16%) apresentaram valores detectáveis de Chumbo, das quais, 15 amostras apresentaram concentrações acima do que estabelece a RDC ANVISA 42/2013.

A maior incidência de amostras contaminadas acima do limite ocorre nos peixes onívoros (3,14%). Os registros de concentrações elevadas de Chumbo estão dispersos na rede de monitoramento (Figura 5.5.25).

Foram registrados cinco peixes carnívoros e quatro peixes raspadores bentônicos com concentrações elevadas o que representa uma taxa de 2,59% para os carnívoros e 2,47% para os raspadores bentônicos (Tabela 5.5.9).

Com exceção do Ponto 6, amostras de peixes contaminados com Chumbo (Pb) foram registradas em todos os locais monitorados (Tabela 5.5.12 e Figuras 5.5.24, 5.5.25 e 5.5.26).

Tabela 5.5.12: Número de amostras de peixes contaminados com Chumbo (Pb) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	2	1	0	3
Ponto 2	1	0	2	3
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	5	6	4	15

Figura 5.5.24: Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

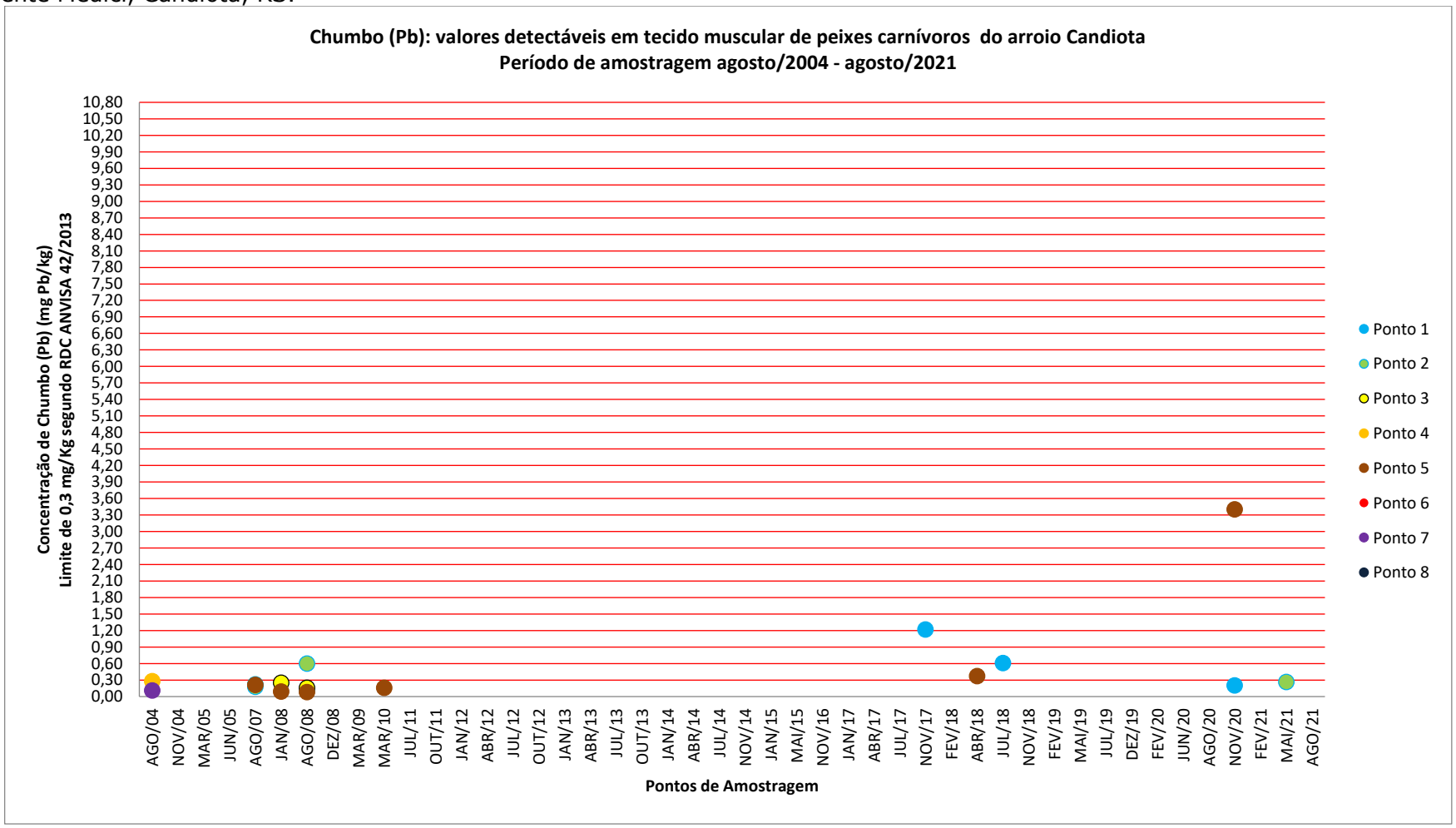


Figura 5.5.25: Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

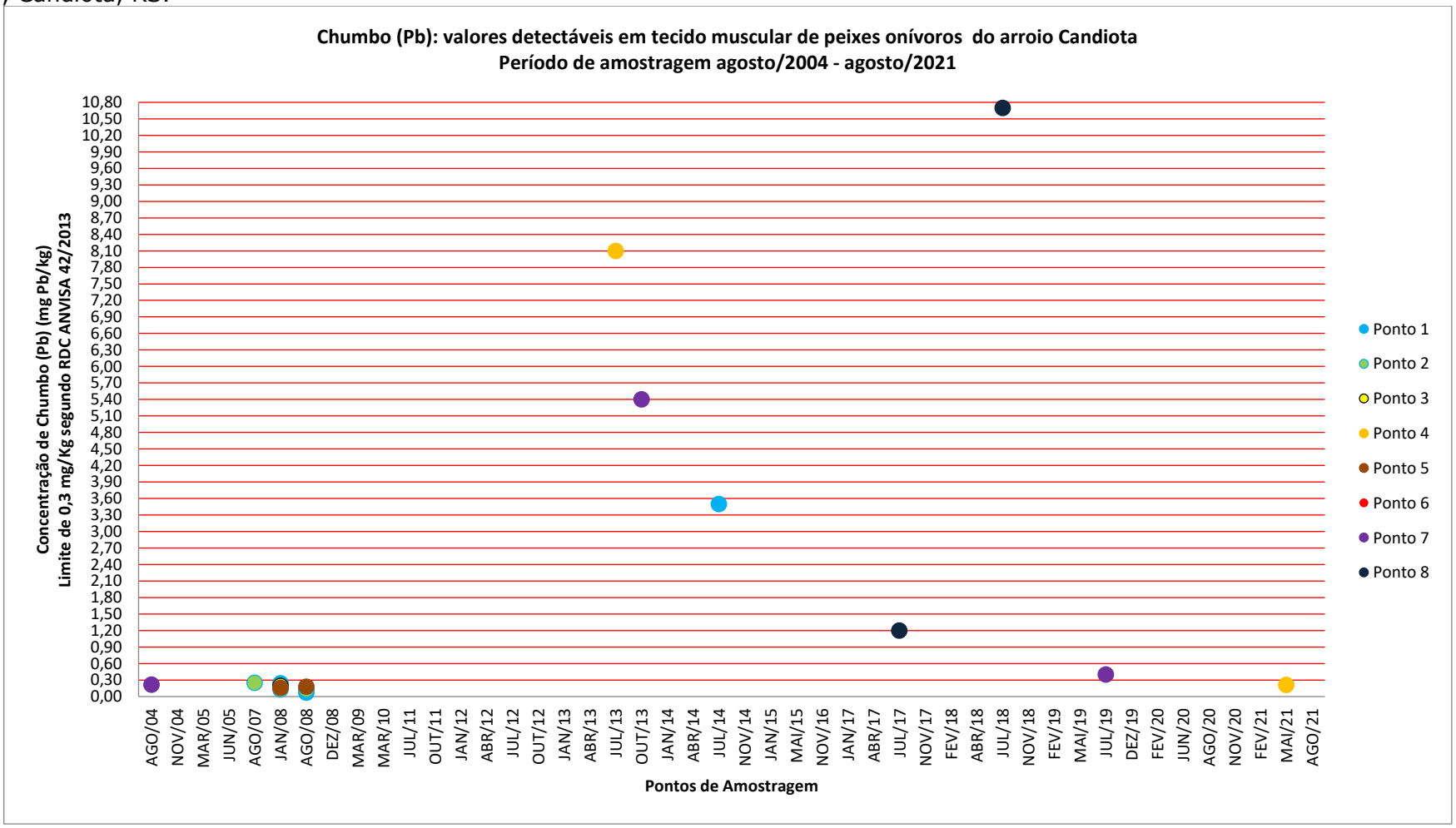
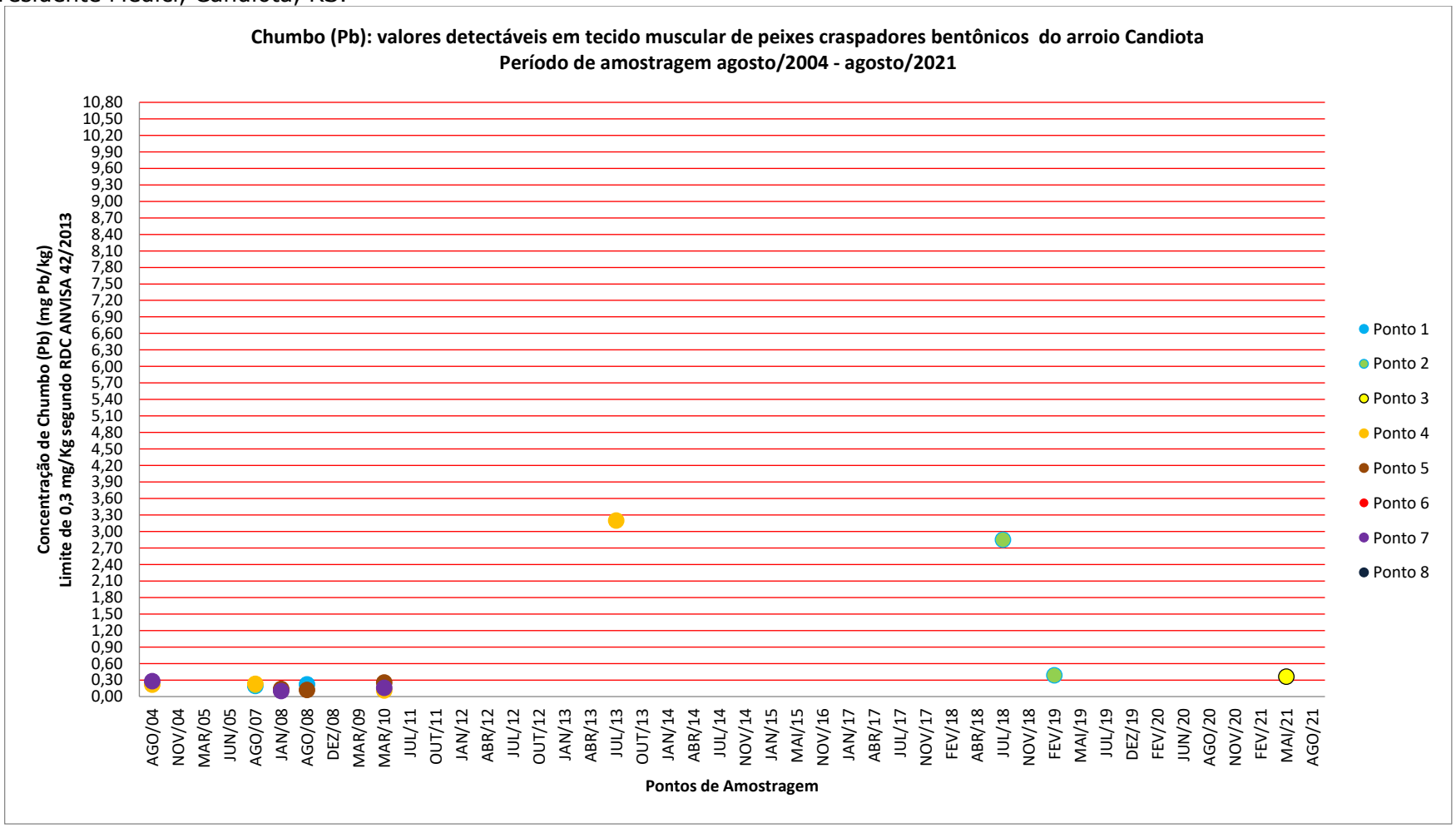


Figura 5.5.26: Concentração de Chumbo (Pb) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.



Cobre (Cu)

O Cobre tem sido monitorado nos peixes desde agosto de 2004. Até o momento foram realizadas 546 análises das quais 193 de peixes carnívoros (35,35%), 191 de peixes onívoros (34,98%) e 162 de peixes raspadores bentônicos (29,67%) (Tabela 5.5.9).

Trezentas e onze amostras (56,96%) apresentaram valores detectáveis de Cobre, das quais apenas uma amostra de um peixe onívoro capturado em janeiro/2017 no Ponto 6 apresentou concentrações de cobre acima do que estabelece a Dec. 55.871/1965.

O Cobre é um elemento que possuia registros em concentrações bastante baixas no início da série histórica e desaparece dos registros entre a metade de 2012 e o outono de 2015. Quando as atividades de monitoramento são retomadas, na primavera de 2016 registramos um novo cenário com concentrações maiores de Cobre dispersa na rede de monitoramento e em todos os níveis tróficos analisados, mas ainda em concentrações dentro do limite de segurança empregado como referência. A partir da primavera de 2017 há uma significativa redução nas concentrações observadas de Cobre nos peixes, mas ainda assim é um elemento com presença constante nas análises em todos os níveis tróficos e em toda a rede de monitoramento. O Cobre é o segundo elemento analisado mais comumente encontrado em peixes de todos os níveis tróficos.

As Figuras 5.5.27, 5.5.28 e 5.5.29 apresentam os gráficos de concentração de Cobre para cada grupo trófico.

Figura 5.5.27: Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

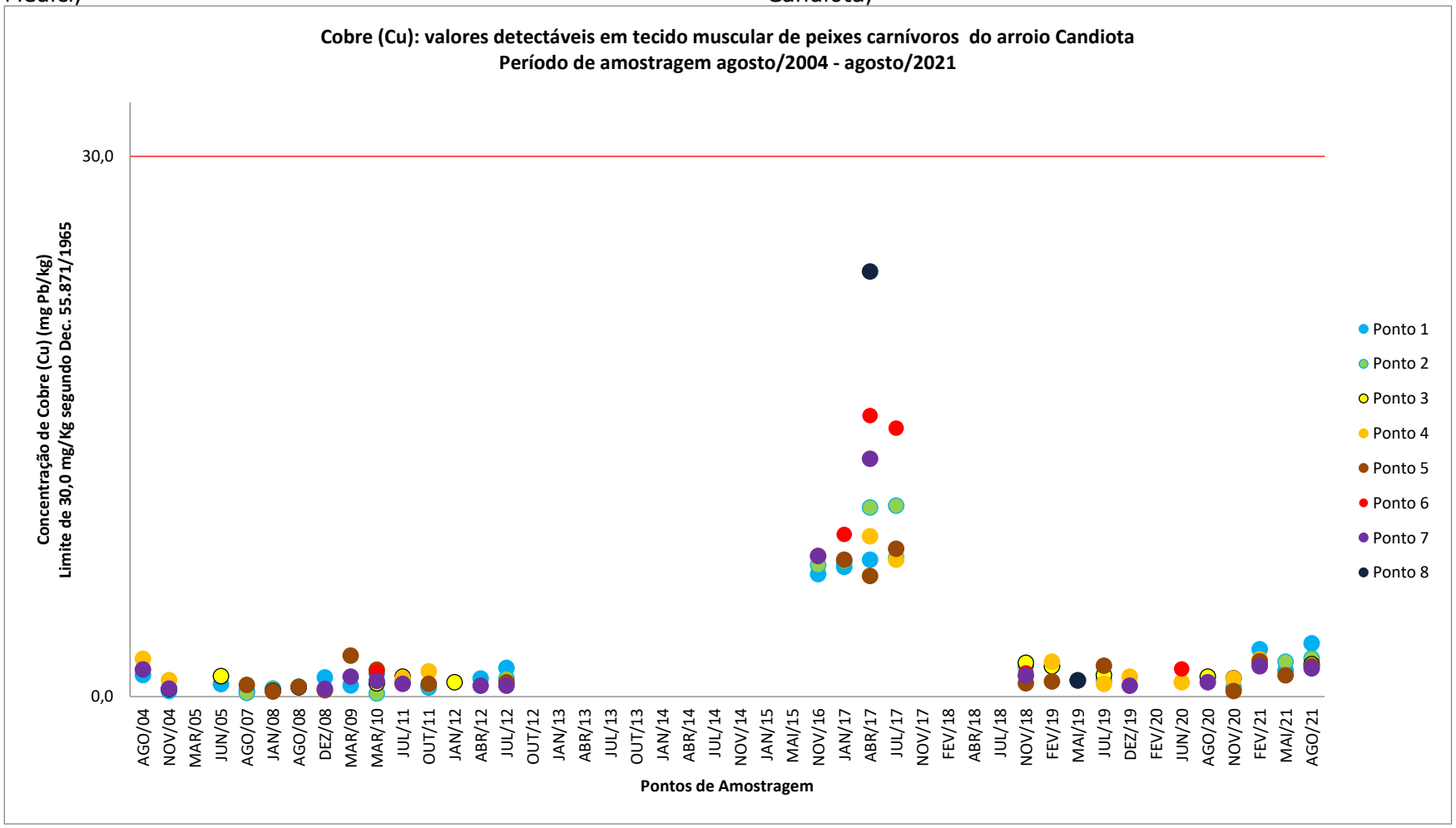


Figura 5.5.28: Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

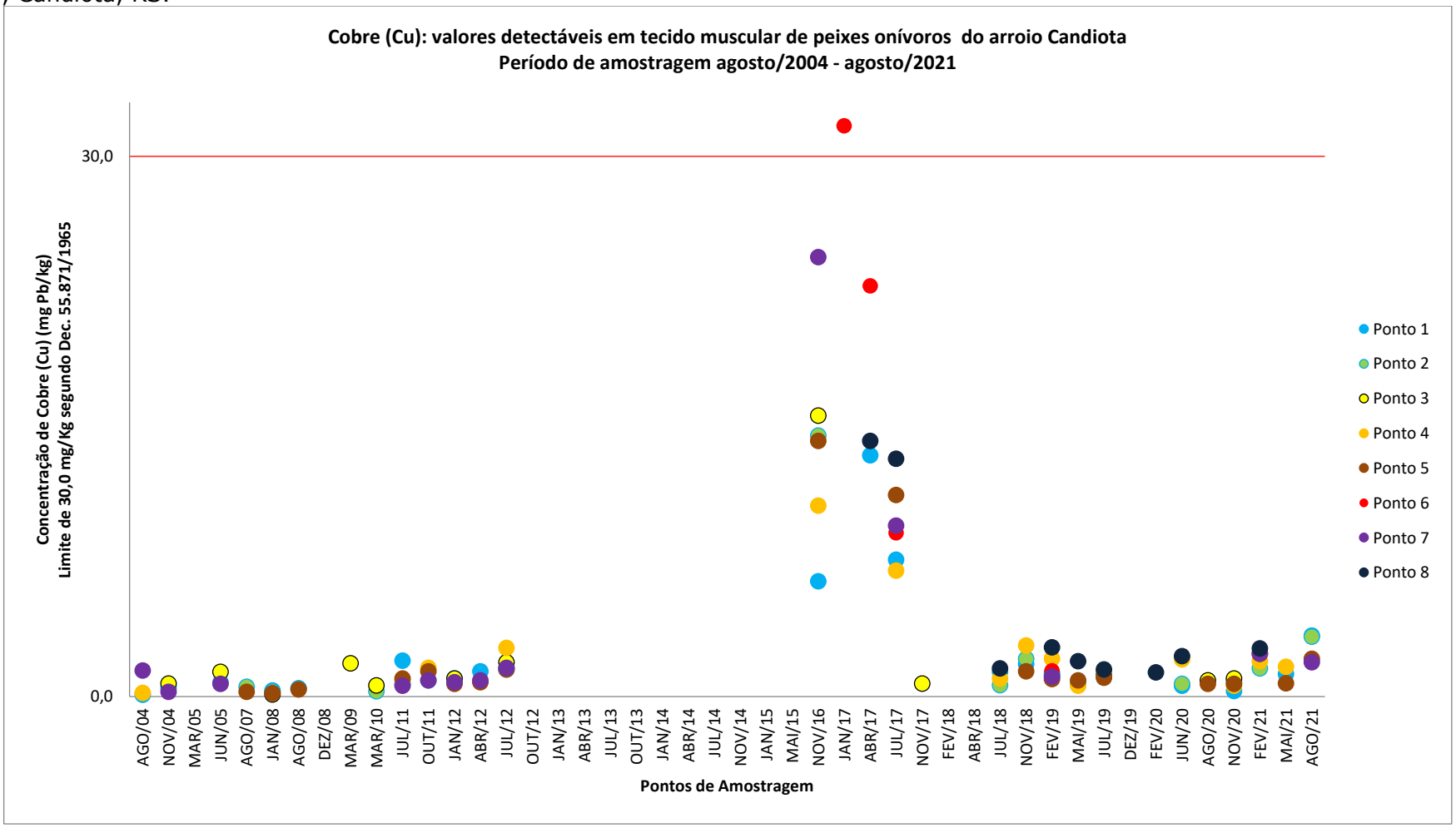
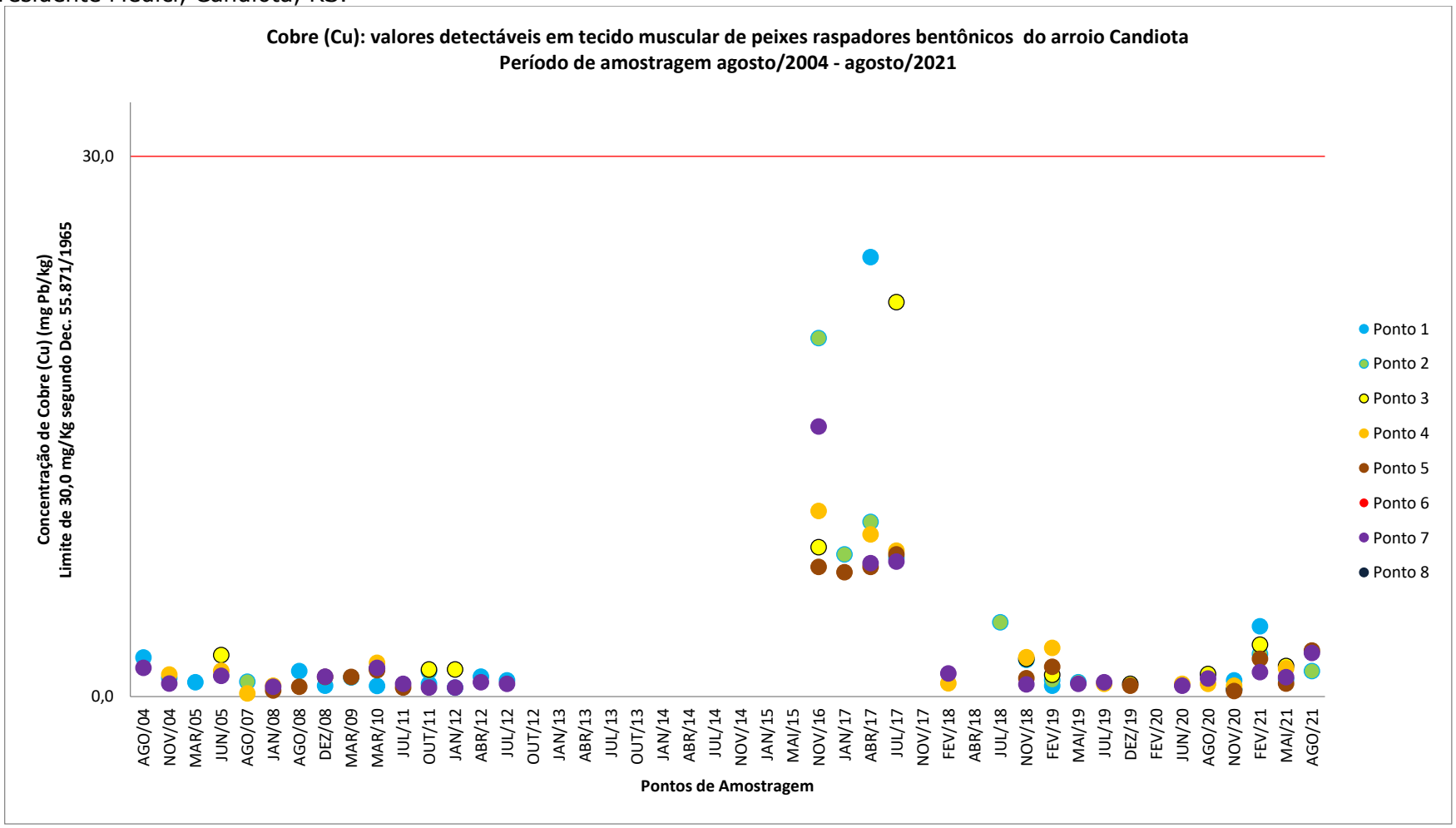


Figura 5.5.29: Concentração de Cobre (Cu) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.



Cromo (Cr)

Considerando todo o período de monitoramento (agosto/2004 a agosto/2021) foram realizadas 546 análises de Cromo das quais 193 de peixes carnívoros (35,35%), 191 de peixes onívoros (34,98%) e 162 de peixes raspadores bentônicos (29,67%) (Tabela 5.5.9).

Cento e noventa e uma amostras (34,98%) apresentaram valores detectáveis de Cromo, das quais, 143 amostras apresentaram concentrações acima do que estabelece o Dec. 55.871/1965.

Até o final do ciclo de monitoramento anterior (2019/2020), a taxa de contaminação de Cromo em níveis considerados elevados em todos os níveis tróficos era de aproximadamente 17%. No atual ciclo de monitoramento o cromo foi muito incidente e detectado em concentrações elevadas em 53 das 54 amostras analisadas (Tabela 5.5.9).

Os peixes onívoros apresentaram 36,13% das amostras contaminadas (69 amostras), os peixes raspadores bentônicos apresentaram 27,78% das amostras contaminadas (45 amostras) e nos peixes carnívoros 25,39% das amostras (49 amostras) estavam contaminadas (Tabela 5.5.13). 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 contaminado sendo quatro onívoros e um raspador bentônico. A partir de 2017 o Cromo volta a ser detectado constantemente nos diferentes níveis tróficos e em concentrações elevadas acima do limite de segurança. (Figuras 5.5.30, 5.5.31 e 5.5.32).

Amostras de peixes contaminados foram registradas em toda a rede de monitoramento (Tabela 5.5.13).

Tabela 5.5.13: Número de amostras de peixes contaminados com Cromo (Cr) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	10	7	7	24
Ponto 2	11	7	8	26
Ponto 3	9	8	4	21
Ponto 4	5	7	11	23
Ponto 5	7	8	6	21
Ponto 6	1	1	0	2
Ponto 7	5	6	9	20
Ponto 8	1	5	0	6
Total	49	49	45	143

Figura 5.5.30: Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

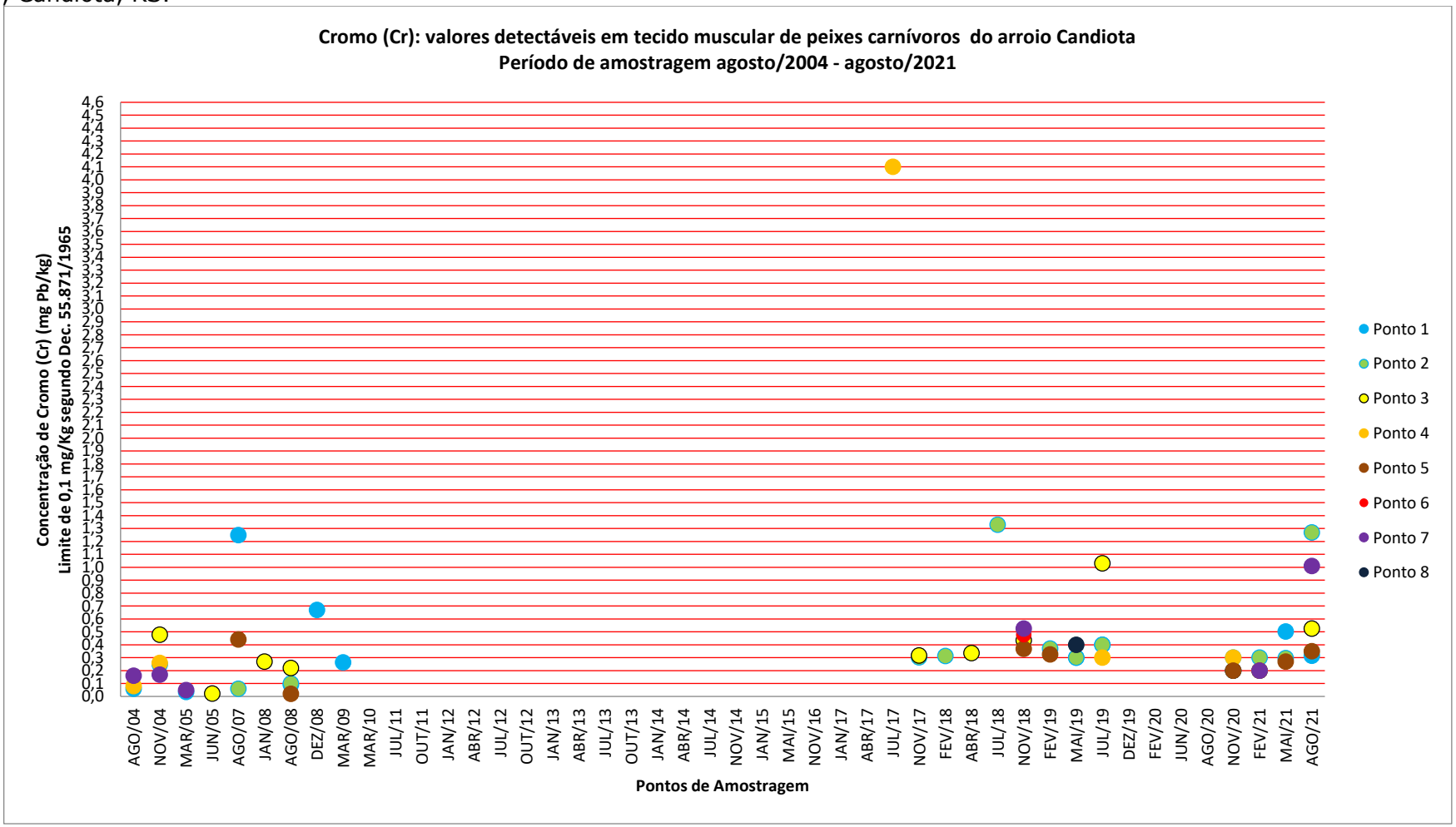


Figura 5.5.31: Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

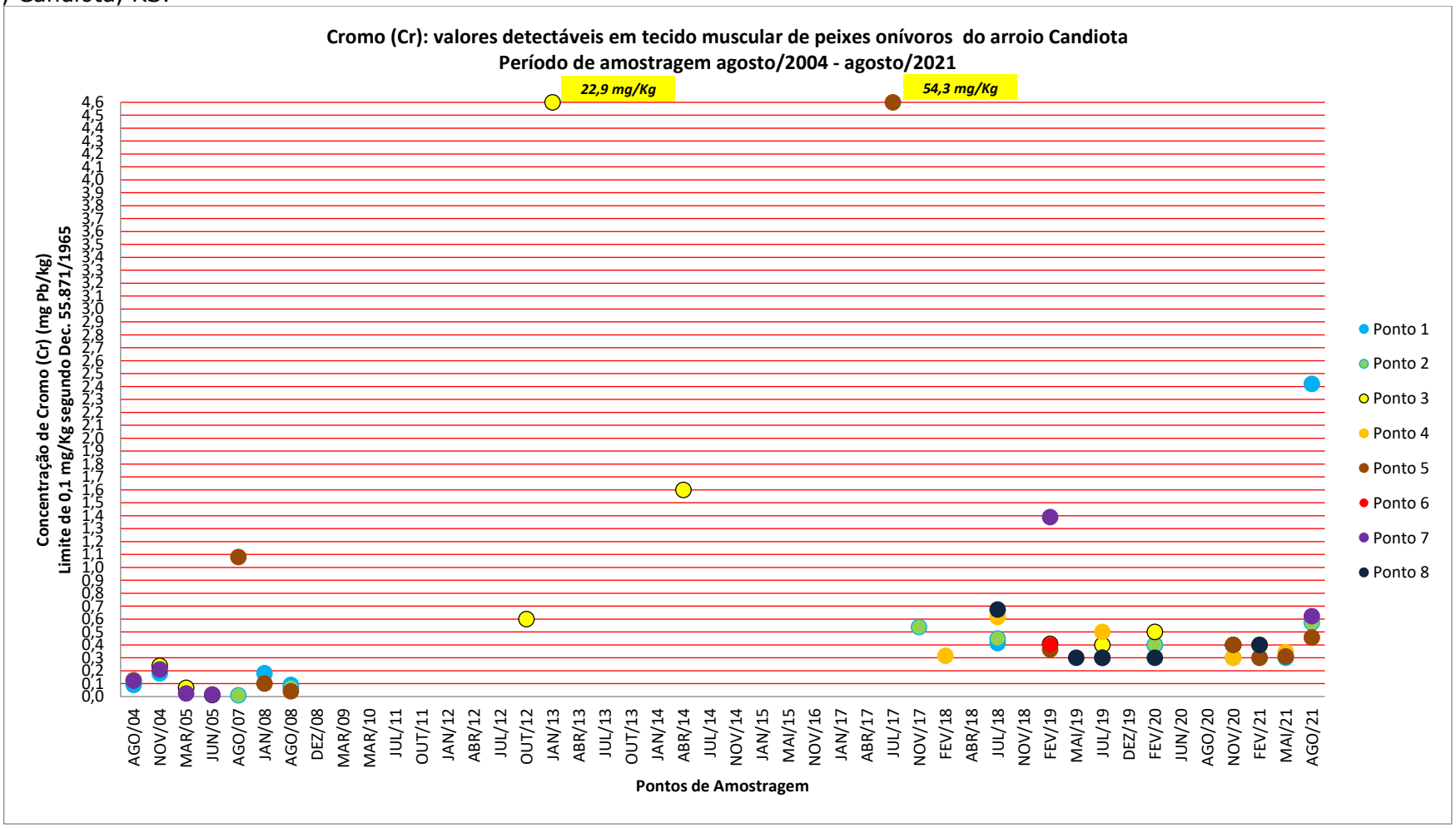
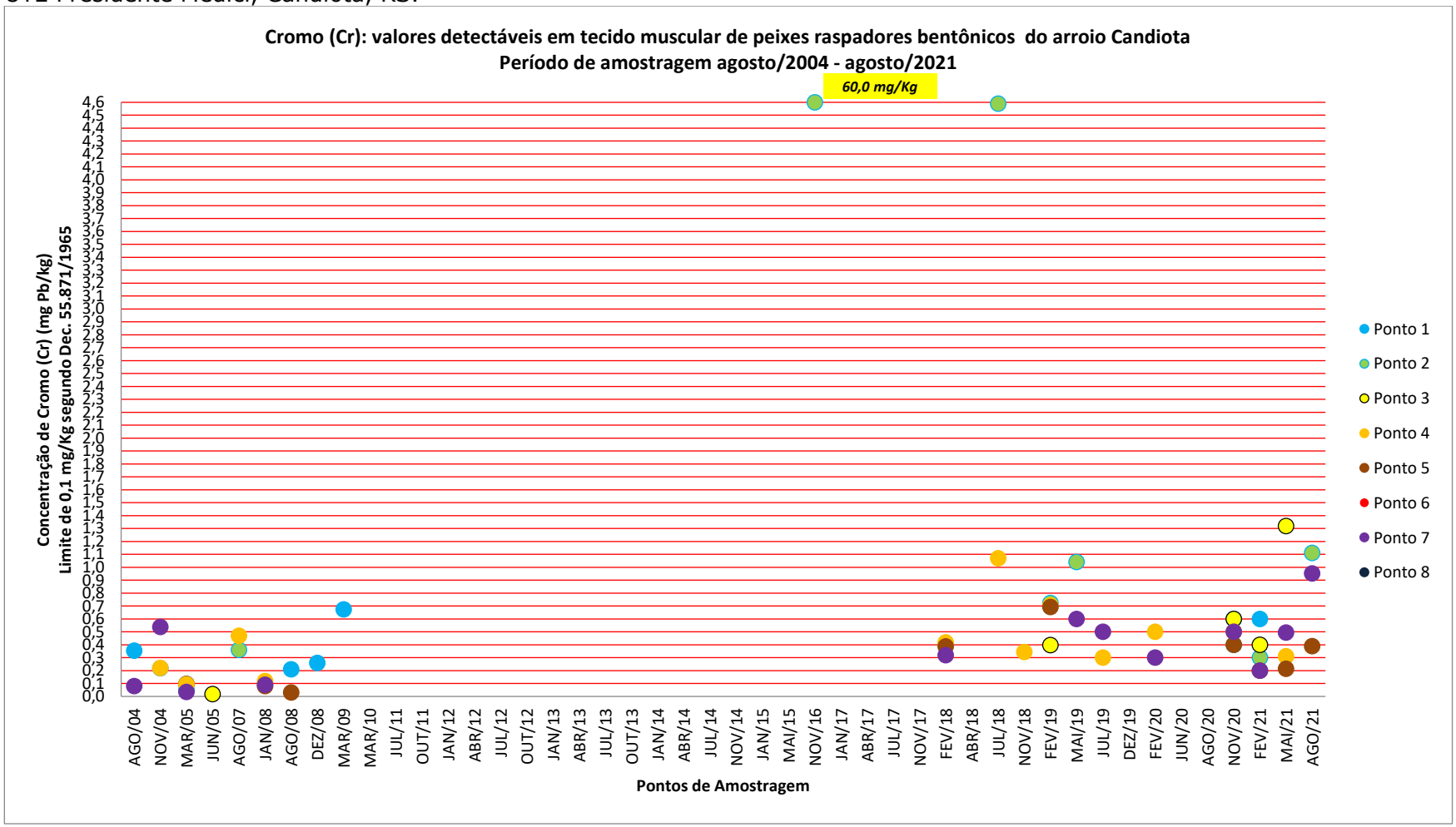


Figura 5.5.32: Concentração de Cromo (Cr) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.



Manganês (Mn)

Considerando todo o período de monitoramento (agosto/2007 a agosto/2021) foram realizadas 509 análises das quais 182 de peixes carnívoros (35,76%), 178 de peixes onívoros (34,97%) e 149 de peixes raspadores bentônicos (29,27%) (Tabela 9).

O manganês é o segundo elemento analisado mais comumente encontrado em peixes de todos os níveis tróficos. Quatrocentas e cinquenta e uma amostras (88,61%) apresentaram valores detectáveis de Manganês, das quais, 188 amostras apresentaram concentrações acima da referência proposta por Bowen (1979).

Os peixes onívoros apresentaram 56,18% de contaminação acima do limite de referência (100 amostras) enquanto os peixes raspadores bentônicos apresentaram contaminação de 30,87% de contaminação acima do limite de referência (46 amostras). Entre as amostras de peixes carnívoros, 23,08% apresentaram níveis de contaminação acima do limite de referência (42 amostras) (Tabela 5.5.14).

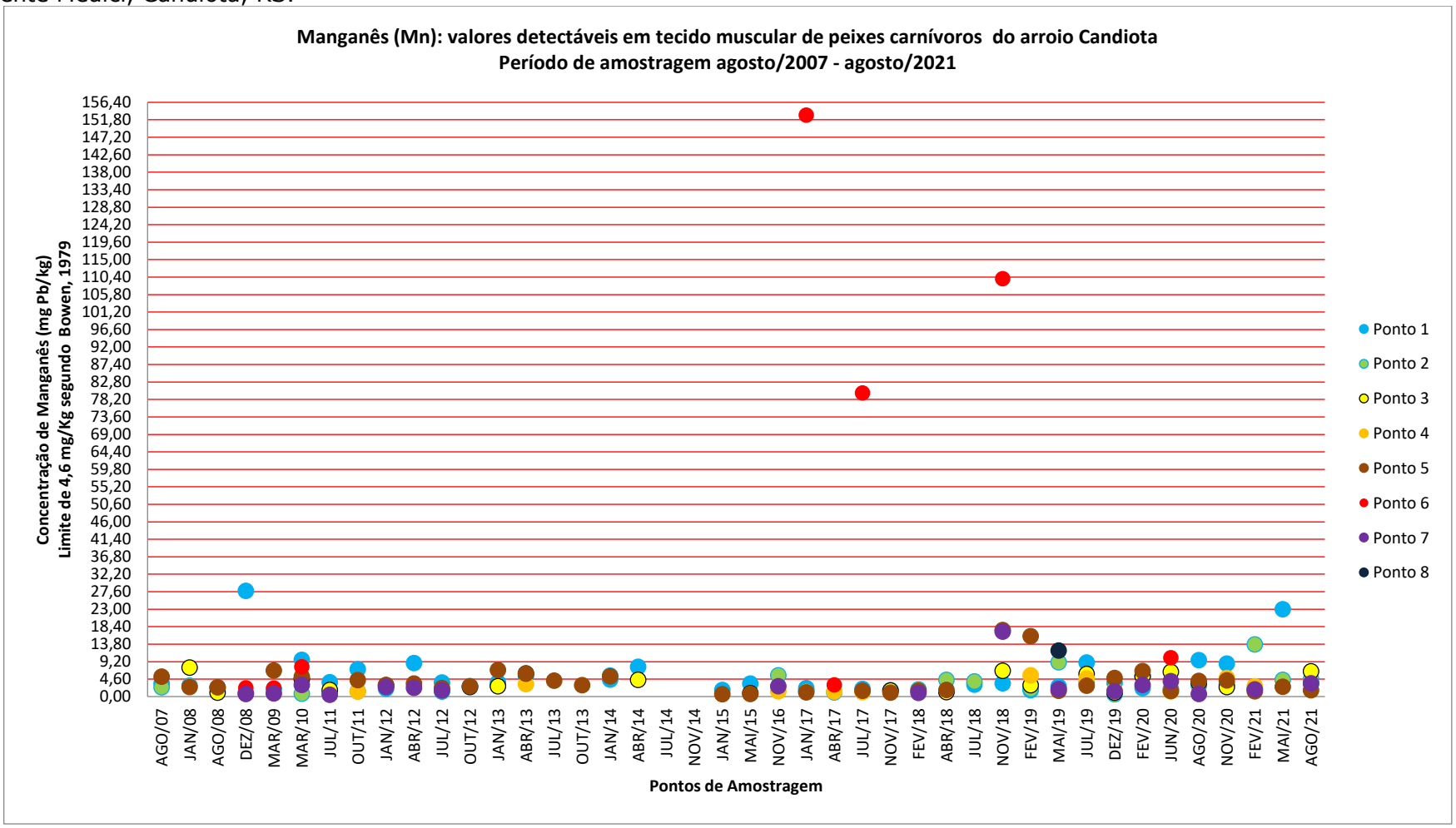
Concentrações extremas foram registradas em peixes carnívoros no Ponto 6 nas campanhas de janeiro/2017 (153,0 mg/Kg) e julho/2017 (79,9 mg/Kg). Entre os onívoros concentrações extremas foram registradas no Ponto 2 na campanha de janeiro/2013 (54,1 mg/Kg) e no Ponto 6 na campanha de julho/2017 (125,0 mg/Kg). Os raspadores bentônicos apresentaram concentrações de manganês extremamente altas no Ponto 4 na campanha de abril/2017 (50,3 mg/Kg) e no Ponto 7 na campanha de dezembro/2008 (810 mg/kg).

Peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados (Tabela 5.5.14 e Figuras 5.5.33, 5.5.34 e 5.5.35).

Tabela 5.5.14: Número de amostras de peixes contaminados com Manganês (Mn) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	10	15	8	33
Ponto 2	5	15	9	29
Ponto 3	7	16	9	32
Ponto 4	3	16	7	26
Ponto 5	10	18	7	35
Ponto 6	5	4	0	9
Ponto 7	1	11	6	18
Ponto 8	1	5	0	6
Total	42	100	46	188

Figura 5.5.33: Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Figura 5.5.34: Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

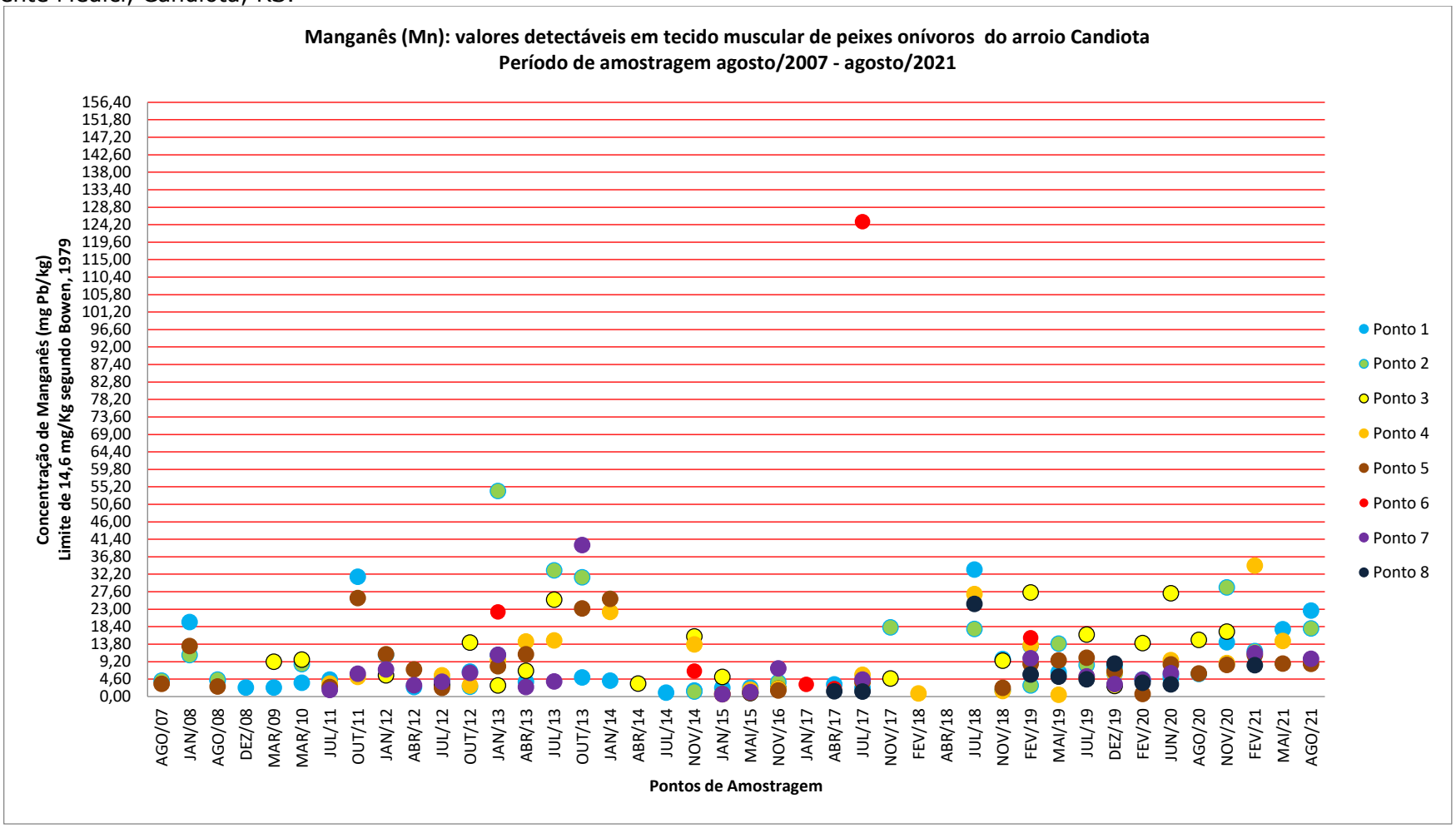
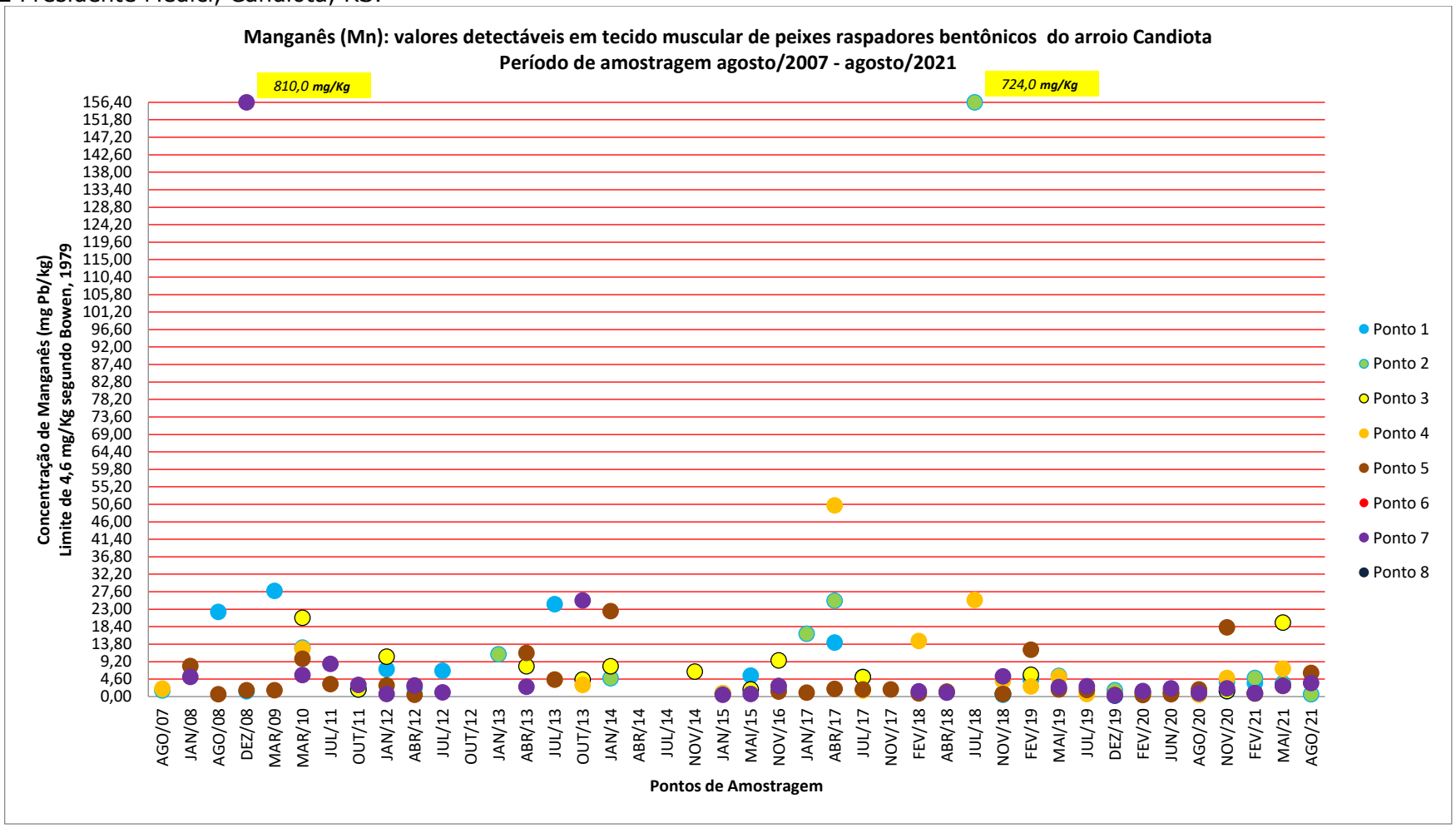


Figura 5.5.35: Concentração de Manganês (Mn) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.



Mercúrio (Hg)

Considerando todo o período de monitoramento (agosto/2007 a agosto/2021) foram realizadas 596 análises de tecido de peixes (músculo) das quais 210 de peixes carnívoros (35,23%), 206 de peixes onívoros (34,56%) e 180 de peixes raspadores bentônicos (30,20%) (Tabela 5.5.9).

O mercúrio é o quarto elemento analisado mais comumente encontrado em peixes de todos os níveis tróficos. Duzentas e trinta e nove amostras (40,10%) apresentaram valores detectáveis de Mercúrio, das quais, 93 amostras com concentrações acima do limite estabelecido pela RDC ANVISA 42/2013.

Os peixes carnívoros apresentaram 30,00% de contaminação acima do limite de referência (63 amostras) e além de ser o grupo mais contaminado, foi aquele em que as maiores concentrações foram observadas (Figura 5.5.36).

Entre os peixes onívoros, 24,21% apresentaram contaminação acima do limite de referência (23 amostras). Entre as amostras de peixes raspadores bentônicos, 3,89% apresentaram níveis de contaminação acima do limite de referência (7 amostras) (Tabela 5.5.15).

Com exceção do Ponto 8, amostras de peixes contaminados foram registradas em todos os locais monitorados (Tabela 5.5.15 e Figuras 5.5.36, 5.5.37 e 5.5.38).

Tabela 5.5.15: Número de amostras de peixes contaminados com Mercúrio (Hg) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	16	5	1	22
Ponto 2	11	4	1	16
Ponto 3	7	1	2	10
Ponto 4	4	3	2	9
Ponto 5	13	5	0	18
Ponto 6	0	1	0	1
Ponto 7	12	4	1	17
Ponto 8	0	0	0	0
Total	63	23	7	93

Figura 5.5.36: Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

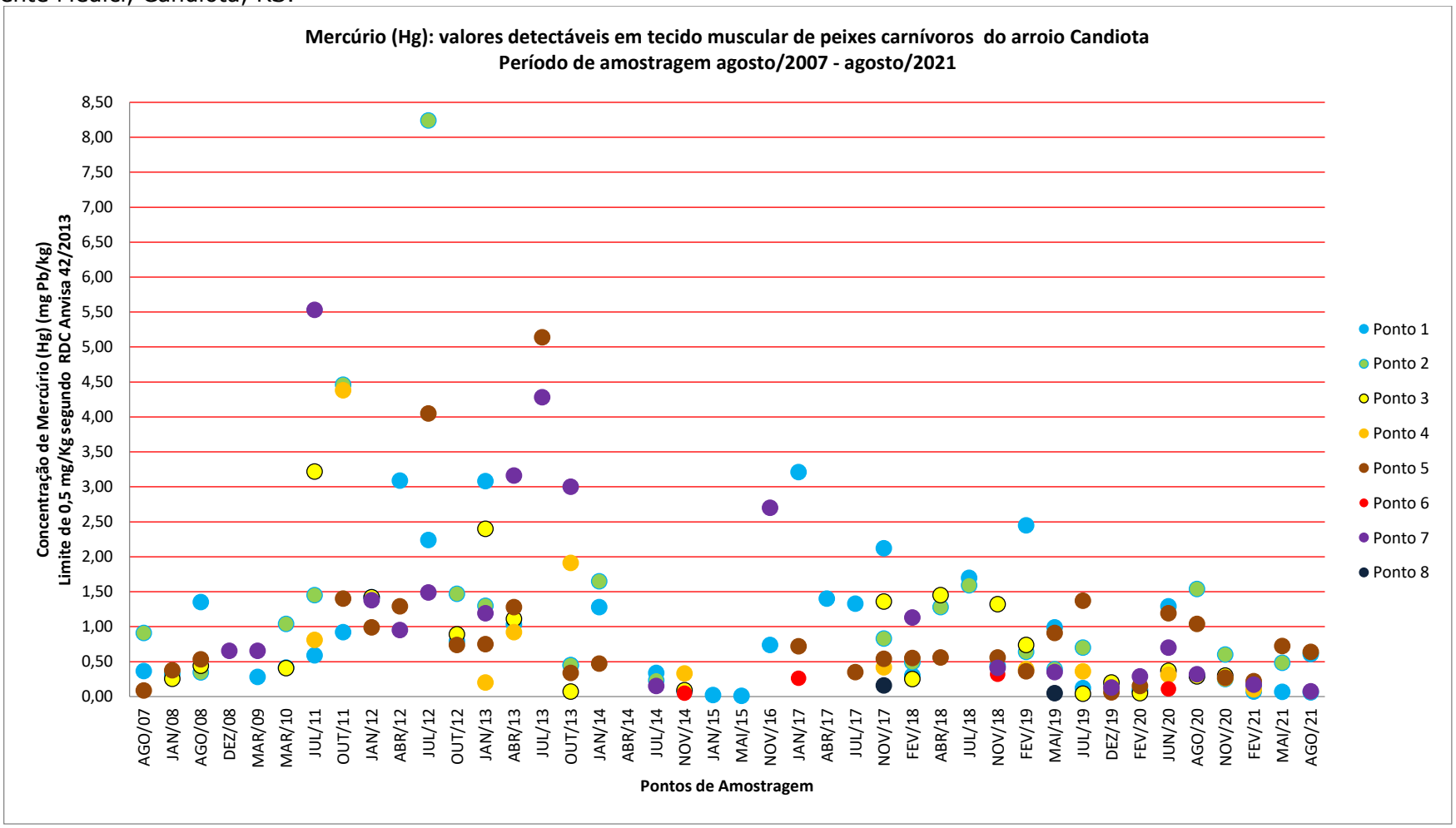


Figura 5.5.37: Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

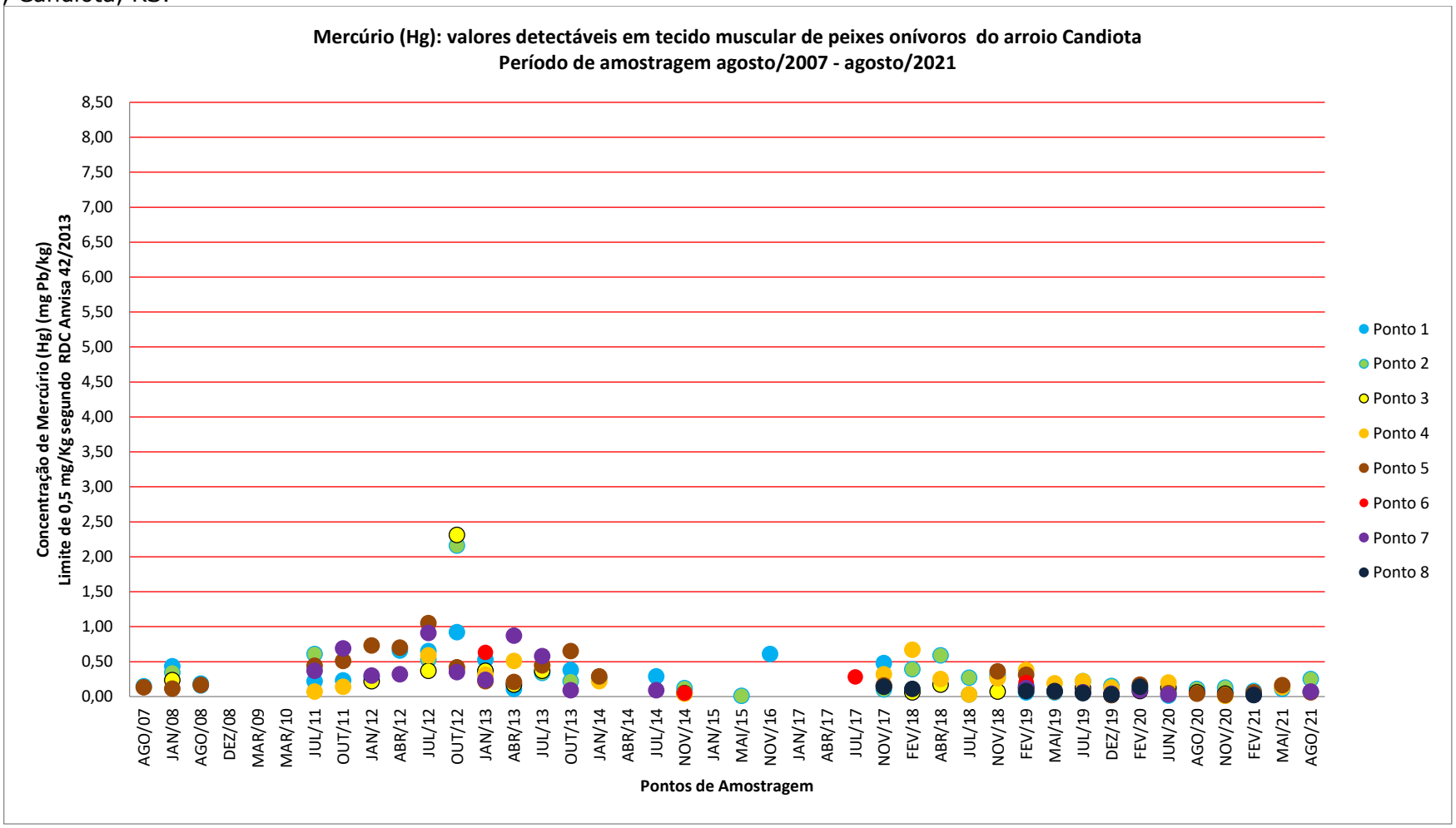
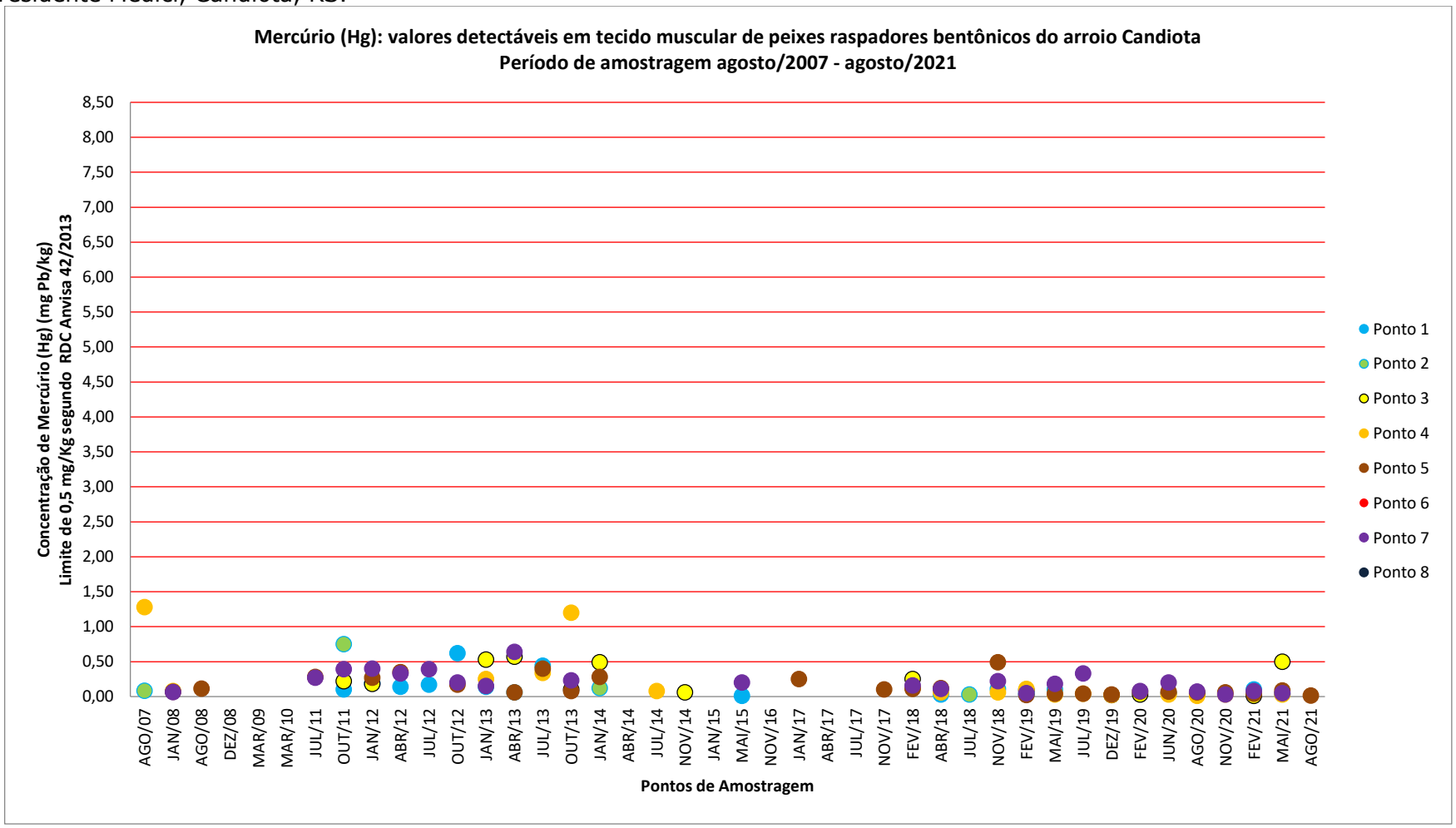


Figura 5.5.38: Concentração de Mercúrio (Hg) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.



Níquel (Ni)

O Níquel tem sido monitorado nos peixes desde agosto de 2004. Até o momento foram realizadas 546 análises das quais 193 de peixes carnívoros (35,35%), 191 de peixes onívoros (34,98%) e 162 de peixes raspadores bentônicos (29,67%) (Tabela 5.5.9).

Quarenta e duas amostras (7,69%) 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 entando detectaram Níquel em todos os grupos tróficos. Nenhuma amostra apresentou concentração acima do limite estabelecido no Dec. 55.871/1965.

As Figuras 5.5.39, 5.5.40 e 5.5.41 apresentam os gráficos de concentração de Níquel para cada grupo trófico.

Figura 5.5.39: Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

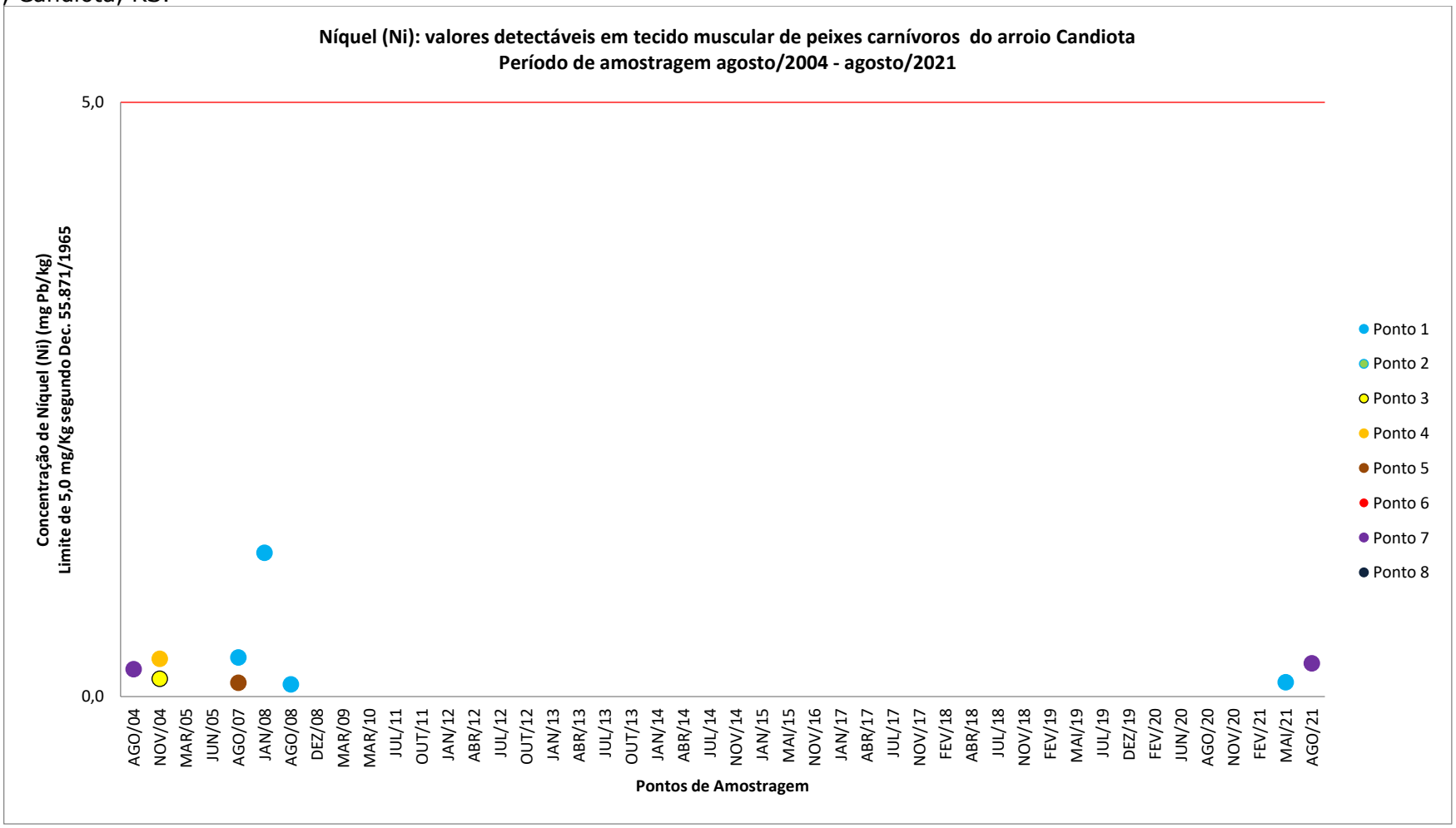


Figura 5.5.40: Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

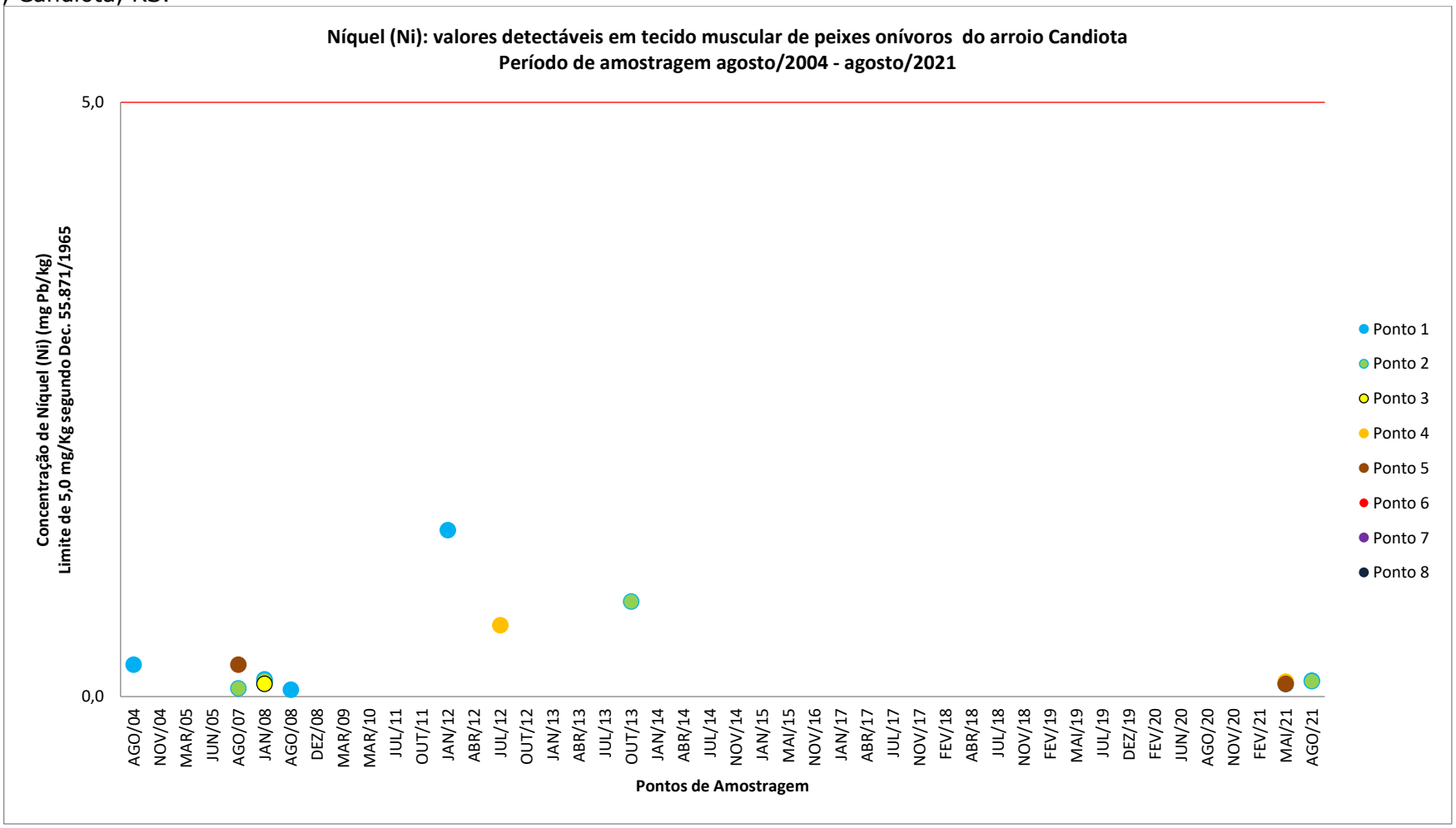
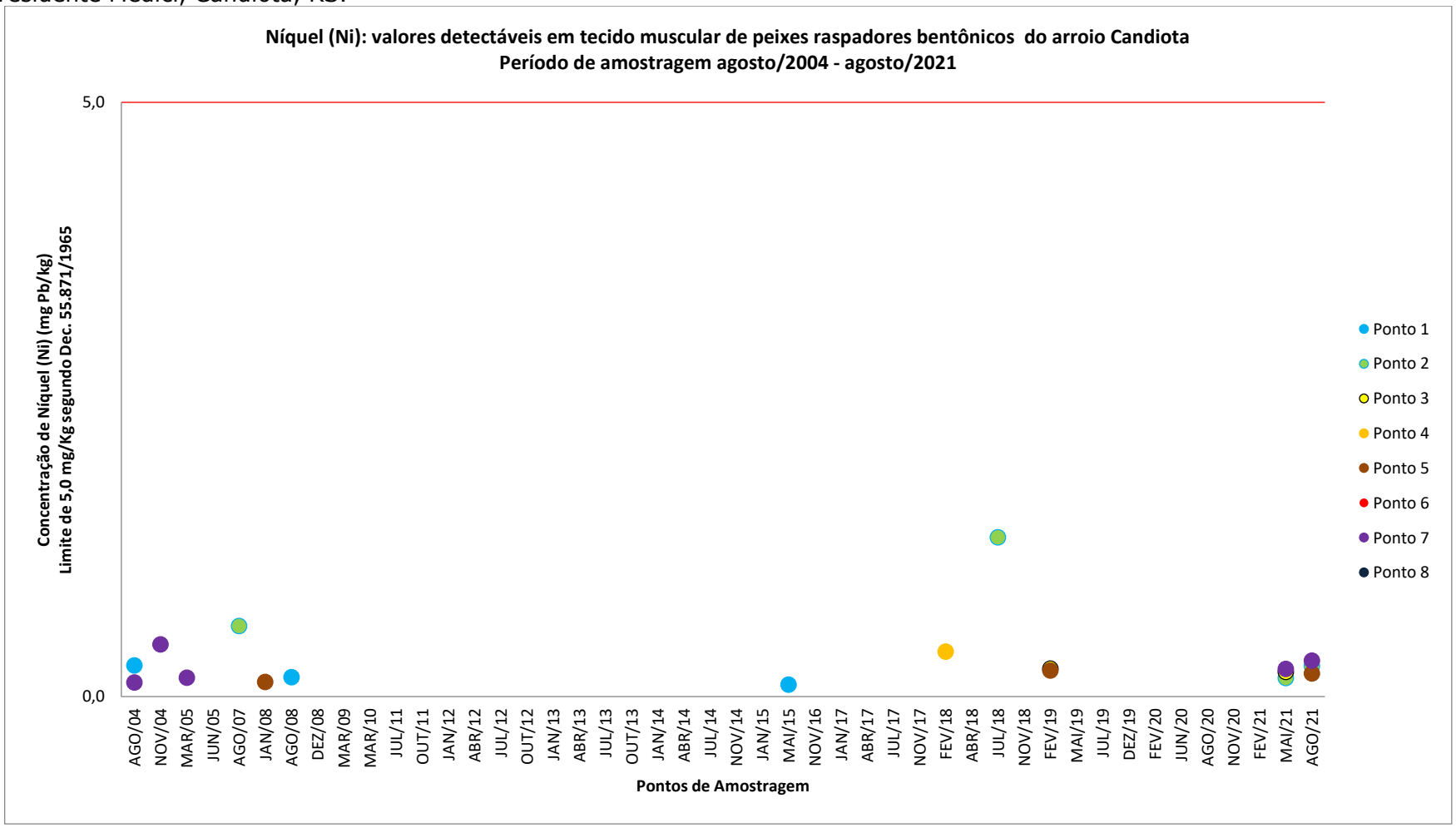


Figura 5.5.41: Concentração de Níquel (Ni) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.



Zinco (Zn)

Considerando todo o período de monitoramento (agosto/2004 a agosto/2021) foram realizadas 545 análises das quais 193 de peixes carnívoros (35,41%), 190 de peixes onívoros (34,86%) e 162 de peixes raspadores bentônicos (29,72%) (Tabela 5.5.9).

O Zinco é o elemento analisado mais comumente encontrado em peixes de todos os níveis tróficos. Quinhentas e trinta e seis amostras (98,35%) apresentaram valores detectáveis de Zinco, das quais, 115 amostras com concentrações acima do limite estabelecido pela RDC ANVISA 42/2013.

A maior incidência de valores elevado de Zinco é registrada entre os peixes onívoros. Setenta e sete amostras, 40,53% das amostras desse grupo, apresentaram contaminação enquanto nos carnívoros 35 amostras (18,13%) e nos raspadores bentônicos três amostras (1,85%) apresentaram contaminação acima do limite de referência (Tabela 5.5.16 e Figuras 5.5.42, 5.5.43 e 5.5.44).

Tabela 5.5.16: Número de amostras de peixes contaminados com Zinco (Zn) nos locais monitorados no arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Local monitorado	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	Total
Ponto 1	**6**	**10**	**1**	**17**
Ponto 2	**4**	**13**	**1**	**18**
Ponto 3	**6**	**8**	**0**	**14**
Ponto 4	**4**	**14**	**1**	**19**
Ponto 5	**7**	**12**	**0**	**19**
Ponto 6	**5**	**2**	**0**	**7**
Ponto 7	**2**	**10**	**0**	**12**
Ponto 8	**1**	**8**	**0**	**9**
Total	**35**	**77**	**3**	**115**

Figura 5.5.42: Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes carnívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

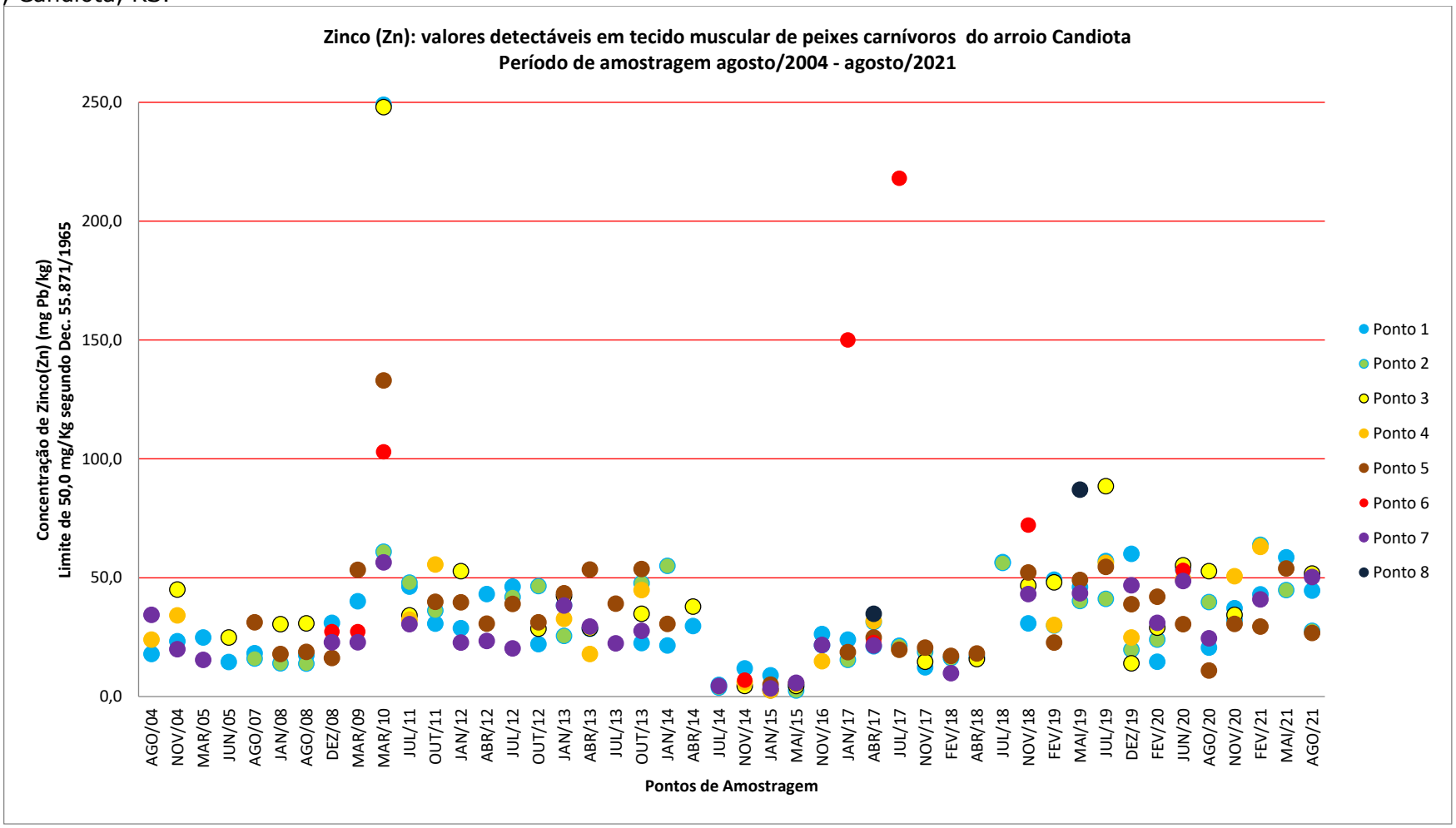


Figura 5.5.43: Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes onívoros do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

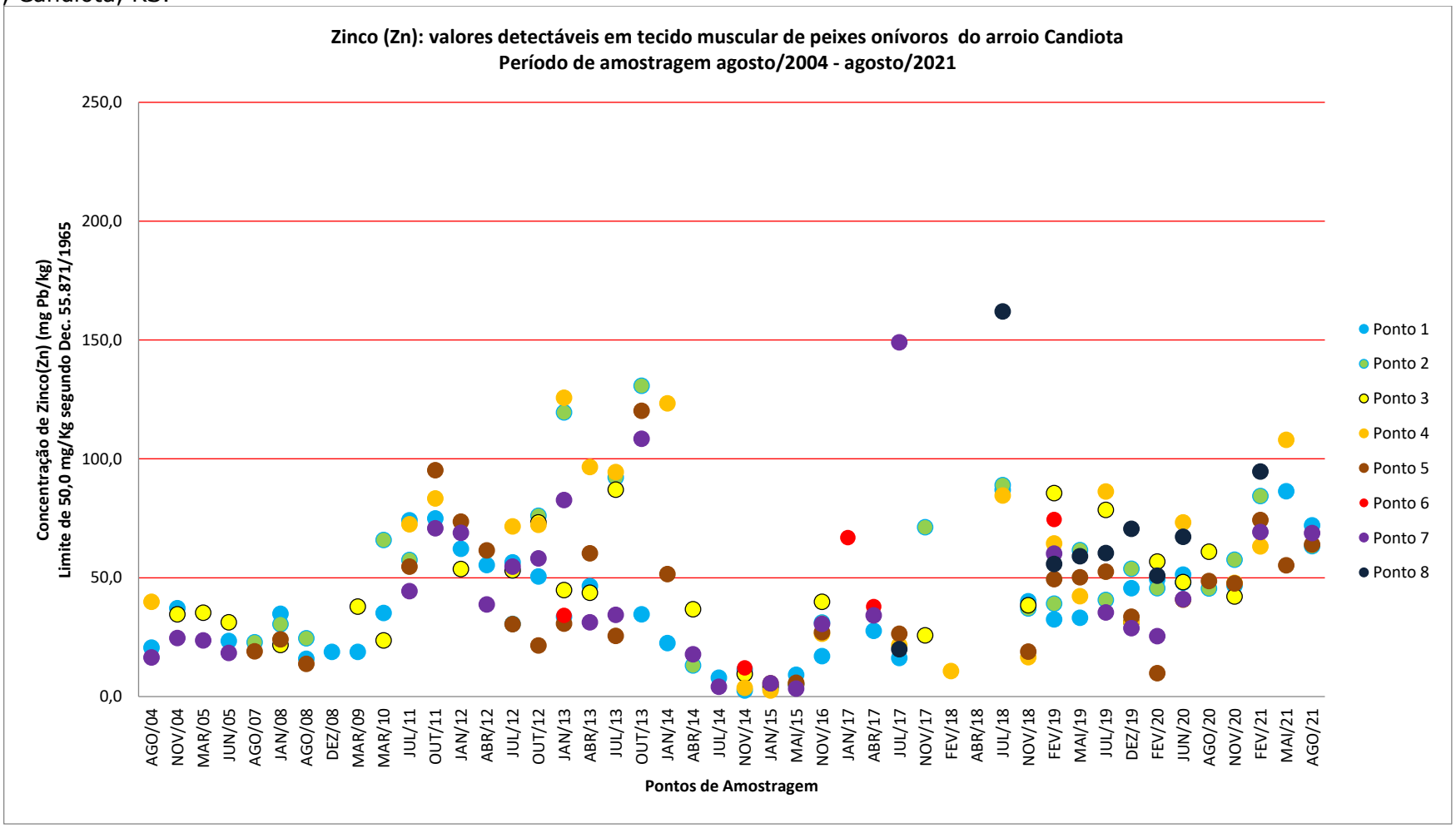
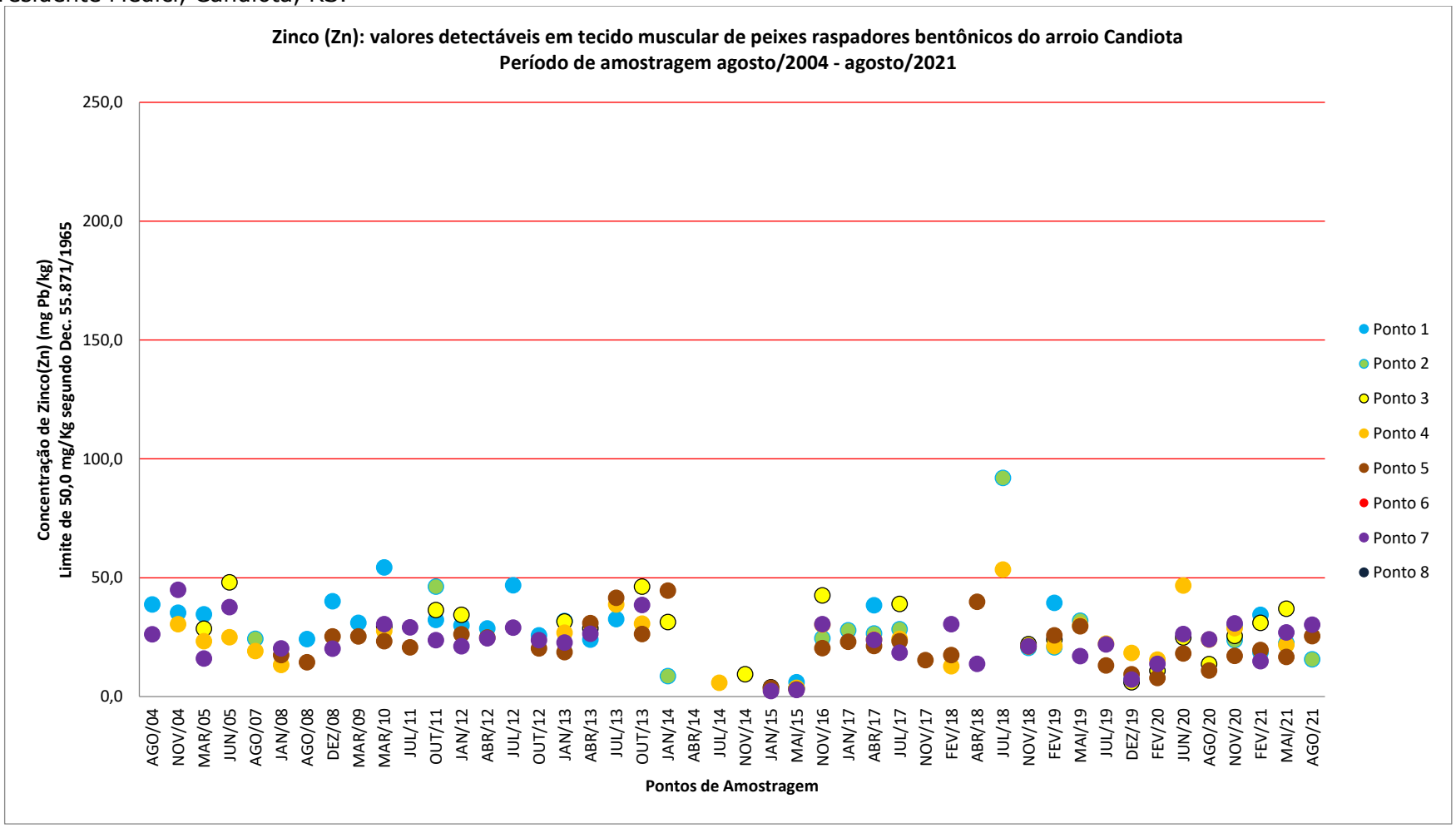


Figura 5.5.44: Concentração de Zinco (Zn) em músculo de peixes raspadores bentônicos do arroio Candiota na rede de monitoramento da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.



Todos os elementos analisados foram registrados em níveis detectáveis nos três grupos tróficos estudados (Tabela 5.5.17).

Os elementos mais frequentemente encontrados nas amostras analisadas foram o Zinco (98,35%), o Manganês (88,61%) e o Cobre (56,96%) e o Mercúrio (40,10%) (Tabela 5.5.9).

O registro seguem sendo feitos regularmente desde o início do monitoramento (Figuras Zn 5.5.42 – 5.5.44; Hg 5.5.38 – 5.5.36; Mn 5.5.33 – 5.5.35; Cu 5.5.27 - 5.5.29).

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 (Tabela 5.5.17).

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 regsitros entre os raspadores bentônicos. No entanto, apenas um registro de concentração, acima do limite de referência, foi registrado entre as amostras 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.

Tabela 5.5.17: Frequência de amostras com concentrações detectáveis e contaminadas acima do nível de segurança dos elementos analisados nos níveis tróficos empregados no monitoramento do arroio Candiota, área de influência da UTE Presidente Médici, Candiota, RS.

Elementos	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos	carnívoros	onívoros	raspadores bentônicos
	detectável			contaminado		
Arsênio (Ar)	28,02%	28,65%	46,31%	1,10%	0,56%	24,16%
Cádmio (Ca)	2,59%	2,62%	4,94%	1,04%	1,57%	1,23%
Chumbo (Pb)	9,33%	8,38%	9,88%	2,59%	3,14%	2,47%
Cobre (Cu)	54,40%	56,54%	60,49%	0,00%	0,52%	0,00%
Cromo (Cr)	29,53%	41,88%	33,33%	25,39%	36,13%	27,78%
Manganês (Mn)	83,52%	96,07%	85,91%	23,08%	56,18%	30,87%
Mercúrio (Hg)	45,24%	42,23%	31,67%	30,00%	24,21%	3,89%
Níquel (Ni)	4,66%	7,85%	11,11%	0,00%	0,00%	0,00%
Zinco (Zn)	99,48%	98,42%	96,91%	18,13%	40,53%	1,85%

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) 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). ***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.***

Referências Bibliográficas

BOWEN, H.J.M. 1979. Environmental Chemistry of the Elements.

BRUSCHI Jr, W.; MALABARBA, L.R. & SILVA, J.F.P. 2000. Avaliação da qualidade dos riachos através das taxocenoses de peixes. Em: Carvão e Meio Ambiente / Centro de Ecologia / UFRGS. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

FONTOURA, N.F.; REIS, R.E.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; MANSUR, M.C.D.; STRECK, C.D.; HOFFMANN, M.A. & TEIXEIRA, E.C. 2004. Efeito da contaminação aquática sobre a riqueza específica e distribuição de fauna em áreas que sofrem influência das atividades do processamento de carvão – Região de Candiota – RS. In: Estudos Ambientais em Candiota: Carvão e seus impactos. Porto Alegre, 2004, p. 143-154.

PIEVE, S.M.N.; KUBO, R.R. & COELHO-DE-SOUZA, G. 2009. Pescadores da Lagoa Mirim: etnoecologia e resiliência – Brasília: MDA, 2009. 244p.

O compartimento Ictiofauna é de responsabilidade do Biólogo Dr. Fábio Vilella.

6. AMBIENTE TERRESTRE – BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE

6.1 MONITORAMENTO DA FLORA

Monitoramento da vegetação composição florística de comunidades campestres.

Introdução

No presente relatório, são apresentados os resultados das atividades de quatro campanhas nas cinco propriedades rurais (Estações Amostrais - EAs) previstas no projeto). As campanhas foram realizadas nos meses de novembro de 2020 (campanha de primavera), fevereiro de 2021 (campanha de verão), maio de 2021 (campanha de outono) e agosto de 2021 (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 ocorrência de alterações na vegetação, em decorrência da influência climática e de ações antrópicas, especialmente aquelas que possam estar relacionadas à atividades da CGTEE em Candiota.
- Estabelecer uma classificação das EAs, por meio da ponderação de critérios como: riqueza de espécies, presença de espécies exóticas, espécies exóticas invasoras e ação antrópica.

Métodos

Amostragem

Foram efetuados levantamentos florísticos nas cinco EAs previstas no projeto: 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 em localização permanente. Apenas na EA2 (Fazenda Três Lagoas) houve necessidade de uma alteração no local de amostragem, pois no final de 2016 a área até então escolhida para monitoramento foi utilizada para monocultura de soja. Por este motivo, o transecto foi transferido para uma área adjacente, na mesma propriedade e ainda com cobertura vegetal campestre nativa. Durante 2018, com a não continuidade do cultivo de soja, constatou-se uma lenta e gradual reconstituição natural da vegetação campestre nativa, o que ensejou 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 possibilidade de variações sazonais na vegetação. A sazonalidade pretendida à amostragem da vegetação busca refletir as variações da cobertura vegetal em cada estação do ano. Por este motivo, a escolha das datas de amostragem recai 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, distribuídas alternadamente ao longo de um transecto disposto na área de campo amostrada (Figura 6.1.1). Em cada uma das EAs, utilizaram-se 38 parcelas (Figura 6.1.2).

Figura 6.1.1: Parcelas amostrais em uma área de campo.

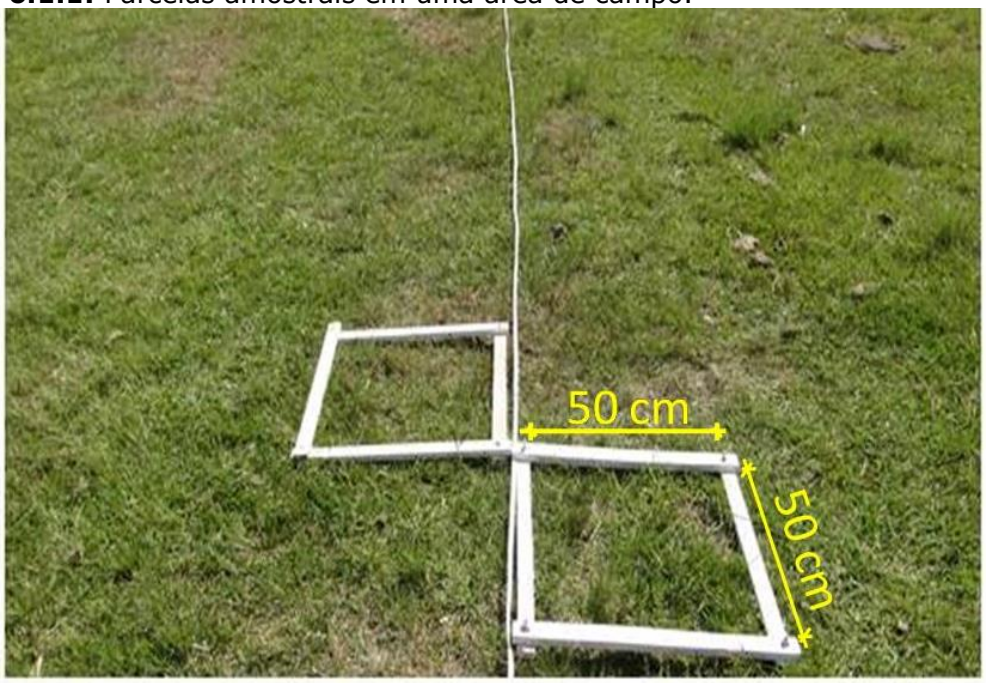
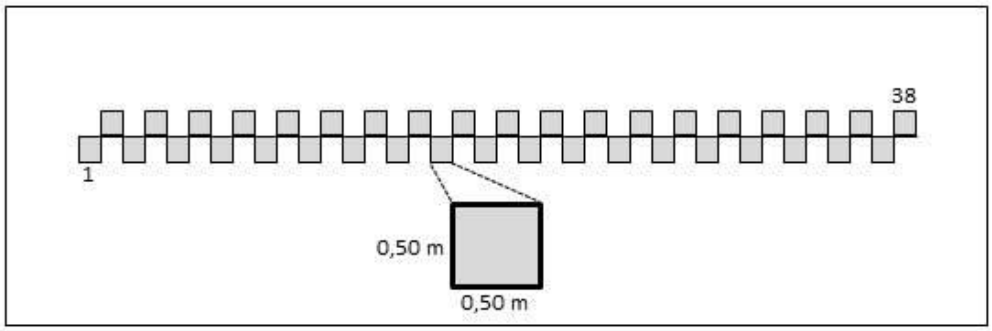
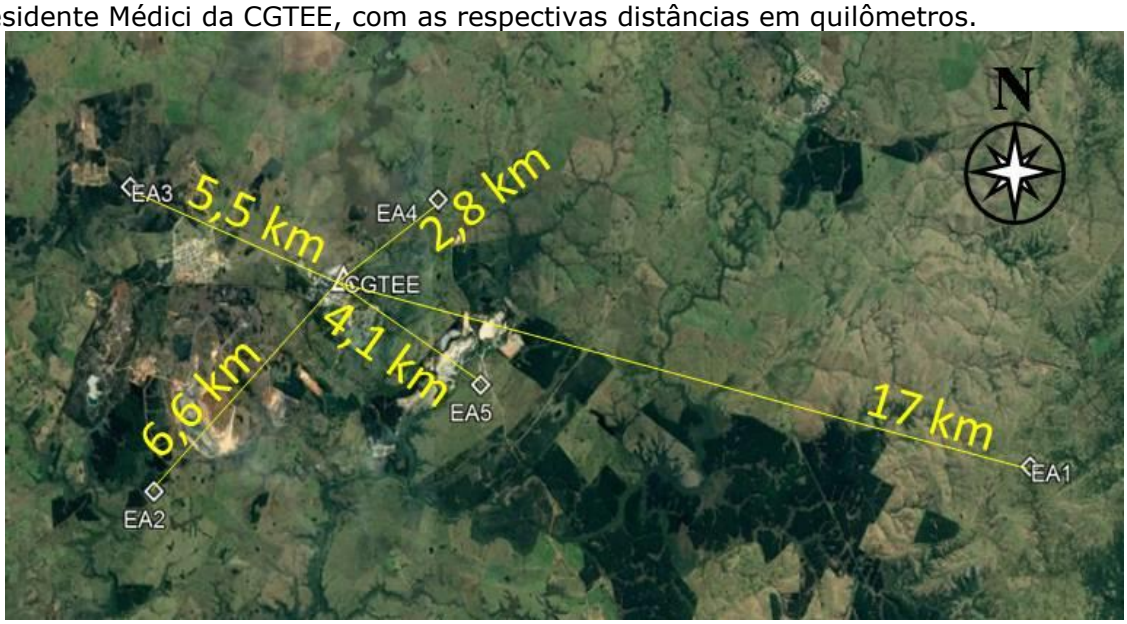


Figura 6.1.2: Representação esquemática mostrando a distribuição espacial das 38 parcelas amostrais ao longo do transecto.



A distribuição espacial das cinco diferentes EAs em relação à Usina Termelétrica Presidente Médici, da CGTEE, é apresentada na Figura 6.1.3, a seguir.

Figura 6.1.3: Localização das cinco diferentes EAs em relação à Usina Termelétrica Presidente Médici da CGTEE, com as respectivas distâncias em quilômetros.



As Figuras 6.1.4 a 6.1.8 apresentam a localização de cada um dos transectos nas respectivas EAs.

Figura 6.1.4: Localização do transecto amostral na EA1 – Serra do Veleda.

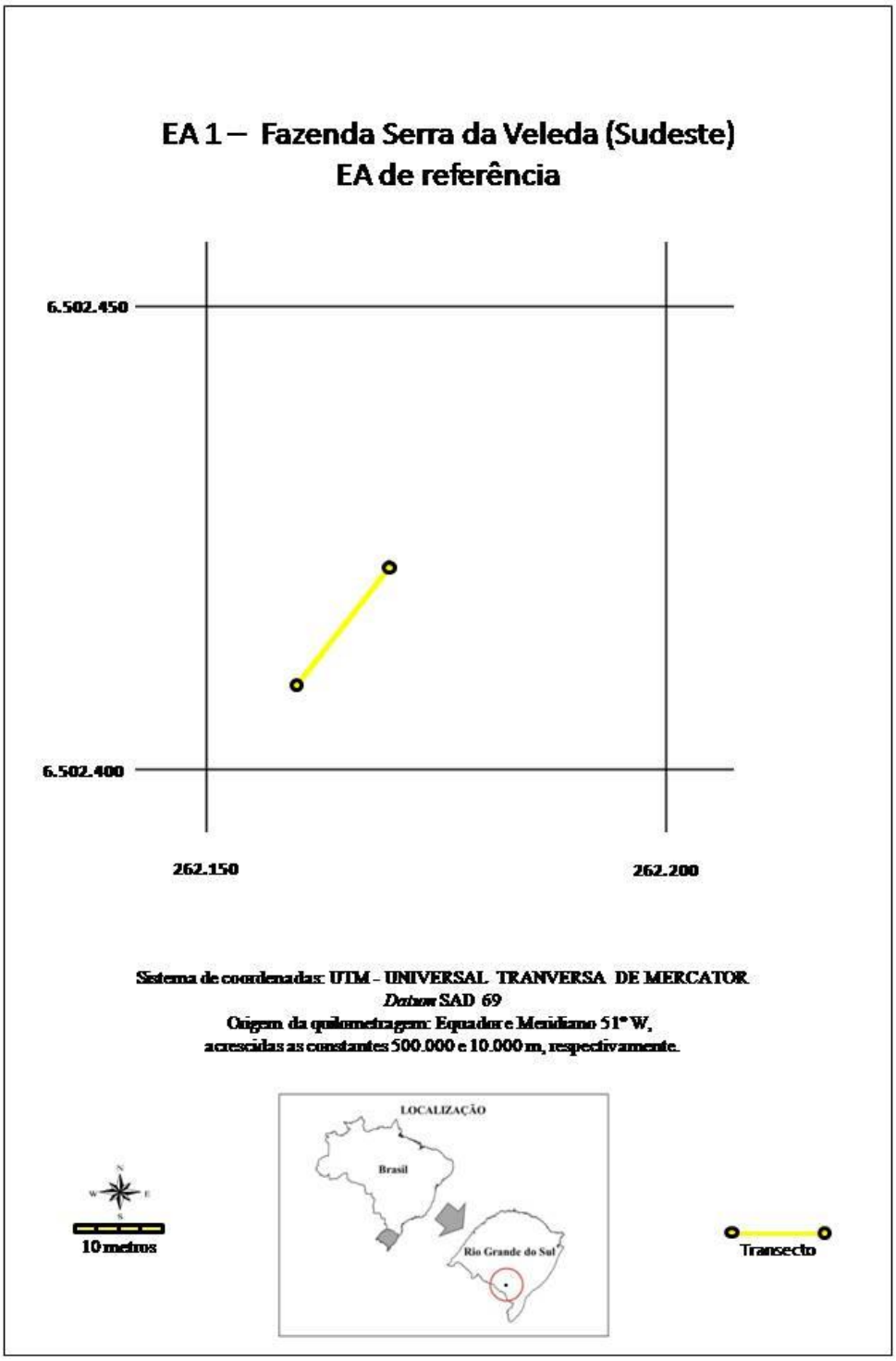


Figura 6.1.5: Localização do transecto amostral na EA2 – Fazenda Três Lagoas.

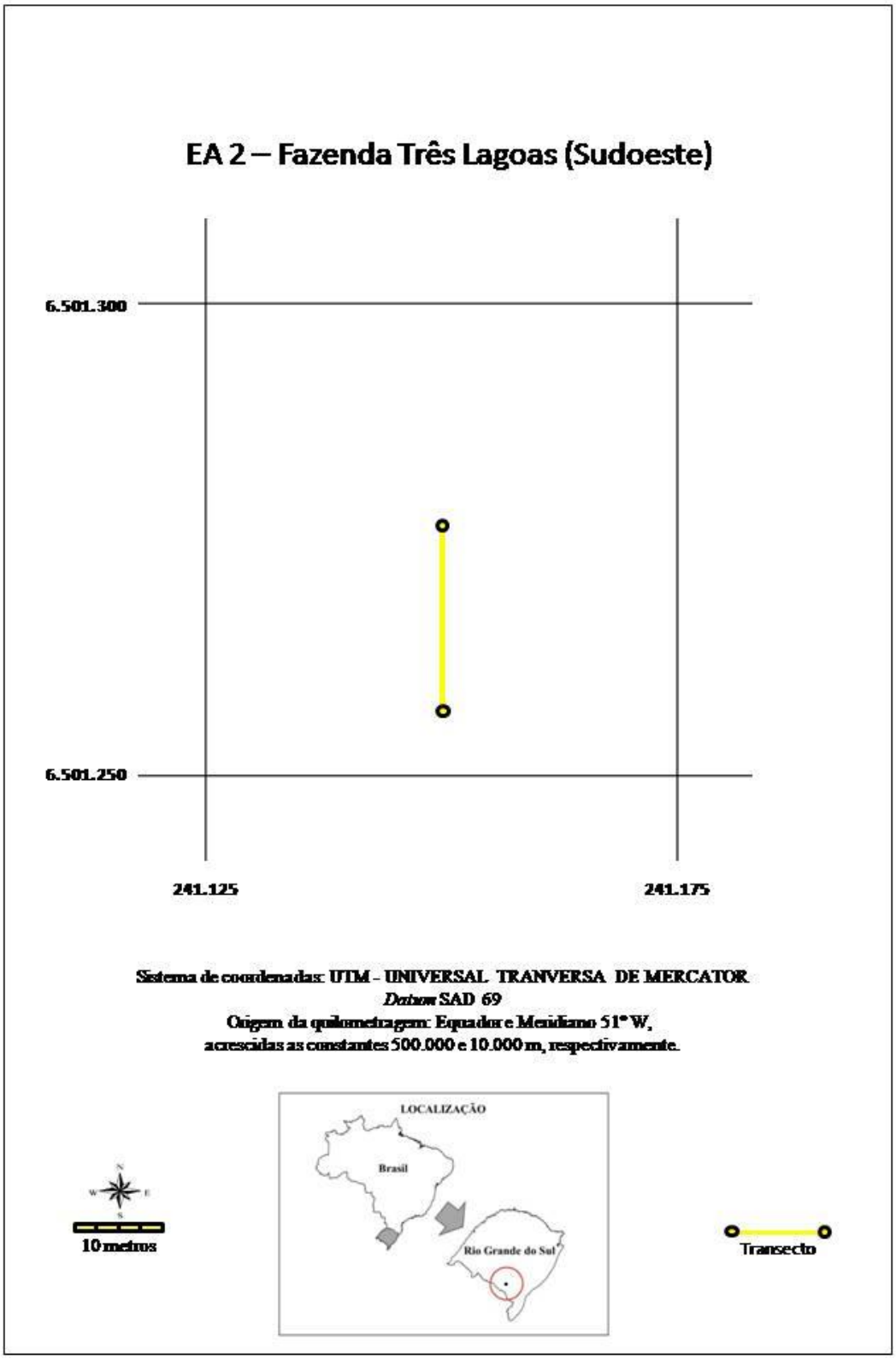


Figura 6.1.6: Localização do transecto amostral na EA3 – Fazenda Candiota.

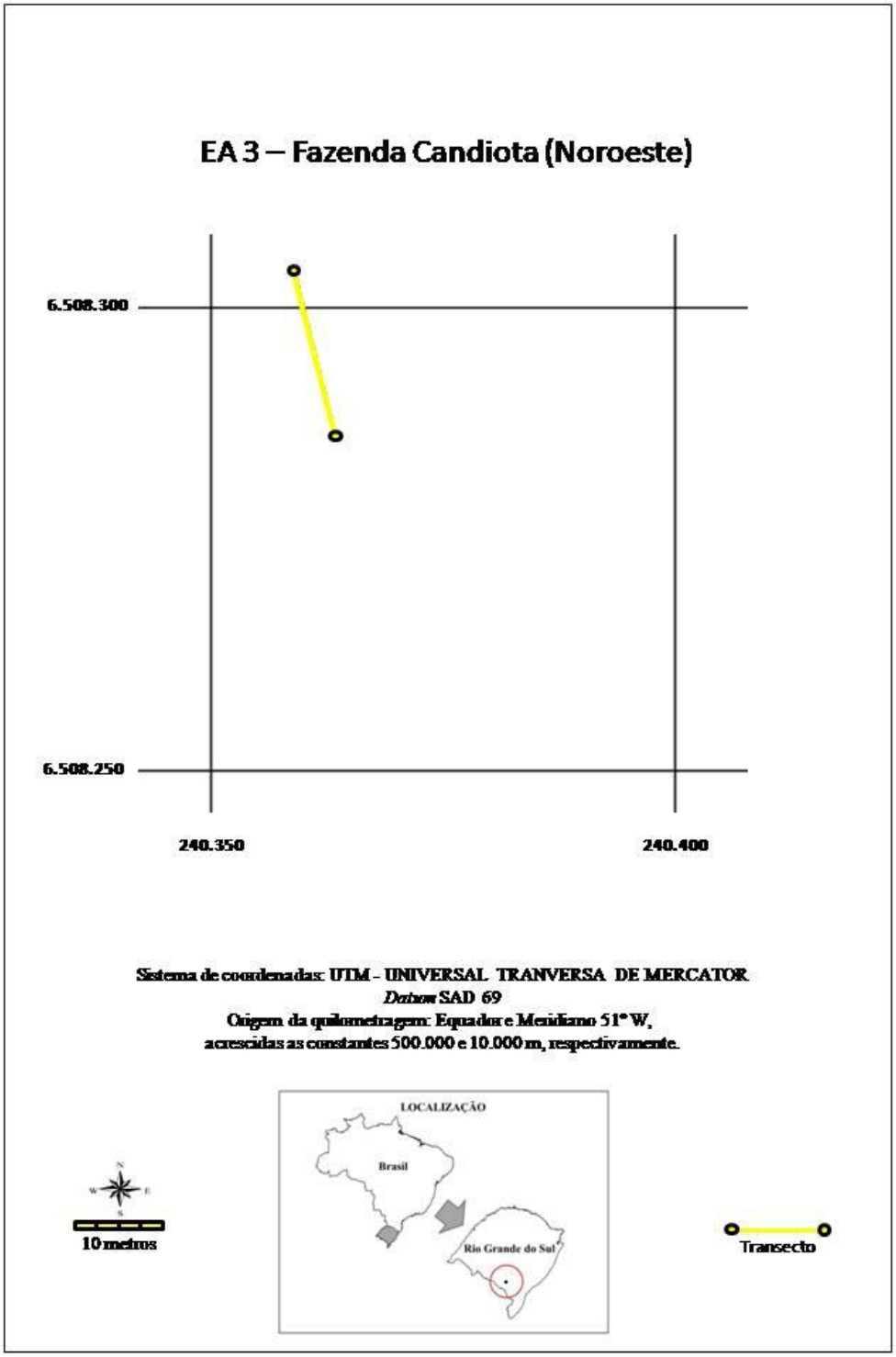


Figura 6.1.7: Localização do transecto amostral na EA4 – Chácara Santa Clara.

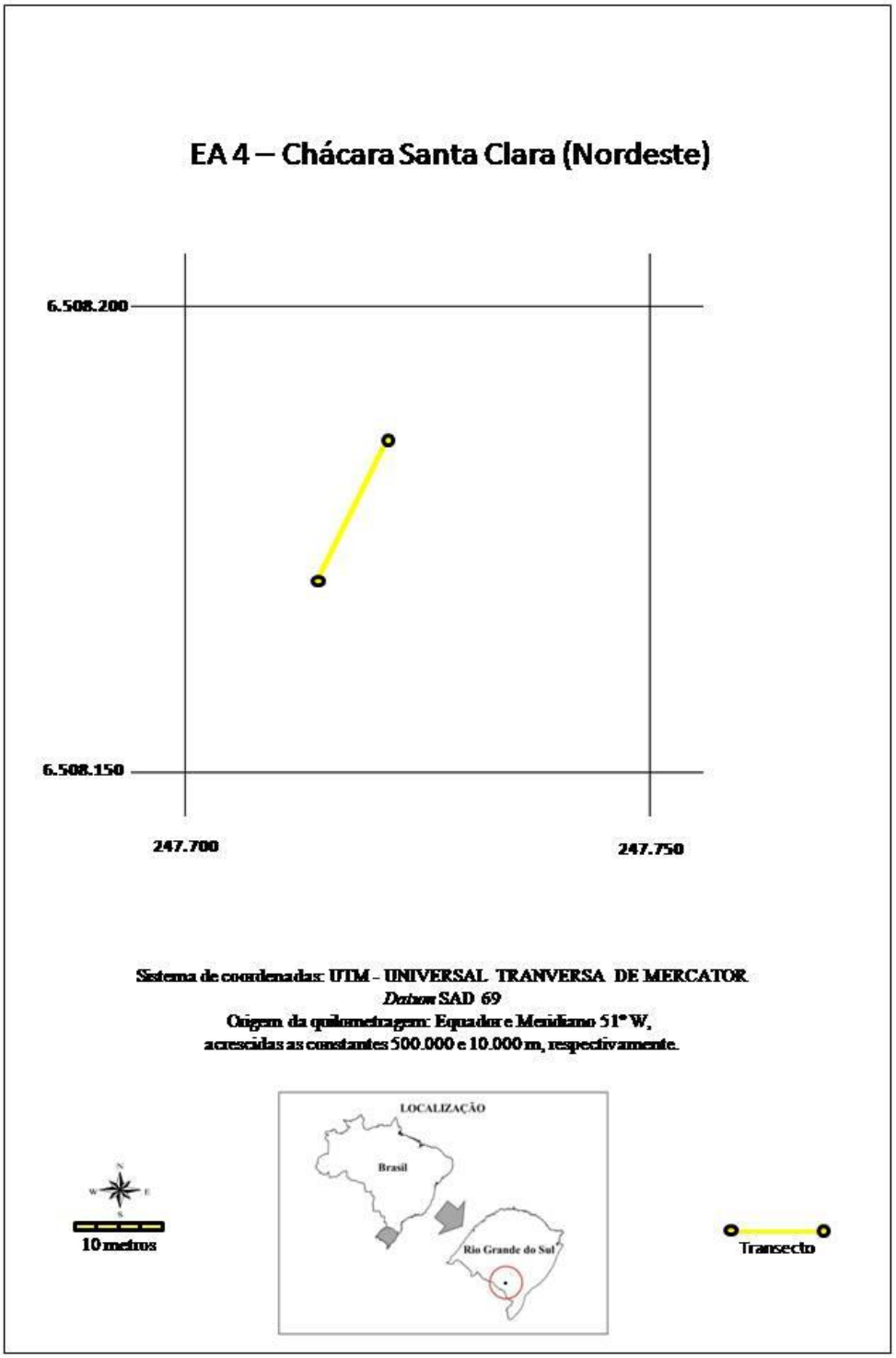
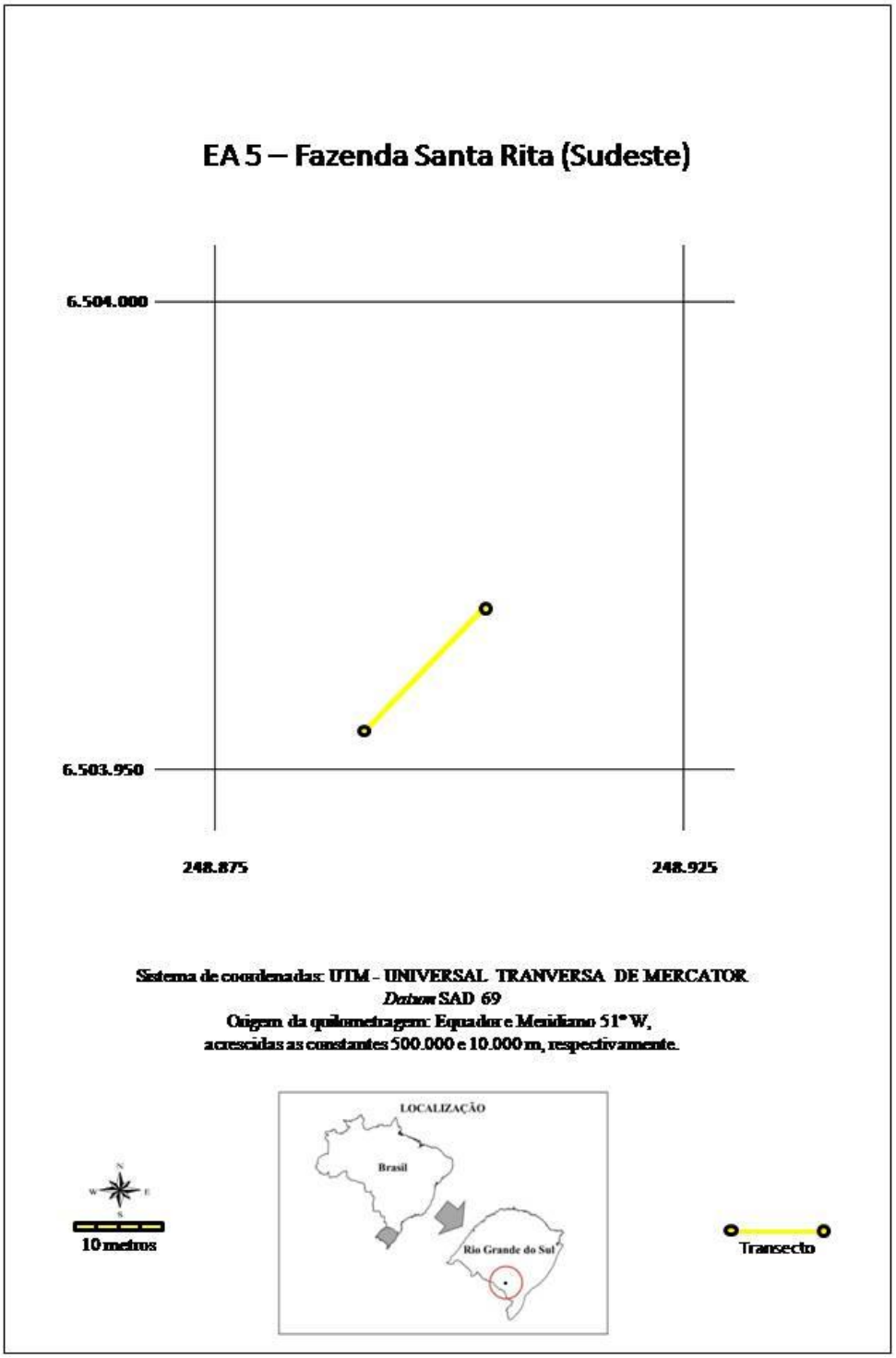


Figura 6.1.8: Localização do transecto amostral na EA5 – Fazenda Santa Rita.



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 2020 a agosto de 2021), 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) × 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 estudo fitossociológico das comunidades campestres das cinco estações de amostragem (EAs), optou-se por analisar os dados das campanhas de outono e inverno.

Resultados e comentários - Composição florística

Os resultados dos inventários florísticos das quatro campanhas, nas cinco EAs, estão expostos no Quadro 6.1.1.

Quadro 6.1.1: 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 2020); **2** - Campanha de verão (fevereiro de 2021); **3** – Campanha de outono (maio de 2021); **4** – Campanha de inverno (agosto de 2021).

Família	Espécie	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Amaranthaceae	*Froelichia tomentosa* (Mart.) Moq.					1
Amaranthaceae	*Pfaffia tuberosa* (Spreng.) Ricken	1-2-3			3	
Amaryllidaceae	*Beauverdia* sp.	4				
Amaryllidaceae	*Nothoscordum* sp.				1	1
Apiaceae	*Cyclospermum leptophyllum* Sprague ex Britton & P. Wilson	1-2	1-2	1-3-4	1	1-2-3
Apiaceae	*Eryngium horridum* Malme	3	3	1-2-3-4	1-2-3	1-2-3-4
Apiaceae	*Eryngium nudicaule* Lam.	1			1-3-4	
Araliaceae	*Hydrocotyle pusilla* A. Rich.	2		1-4	4	
Asteraceae	*Acanthostyles bunifolius* (Hook. & Arn.) R. M. King & H. Rob		3	1-2-3-4	1-3-4	2-3-4
Asteraceae	*Aspilia montevidensis* (Spreng.) Kuntze	2	1	1-2-3-4		
Asteraceae	*Baccharis articulata* (Lam.) Pers.			3-4		
Asteraceae	*Baccharis coridifolia* DC.		2	3-4	2-3	2-3

Asteraceae	*Baccharis crispa* Spreng	2-3-4	3	2	2-3	1-3
Asteraceae	*Baccharis dracunculifolia* DC.			2-4		2
Asteraceae	*Baccharis patens* Baker					2
Asteraceae	*Centratherum punctatum* (Hassl.) Malme	4	4			
Asteraceae	*Chaptalia exscapa* (Pers.) Baker	1-4	1-2	1-2-3-4	1-3-4	1-4
Asteraceae	*Chaptalia integerrima* (Vell.) Burkart		1	4	1-	4
Asteraceae	*Chaptalia piloselloides* (Vahl) Baker	4		2-3-4	3-4	
Asteraceae	*Chevreulia acuminata* Less.	1-3	3		1-2	
Asteraceae	*Chevreulia sarmentosa* (Pers.) Blake	1-2-3-4	4	3-4	2-4	1
Asteraceae	*Cirsium vulgare* (Savi) Tem		1			1-3-4
Asteraceae	*Conyza bonariensis* (L.) Cronquist				1	1
Asteraceae	*Conyza* sp.		1			
Asteraceae	*Elephantopus mollis* Kunth	1-2-3-4	3-4	2-3-4		1-2-3-4
Asteraceae	*Facelis retusa* (Lam.) Sch. Bip.	1-3-4	1-4	1-3-4	1-3-4	1-4
Asteraceae	*Gamochaeta americana* (Mill.) Wedd.	1-3-4	1-2-3	1-3	1-2-3-4	2-4
Asteraceae	*Gamochaeta coarctata* (Willd.) Kerguélen		4			3-4
Asteraceae	*Gamochaeta filaginea* (DC.) Cabrera				1	
Asteraceae	*Gamochaeta stachydifolia* (Lam.) Cabrera				1	
Asteraceae	*Hypochaeris albiflora* (Kuntze) Azevêdo-Gonçalves & Matzenbacher	4				
Asteraceae	*Hypochaeris glabra* L.	1-3	1-4	1-3-4	1-2-3-4	3
Asteraceae	*Hypochaeris megapotamica* Cabrera	4	3-4	3-4		1
Asteraceae	*Hypochaeris neopinnatifida* Azevêdo-Gonçalves & Matzenbacher		1	1		
Asteraceae	*Hypocharis radicata* L.				1	
Asteraceae	*Lucilia acutifolia* (Poir.) Cass.		1			
Asteraceae	*Micropsis dasycarpa* (Griseb.) Beauverd			4		
Asteraceae	*Noticastrum diffusum* (Pers.) Cabreraa			3	3	2-3-4
Asteraceae	*Senecio brasiliensis* (Spreng.) Less.		2-3		1-2-3	2

Asteraceae	*Senecio madagascariensis* Poir.	1	1-2-3-4	1	1-2-34	2
Asteraceae	*Solidago chilensis* Meyen		1-2-4	4	1	
Asteraceae	*Soliva anthemifolia* (Juss.) Sweet	1-3-4	1-3-4	1-2-3-4	1-3-4	1-2-3-4
Asteraceae	*Taraxacum officinale* Weber				1	
Asteraceae	*Vernonanthura nudiflora* (Less.) H. Rob.					1
Asteraceae	Ni				4	
Brassicaceae	*Lepidium aletes* (J. F.) Macbr.	1		1	1	1
Briófita	Musgo		3		1-3-4	
Caryophyllaceae	*Cerastium glomeratum* Thuil	1-4	4	1	4	1-4
Caryophyllaceae	*Cerastium humifusum* Cambess. ex A. St.- Hil.	1	4	1		
Caryophyllaceae	*Spergularia* sp.				1	
Caryophyllaceae	*Stellaria media* (L.) Vill		1		4	3-4
Convolvulaceae	*Dichondra sericea* Sw.	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4
Convolvulaceae	*Evolvulus sericeus* Sw.	2		1-2-3-4	1-2-3-4	1-3
Cyperaceae	*Bulbostylis capillaris* (L.) C. B. Clarke	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4
Cyperaceae	*Bulbostylis* sp.	2		1		
Cyperaceae	*Carex phalaroides* Kunth		1		1	
Cyperaceae	*Carex sororia* Kunth		1-2			
Cyperaceae	*Cyperus aggregatus* (Willd.) Endl.		1			
Cyperaceae	*Cyperus brevifolius* (Rottb.) Endl. ex Hassk.	2				
Cyperaceae	*Cyperus luzulae* (L.) Retz.			2		
Cyperaceae	*Cyperus polystachyos* Rottb.		1	1	1	
Cyperaceae	*Cyperus reflexus* Vahl		4			
Cyperaceae	*Cyperus rigens* J. Presl. & C. Presl.		1	3		
Cyperaceae	*Cyperus sesquiflorus* (Torr.) Mattf. & Kük.	3-4	1-2-3-4	2-4	1-2-4	2-3
Fabaceae	*Desmodium incanum* DC.	1-2-3	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3	1-2-3
Fabaceae	*Galactia marginalis* Benth.				4	
Fabaceae	*Medicago arabica* (L.) Huds.	1				

Fabaceae	*Stylosanthes leiocarpa* Vogel				2	
Fabaceae	*Stylosanthes montevidensis* Vogel				1	
Fabaceae	*Trifolium polymorphum* Poir.	1-2-3-4	1-3-4	1-4		1
Fabaceae	*Vicia linearifolia* Hook. & Arn.	1-4				
Hypoxidaceae	*Hypoxis decumbens* L.		1-3	1-2-4	1-4	1-2-3
Iridaceae	*Cypella* sp.			1		
Iridaceae	*Herbertia lahue* (Molina) Goldblatt	1-2-3-4	1-3-4	1-3-4	1-2-4	1-3-4
Iridaceae	*Sisyrinchium micranthum* Cav.	1-4	1		1	1
Iridaceae	*Sisyrinchium palmifolium* L.		1		1-4	
Iridaceae	*Sisyrinchium* sp.		1			
Juncaceae	*Juncus capillaceus* Lam.				1	
Lamiaceae	*Salvia procurrens* Benth.	2-3-4				
Lamiaceae	*Scutellaria racemosa* Pers.		1-4		1-2-3-4	1
Lythraceae	*Cuphea glutinosa* Cham. & Schltdl.	1		1-	1	
Malvaceae	*Ayenia mansfeldiana* (Herter) Herter & Cristóbal	1				
Malvaceae	*Krapovickasia urticifolia* (A. St.- Hil.) Fryxell	1		2		
Malvaceae	*Sida rhombifolia* L.	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	3	1-2-3-4
Moraceae	*Dorstenia brasiliensis* Lam.	1-3-4		4		4
Myrtaceae	*Psidium salutare* var. *sericeum* (Cambess.) Landrum			1-2-3		
Myrtaceae	*Psidium salutare* var. *mucronatum* (Cambess.) Landrum			1-2-4		
Ophioglossaceae	*Ophiglossum crotalophoroides* Walter	4		4	4	
Orobanchaceae	*Agalinis communis* (Cham. & Schltdl.) D'Darcy		1-2			
Oxalidaceae	*Oxalis bipartita* A. St.-Hil.	3-4		4		
Oxalidaceae	*Oxalis brasiliensis* G. Lodd.	3	1-2-3-4	1-2-3	2-3	3-4
Oxalidaceae	*Oxalis eriocarpa* DC.	1-3-4	3	1-3-4	3	3
Oxalidaceae	*Oxalis lasiopetala* Zucc.	1	1	1-4	1	
Oxalidaceae	*Oxalis refracta* A. St.-Hil.	1		4		
Oxalidaceae	*Oxalis sellowiana* Zucc.	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4

Plantaginaceae	*Mecardonia procumbens* (Mill.) Small				1	
Plantaginaceae	*Plantago myosuros* Lam.	1-2		1-2-3		
Plantaginaceae	*Plantago tomentosa* Lam.	3-4	1-3		1	1-4
Plantaginaceae	*Plantago* sp.					2
Plantagnaceae	*Scoparia dulcis* L.	4	4	4		4
Plantaginaceae	*Veronica arvensis* L.	1	1			1
Plantaginaceae	Plantaginaceae			3		
Poaceae	*Andropogon ternatus* (Spreng.) Nees.	2-3-	2	2-4	1-2-3	1
Poaceae	*Axonopus affinis* Chase	2-3-4	1-2-3-4	2-3-4	1-2-3-4	2-3-4
Poaceae	*Briza minor* L.		1	1	1	
Poaceae	*Cenchrus clandestinus* (Hochst ex Chiov.) Morrone	1-2-3-4	1-4		1-4	1-2-3-4
Poaceae	*Chascolytrum subaristatum* (Lam.) Desv.	2		1		
Poaceae	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.		1-2-3-4			4
Poaceae	*Dichanthelium sabulorum* (Lam.) Gould & C. A. Clark			1		
Poaceae	*Eleusine tristachya* (Lam.) Lam.	1-2-3-	1-2-3-4	2-3-4		1-2-3
Poaceae	*Eragrostis neesii* Trin.	1-2-4		1-2		
Poaceae	*Eragrostis plana* Nees		1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-3-4
Poaceae	*Lolium multiflorum* Lam.		1			
Poaceae	*Melica eremophila* Torres	1		1		1
Poaceae	*Mnesithea selloana* (Hack.) de Koning & Sosef	1	1	1	1	1
Poaceae	*Paspalum dilatatum* Poir.	1-3	1-2	1	1-2-4	2-3
Poaceae	*Paspalum notatum* Flügge	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	3
Poaceae	*Paspalum pumilum* Nees	1-4	3-4	1		4
Poaceae	*Piptochaetium lasianthum* Griseb.				1	
Poaceae	*Piptochaetium montevidense* (Spreng.) Parodi	1-2-3-4	3-4	1-2-3-4	1-2-4	1
Poaceae	*Poa annua* L.					1-4

Poaceae	*Saccharum angustifolium* (Nees) Trin.			2-3		
Poaceae	*Setaria parviflora* (Poir.) Kerguélen	1-2-3-4	1-2	2		1-2-3-4
Poaceae	*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.	1-2-3-4	2	1-2		2-3
Poaceae	*Steinchisma decipiens* (Nees ex Trin.) W. V. Br.				1	1
Poaceae	*Steinchisma hians* (Elliot) Nash.	4		4	1	
Poaceae	*Stipa* sp. 1	1		1	1	
Poaceae	*Stipa* sp. 2			1		
Poaceae	*Vulpia bromoides* (L.) Gray	1	1-4			1
Poaceae	*Stipa* cf. *megapotamica*					1
Polygalaceae	*Polygala* sp.	1	1	1	1-4	1
Primulaceae	*Lysimachia minina* (L.) U. Manns & Anderb	1	1			
Rubiaceae	*Borreria dasycephala* (Cham. & Schltdl.) Bacigalupo & E. L. Cabral	1-2-3-4	2-3-4	1-2-4	1	1-2-4
Rubiaceae	*Galianthe brasiliensis* (Spreng.) E. L. Cabral & Bacigalupo		1			
Rubiaceae	*Galium richardianum* (Gillies ex Hook. & Arn.) Endl. ex Walp.	1	1	4	1-4	
Rubiaceae	*Galium* sp.	1		1		1
Rubiaceae	*Richardia humistrata* (Cham. & Schltdl.) Steud.	1-2-3-4	1-2-3	1-2-4	1-2-3-4	1-2-3
Rubiaceae	*Richardia stellaris* (Cha. & Schltdl.) Steud.	2-3-4		1	1-4	
Rubiaceae	*Borreria verticillata* (L.) G. Mey.	3-	4	4	2	
Rubiaceae	Rubiaceae (nº 213)			4		
Solanaceae	*Nierembergia micrantha* Cabrera		1			
Solanaceae	*Nierembergia riograndensis* Hunz.& A. A. Cocucci	1-2-3-4		1	1-2-4	
Verbenaceae	*Glandularia selloi* (Spreng.) Troc.		1-2		*2-3-4*	
Verbenaceae	*Verbena montevidensis* Spreng.	4				
Ni	Ni (nº 227)			4		

* Ni = Não identificada (o número entre parênteses corresponde ao registro na planilha de campo).

***Post scriptum* -** Em consequência das recentes alterações taxonômicas introduzidas no âmbito do PROJETO FLORA BRASIL 2020, algumas espécies

tiveram a sua denominação científica alterada. A nova nomenclatura foi plenamente incorporada a partir do relatório da campanha de primavera, em novembro de 2020. Entretanto, no presente relatório recomenda-se a leitura do quadro de equivalências taxonômicas apresentado abaixo (ver Quadro 6.1.2), que indica como a nova nomenclatura impacta este texto. 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 país.

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.

Quadro 6.1.2: Atualização da nomenclatura taxonômica das espécies vegetais, segundo atualizações introduzidas pelo Projeto Flora Brasil 2020.

Nomenclatura adotada	Nova nomenclatura segundo a Flora do Brasil 2020
Alliaceae	*Amaryllidaceae* J. St.-Hil.
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
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.
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.
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 de observações, foram inventariados 145 táxons (riqueza de espécies). A grande maioria dos táxons foi identificada até o nível de espécie, sendo que apenas dois deles não pertencem à categoria taxonômica das Angiospermas (plantas com flores e frutos): uma Briófita (Bryopsida, Musgo) e uma Pteridófita *Ophioglossum crotalophoroides* (Ophioglossaceae).

Para fins de comparação da riqueza de espécies registrada no presente período de trabalho com a riqueza de espécies de outros campos 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.

Entre as famílias de Angiospermas encontradas no presente período de observações, Asteraceae, Poaceae, Cyperaceae, Rubiaceae, Fabaceae e Plantaginaceae destacam-se pelo número maior de espécies (ver Quadro 6.1.3 e Figura 6.1.9). Constata-se que 67,58% das espécies registradas nas comunidades campestres das EAs examinadas pertencem a estas seis famílias botânicas. Outros estudos realizados em diferentes locais do sul do Brasil também ressaltam a importância florística e fitossociológica destas seis famílias, na caracterização dessas 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 ou duas espécies.

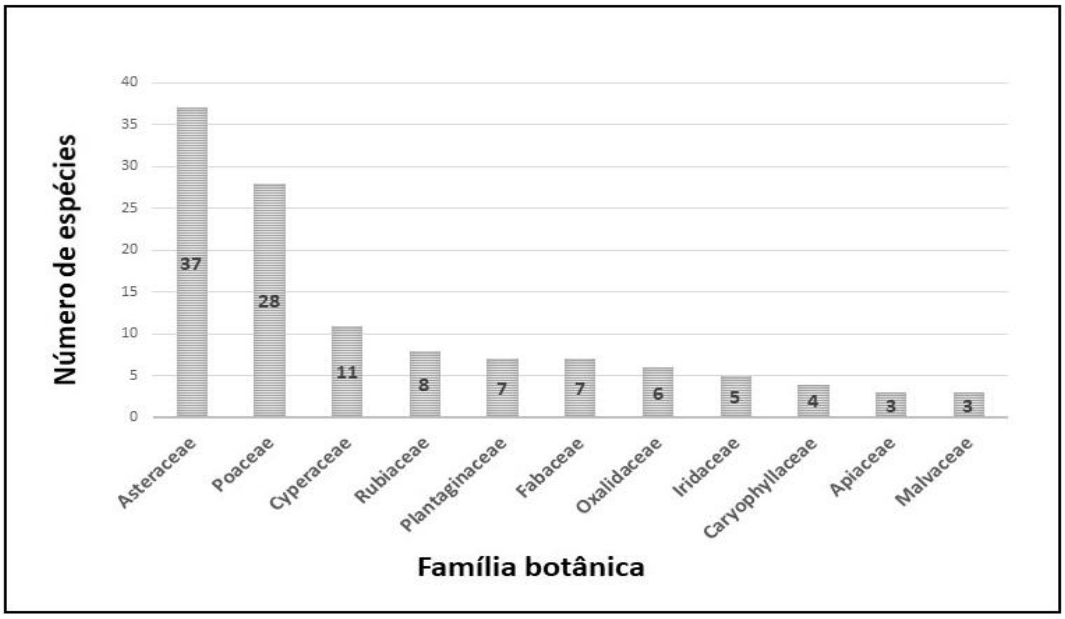
Conforme será examinado a seguir, dependendo do local (estação de amostragem) e das circunstâncias, algumas espécies de Poaceae têm presença destacada, através das frequências e graus de cobertura elevados (*Paspalum notatum*, *Cenchrus clandestinus* e *Eragrostis plana*, por exemplo). As Asteraceae, por outro

lado, costumam exibir coberturas mais baixas, sendo que alguns de seus representantes subarbustivos (*Baccharis coridifolia* e *Senecio brasilensis*, por exemplo) despontam como emergentes em meio à densa malha de gramíneas (Boldrini et al. 2009).

Quadro 6.1.3: Número de espécies (NE) de Angiospermas por família nas cinco EAs.

NE	Família botânica
37	Asteraceae
28	Poaceae
11	Cyperaceae
8	Rubiaceae
7	Plantaginaceae, Fabaceae
6	Oxalidaceae
5	Iridaceae
4	Caryophyllaceae
3	Apiaceae, Malvaceae
2	Amaranthaceae, Amarylidaceae, Convolvulaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Solanaceae, Verbenaceae
1	Araliaceae, Brassicaceae, Hypoxidaceae, Juncaceae, Lytharaceae, Moraceae, Orobanchaceae, Polygonaceae, Primulaceae.

Figura 6.1.9: *Ranking* das principais famílias botânicas com maior número de espécies amostradas.



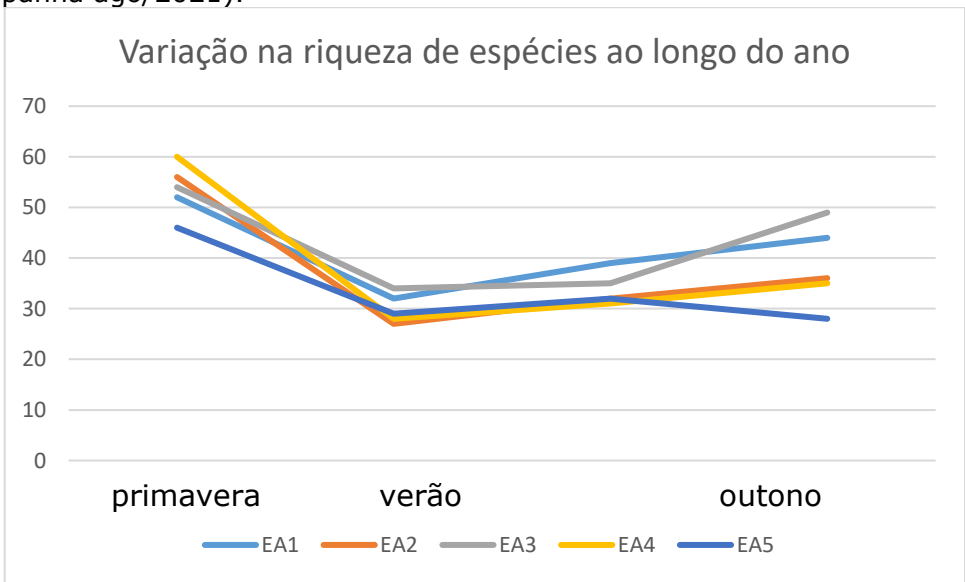
No Quadro 6.1.4, são expostos os resultados de riqueza de espécies nas cinco EAs, considerando as quatro campanhas.

Quadro 6.1.4: Riqueza de espécies nas cinco EAs, nas quatro estações do ano (da primavera de 2020 ao inverno de 2021).

Estação Amostral	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Riqueza média/EA
EA1	**52**	**32**	**37**	**44**	**41,25**
EA2	**56**	**27**	**32**	**35**	**37,50**
EA3	**52**	**32**	**35**	**50**	**42,25**
EA4	**60**	**28**	**31**	**38**	**39,25**
EA5	**44**	**27**	**32**	**26**	**32,25**
Riqueza média/estação do ano	**52,80**	**29,20**	**33,40**	**38,60**	

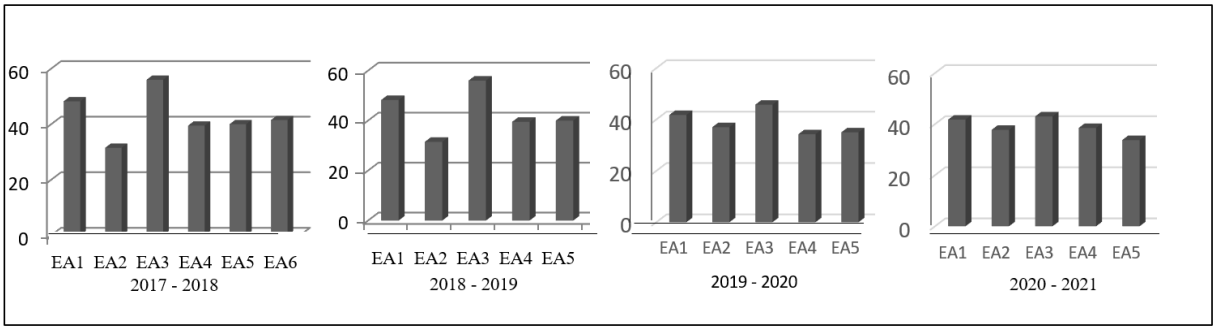
A Figura 6.1.10 (a seguir) apresenta uma comparação gráfica dos valores de riqueza de espécies de cada EA, mostrando a sua evolução nas quatro últimas campanhas.

Figura 6.1.10: Variação dos valores de riqueza de espécies, de cada EA, nas quatro estações do ano (1ª campanha nov/2020; 2ª campanha fev/2021; 3ª campanha mai/2021 e 4ª campanha ago/2021).



Na Figura 6.1.11 é apresentada uma comparação entre os valores de riqueza média de espécies, nos biênios 2017-2018, 2018-2019, 2019 – 2020 e 2020 - 2021, para todas EAs. Constata-se que as EAs 1 (estação de referência) e 3 exibem os valores mais altos e as EAs 2, 4 e 5 os valores mais baixos.

Figura 6.1.11: Comparação entre os valores de riqueza média, para cada EA, entre os anos de 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019 e 2019-2020.



Em comunidades vegetais campestres a ocorrência expressiva de espécies subarbustivas/arbustivas, da família Asteraceae, é um indicativo florístico e fisionômico na dinâmica da transição (processo de sucessão vegetal) de um campo com vegetação de pequeno porte para um com vegetação mais alta (capoeira). Conforme pode ser observado no Quadro 6.1.5, na EA1 constatou-se o menor número de espécies subarbustivas/arbustivas (2 espécies); a EA5 apresentou o maior número (6 espécies); nas EA2, EA3 e EA4, registrou-se número igual de espécies subarbustivas/arbustivas (4 espécies). Desse modo, na **EA1** os representantes subarbustivos/arbustivos correspondem a **13,33%** (para 16,66% no período anterior de monitoramento) do seu total de espécies de Asteraceae; na **EA2**, correspondem a **17,39%** (para 37,50%); na **EA4**, representam **18,18%** (27,77%); na **EA3**, perfazem **19,05%** (para 22,92%) e na **EA5** atingem o valor máximo de **28,57%** (para 23,07%). Portanto, excetuando a EA5, as EAs exibiram percentuais mais baixos de espécies subarbustivas/arbustivas em relação ao número total de espécies de Asteraceae, comparando com o período anterior de monitoramento.

Cabe ressaltar que a EA2, em comparação com as demais EAs, apresentou a maior variação percentual, em relação ao período anterior de monitoramento; um aspecto a ser levado em conta é que essa EA passou por alterações drásticas nos últimos anos, o que será objeto de consideração posterior neste relatório.

Quadro 6.1.5: Número de espécies de Asteraceae herbáceas e subarbustivas e arbustivas nas cinco EAs examinadas.

Asteraceae	**EA1**	**EA2**	**EA3**	**EA4**	**EA5**
Herbáceas	13	19	17	18	15
Subarbarbustivas / arbustivas	2	4	4	4	6
Total	15	23	21	22	21

Análise Fitossociológica

Fitossociologia

Os resultados da análise fitossociológica são apresentados nos Quadros 6.1.6 a 6.1.14, a seguir.

Quadro 6.1.6: Fitossociologia das 10 espécies com maior V.I. das campanhas de **Outono** (maio) **nas cinco EAs.**
Legenda: CA = cobertura absoluta; CR = cobertura relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VI = valor de importância.

Espécies na EA 1	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Cenchrus clandestinus	2200,00	24,63	100,00	6,86	15,74
Paspalum notatum	758,00	8,49	89,47	6,14	7,31
Soliva anthemifolia	676,50	7,57	89,47	6,14	6,86
Bulbostylis capillaris	634,00	7,10	92,11	6,32	6,71
Axonopus affinis	619,50	6,93	84,21	5,78	6,36
Dichondra sericea	515,75	5,77	89,47	6,14	5,96
Oxalis sellowiana	546,00	6,11	78,95	5,42	5,76
Cyperus sesquiflorus	352,75	3,95	65,79	4,51	4,23
Piptochaetium montevidense	279,25	3,13	68,42	4,69	3,91
Sporobolus indicus	321,75	3,60	60,53	4,15	3,88

Espécies na EA 2	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Eragrostis plana	1843,75	31,68	100,00	9,25	20,47
Paspalum notatum	721,00	12,39	100,00	9,25	10,82
Axonopus affinis	758,00	13,03	76,32	7,06	10,04
Oxalis sellowiana	430,75	7,40	92,11	8,52	7,96
Oxalis eriocarpa	236,00	4,06	65,79	6,08	5,07
Desmodium incanum	198,50	3,41	60,53	5,60	4,50
Sida rhombifolia	179,00	3,08	52,63	4,87	3,97
Oxalis brasiliensis	179,00	3,08	52,63	4,87	3,97
Dichondra sericea	130,00	2,23	52,63	4,87	3,55

Soliva anthemifolia	140,95	2,42	47,37	4,38	3,40

Espécies na EA 3	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Paspalum notatum	1431,25	29,69	92,11	8,73	19,21
Eragrostis plana	515,75	10,70	78,95	7,48	9,09
Sida rhombifolia	424,25	8,80	92,11	8,73	8,76
Desmodium incanum	334,00	6,93	65,79	6,23	6,58
Piptochaetium montevidense	261,25	5,42	71,05	6,73	6,08
Oxalis sellowiana	172,50	3,58	50,00	4,74	4,16
Herbertia lahue	135,75	2,82	50,00	4,74	3,78
Oxalis eriocarpa	123,50	2,56	50,00	4,74	3,65
Bulbostylis capillaris	147,25	3,05	42,11	3,99	3,52
Dichondra sericea	109,20	2,27	39,47	3,74	3,00

Espécies na EA 4	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Eragrostis plana	3300,00	59,56	100,00	11,76	35,66
Axonopus affinis	315,95	5,70	78,95	9,29	7,50
Paspalum notatum	316,40	5,71	73,68	8,67	7,19
Oxalis sellowiana	235,60	4,25	84,21	9,91	7,08
Desmodium incanum	248,25	4,48	65,79	7,74	6,11
Soliva anthemifolia	173,25	3,13	55,26	6,50	4,81
Oxalis eriocarpa	117,50	2,12	60,53	7,12	4,62
Bulbostylis capillaris	96,00	1,73	28,95	3,41	2,57
Dichondra sericea	89,50	1,62	26,32	3,10	2,36
Hypochaeris glabra	64,45	1,16	26,32	3,10	2,13

Espécies na EA 5	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Cenchrus clandestinus	2625,00	50,97	100,00	10,27	30,62
Bulbostylis capillaris	363,00	7,05	94,74	9,73	8,39
Oxalis sellowiana	300,25	5,83	86,84	8,92	7,37
Dichondra sericea	312,50	6,07	84,21	8,65	7,36
Desmodium incanum	204,25	3,97	57,89	5,95	4,96
Oxalis eriocarpa	117,15	2,27	65,79	6,76	4,52
Oxalis brasiliensis	147,25	2,86	44,74	4,59	3,73
Eragrostis plana	139,25	2,70	31,58	3,24	2,97
Soliva anthemifolia	65,30	1,27	34,21	3,51	2,39
Axonopus affinis	52,10	1,01	23,68	2,43	1,72

Quadro 6.1.7: Fitossociologia das 10 espécies com maior V.I. das campanhas de **Inverno** (agosto) nas cinco EAs.

Legenda: CA = cobertura absoluta; CR = cobertura relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; VI = valor de importância.

Espécies na EA 1	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Cenchrus clandestinus	1962,50	31,90	100,00	8,17	20,04
Soliva anthemifolia	690,25	11,22	100,00	8,17	9,70
Dichondra sericea	627,50	10,20	94,74	7,74	8,97
Bulbostylis capillaris	571,75	9,29	81,58	6,67	7,98
Oxalis sellowiana	485,50	7,89	92,11	7,53	7,71
Paspalum notatum	218,00	3,54	68,42	5,59	4,57
Piptochaetium montevidense	166,00	2,70	44,74	3,66	3,18
Sporobolus indicus	158,85	2,58	42,11	3,44	3,01
Trifolium polymorphum	97,90	1,59	50,00	4,09	2,84
Hypochaeris glabra	115,80	1,88	44,74	3,66	2,77

Espécies na EA 2	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Eragrostis plana	1420,00	32,48	97,37	11,18	21,83
Cenchrus clandestinus	689,50	15,77	68,42	7,85	11,81
Oxalis sellowiana	468,25	10,71	92,11	10,57	10,64
Trifolium polymorphum	382,70	8,75	47,37	5,44	7,10
Herbertia pulchella	182,10	4,17	76,32	8,76	6,46
Axonopus affinis	283,35	6,48	44,74	5,14	5,81
Soliva anthemifolia	142,85	3,27	68,42	7,85	5,56
Bulbostylis capillaris	122,10	2,79	42,11	4,83	3,81
Dichondra sericea	65,30	1,49	34,21	3,93	2,71
Gamochaeta coarctata	71,05	1,63	31,58	3,63	2,63

Espécies na EA 3	**CA (%)**	**CR (%)**	**FA (%)**	**FR (%)**	**VI (%)**
Soliva anthemifolia	690,25	12,88	100,00	7,93	10,41
Dichondra sericea	627,50	11,71	94,74	7,52	9,61
Oxalis sellowiana	497,75	9,29	92,11	7,31	8,30
Eragrostis plana	540,25	10,08	76,32	6,05	8,07
Piptochaetium montevidense	466,00	8,70	78,95	6,26	7,48
Bulbostylis sp.	376,25	7,02	44,74	3,55	5,28
Paspalum notatum	218,00	4,07	68,42	5,43	4,75
Facelis retusa	180,50	3,37	63,16	5,01	4,19
Chevreulia sarmentosa	185,50	3,46	55,26	4,38	3,92
Bulbostylis capillaris	195,50	3,65	36,84	2,92	3,29

Espécies na EA 4	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	VI (%)
Eragrostis plana	3175,00	74,01	100,00	14,34	44,17
Oxalis sellowiana	535,25	12,48	100,00	14,34	13,41
Axonopus affinis	174,40	4,07	71,05	10,19	7,13
Paspalum notatum	124,40	2,90	73,68	10,57	6,73
Gamochaeta americana	20,50	0,48	34,21	4,91	2,69
Herbertia lahue	7,60	0,18	31,58	4,53	2,35
Chaptalia piloselloides	20,30	0,47	28,95	4,15	2,31
Facelis retusa	20,10	0,47	23,68	3,40	1,93
Hypochaeris glabra	26,40	0,62	21,05	3,02	1,82
Soliva anthemifolia	0,90	0,02	23,68	3,40	1,71

Espécies na EA 5	CA (%)	CR (%)	FA (%)	FR (%)	VI (%)
Cenchrus clandestinus	2775,00	62,36	100,00	12,18	37,27
Bulbostylis capillaris	431,50	9,70	100,00	12,18	10,94
Oxalis sellowiana	375,25	8,43	97,37	11,86	10,15
Dichondra sericea	168,85	3,79	78,95	9,62	6,70
Soliva anthemifolia	112,00	2,52	84,21	10,26	6,39
Scoparia dulcis	78,90	1,77	55,26	6,73	4,25
Poa annua	97,70	2,20	44,74	5,45	3,82
Oxalis brasiliensis	72,00	1,62	42,11	5,13	3,37
Stellaria media	65,60	1,47	42,11	5,13	3,30
Eragrostis plana	82,25	1,85	18,42	2,24	2,05

Índices de diversidade

Quadro 6.1.8: Índices de diversidade nas cinco EAs nas campanhas de Outono e Inverno.

Índice outono	EA 1	EA 2	EA 3	EA 4	EA 5
Riqueza de espécies	37	32	35	31	32
Diversidade de Shannon (H')	3,349	3,126	3,273	3,020	3,161
Diversidade de Simpson	0,042	0,054	0,047	0,063	0,055
Diversidade de Gini-Simpson	0,958	0,946	0,953	0,937	0,945
Equalibidade de Pielou (J')	0,914	0,894	0,921	0,879	0,912

Índice inverno	EA 1	EA 2	EA 3	EA 4	EA 5
Riqueza de espécies	44	35	50	38	26
Diversidade de Shannon (H')	3,257	3,119	3,456	2,995	2,773
Diversidade de Simpson	0,048	0,060	0,041	0,076	0,080
Diversidade de Gini-Simpson	0,952	0,940	0,959	0,924	0,920
Equalibidade de Pielou (J')	0,866	0,851	0,875	0,817	0,824

Índice de similaridade

Quadro 6.1.9: Índice de similaridade de Jaccard entre as EAs nas campanhas de Outono e Inverno.

OUTONO	Três Lagoas	Veleda	Santa Clara	Santa Rita
Veleda	**0,4694**			
Santa Clara	0,4222	0,3462		
Santa Rita	0,4444	0,3922	0,4318	
Candiota	0,3878	0,3455	**0,5000**	**0,4565**
INVERNO	**Três Lagoas**	**Veleda**	**Santa Clara**	**Santa Rita**
Veleda	0,3833			
Santa Clara	0,2742	0,3226		
Santa Rita	0,3800	0,3333	0,2593	
Candiota	0,3939	**0,7925**	0,3000	0,3279

Valor de Importância

Quadro 6.1.10: Valor de importância das espécies com maior dominância, durante os quatro períodos amostrados na EA 1 - Fazenda Veleda.

EA 1 – Veleda	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Cenchrus clandestinus	9,74	23,08	15,74	20,04
Paspalum notatum	14,30	22,92	7,31	4,57
Bulbostylis capillaris	5,94	13,58	6,71	7,98
Dichondra sericea	7,81	8,13	5,96	8,97
Soliva anthemifolia	9,28	0,00	6,86	9,70

Quadro 6.1.11: Valor de importância das espécies com maior dominância, durante os quatro períodos amostrados na EA 2 - Fazenda Três Lagoas.

EA 2 - Três Lagoas	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Eragrostis plana	9,10	23,61	20,47	21,83
Cynodon dactylon	16,80	13,46	1,28	1,05
Axonopus affinis	5,46	9,35	10,04	5,81
Sida rhombifolia	5,40	14,66	3,97	2,25
Dichondra sericea	11,01	5,81	3,55	2,71

Quadro 6.1.12: Valor de importância das espécies com maior dominância, durante os quatro períodos amostrados na EA 3 - Fazenda Candiota.

EA 3 – Candiota	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Paspalum notatum	19,18	28,94	19,21	4,75
Piptochaetium montevidense	7,51	13,58	6,08	7,48
Eragrostis plana	6,11	11,22	9,09	8,07
Desmodium incanum	7,18	10,75	6,58	0,00
Sida rhombifolia	2,55	7,55	8,76	0,17

Quadro 6.1.13: Valor de importância das espécies com maior dominância, durante os quatro períodos amostrados na EA 4 - Chácara Santa Clara.

EA 4 - Santa Clara	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Eragrostis plana	35,94	43,59	35,66	44,17
Axonopus affinis	8,45	11,81	7,50	7,13
Desmodium incanum	10,40	17,94	6,11	0,00
Paspalum notatum	5,42	13,42	7,19	6,73
Oxalis sellowiana	0,00	0,00	7,08	13,41

Quadro 6.1.14: Valor de importância das espécies com maior dominância, durante os quatro períodos amostrados na EA 5 - Fazenda Santa Rita.

EA 5 - Santa Rita	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Cenchrus clandestinus	13,64	26,41	30,62	37,27
Bulbostylis capillaris	10,91	6,70	8,39	10,94
Dichondra sericea	8,02	6,36	7,36	6,70
Eragrostis plana	4,90	13,95	2,97	2,05
Axonopus affinis	6,59	8,05	1,72	1,65

Considerações sobre as EAs

No geral, as áreas apresentaram uma grande dominância de gramíneas (Poaceae) e uma grande diversidade de compostas (Asteraceae).

Na **EA1** (Fazenda Serra do Veleda) as Poaceae *Cenchrus clandestinus* (capim-kikuio) e *Paspalum notatum* (grama-forquilha) foram, no geral, as mais representativas em termos de valor de importância (Quadro 6.1.10). No outono as duas espécies apresentaram as maiores frequência e cobertura (Quadro 6.1.6). Porém a importância de *Paspalum notatum* foi menor no inverno, quando se destacaram *Soliva anthemifolia* e *Dichondra sericea.* (Quadro 6.1.7). Esta foi a única EA que não foi registrada a presença da espécie invasora *Eragrostis plana* (capim-anonni). No outono, a EA1 apresentou o maior índice H de diversidade (3,35 nats, Quadro 6.1.8) entre todas as EAs. Este índice apresentou um valor bem próximo ao obtido nos outros períodos. Os índices J de equabilidade (de Pielou) foram altos tanto no outono (0,91) quanto no inverno (0,87) (Quadro 6.1.8), indicando que 91% e 87%, respectivamente, da diversidade máxima teórica foram obtidas por meio da amostragem realizada. A similaridade florística com a EA3 foi de 77%, a maior registrada no inverno. No outono a similaridade foi maior com a EA2 (47%).

A Fazenda Serra do Veleda manteve a riqueza de espécies relativamente alta, especialmente na primavera (Quadro 6.1.4). Nessa propriedade, a atividade pecuária intensiva de bovinos e ovinos favorece as espécies vegetais prostradas, mantendo o campo predominantemente baixo (Figuras 6.1.1 a 6.1.5 do Relatório Fotográfico). Poucas espécies de Asteraceae subarbustivas estão presentes (Quadro 6.1.5), com frequência muito baixa. Como o ocorrido nas outras EAs, o déficit hídrico ocorrido no verão resultante de uma estiagem prolongada, reduziu expressivamente a sua riqueza de espécies no período (ver Figura 6.1.3 do Relatório Fotográfico).

Na **EA2** (Fazenda Três Lagoas), as Poaceae *Eragrostis plana* e *Cynodon dactylon*, *exóticas,* e *Axonopus affinis,* nativa, foram as mais representativas ao longo das quatro estações do ano (Quadro 6.1.11). *Eragrostis plana* apresentou valor de

importância muito alto, acima de 20% tanto no outono quanto no inverno, com alta frequência e cobertura (Quadros 6.1.6 e 6.1.7). *Paspalum notatum* e *Axonopus affinis* também apresentaram altos valores no outono. *Cenchrus clandestinus*, apresentou o segundo maior valor de importância no inverno. Os índices H de diversidade (de Shannon) foram muito similares nos dois períodos (3,12 e 3,13 nats) e os índices J de equabilidade (de Pielou) foram altos tanto no outono (0,89) quanto no inverno (0,85) (Quadro 6.1.8). A similaridade florística no outono foi maior com a EA1 (47%), e no inverno com as EA3, EA1 e EA5 com 38% cada.

Na EA2, processo de invasão da área por *Eragrostis plana* (ver Figuras 6.1.19 a 6.1.23), após o final da cultura de soja em 2018, adquiriu proporções dramáticas ao longo de 2021. De maneira semelhante ao ocorrido no verão de 2020 e, também nas outras EAs, a estiagem do verão de 2021, contribuiu com a redução expressiva na riqueza de espécies (Quadro 6.1.4, Figura 6.1.10).

Na **EA3** (Fazenda Candiota), as Poaceae *Paspalum notatum* e *Piptochaetium montevidens*, nativas, e *Eragrostis plana*, exótica, foram as espécies dominantes com maior valor de importância ao longo das quatro estações do ano (Quadro 6.1.11). No outono, destacaram-se *Paspalum notatum*, *Eragrostis plana* e *Sida rhombifolia* com alta frequência e cobertura, sendo que a primeira representou cerca de 30% da cobertura total da área no período (Quadro 6.1.6). No inverno, as Poaceae perderam a dominância para *Soliva anthemifolia*, *Dichondra sericea* e *Oxalis sellowiana* que apresentaram frequência acima de 90%, seguidas, porém, por *Eragrostis plana*. O maior índice H de diversidade de Shannon foi no inverno (3.4 nats) e J de equabilidade de Pielou no inverno (0,87) e na primavera (0,92) (Quadro 8). Valores que também foram os maiores nas campanhas de verão e primavera. Sua similaridade florística com a EA4 foi de 50% no outono e com a EA1 de 77% no inverno, as maiores de cada período (Quadro 6.1.9).

Na EA3 verifica-se um longo período de exclusão de pastejo, com a interrupção quase total da atividade pecuária. Por este motivo, constata-se a coexistência de elementos típicos de campo alto (ou de capoeira), com representantes

subarbustivos da família Asteraceae (*Baccharis dracunculifolia*, *Acanthostyles buniifolius* e *Senecio madagascariensis*, por exemplo), conforme ilustra o Quadro 6.1.5, e de espécies de campo baixo, especialmente representantes da família Poaceae, como *Axonopus affinis*, *Paspalum notatum* e *Piptochaetium montevidense*, entre outros. A cobertura média do solo na comunidade vegetal examinada é de 70-80%; durante a estiagem, algumas parcelas de amostragem apresentaram coberturas em torno de 50%. É oportuno destacar a ocorrência única (considerando as cinco EAs monitoradas) nesta EA de *Psidium salutare* (com duas variedades, Quadro 6.1.1), Myrtaceae subarbustiva conhecida popularmente como araçá-do-campo. Localmente o processo de sucessão vegetal transcorre lentamente, observando-se ao longo do tempo a passagem de uma fisionomia campestre para uma fisionomia arbustiva e, futuramente, arbórea. De maneira semelhante ao ocorrido nas outras EAs, a área foi submetida a uma estiagem de verão (2021), com uma consequente redução na riqueza de espécies no período.

Na **EA4** (Chácara Santa Clara), a Poaceae *Eragrostis plana* apresentou o maior valor de importância nos quatro períodos (Quadro 6.1.13), chegando a representar 44% de valor de importância e 74% de cobertura relativa no inverno (Quadro 6.1.7), os maiores índices de todo o estudo. No outono e no inverno *Oxalis sellowiana* e as Poaceae *Axonopus affinis* e *Paspalum notatum* também apresentaram valores expressivos de importância. Esta EA apresentou no outono os menores índices de diversidade de Shannon (3,02 nats) e equabilidade de Pielou (0,88), em comparação com as demais EAs (Quadro 6.1.8). No inverno, o índice de diversidade também foi baixo (2.99 nats) e o de equabilidade (0.82) também foi o menor em relação às outras EAs. Sua similaridade florística foi maior com a EA3 (50%) no outono e no inverno foram os menores em relação a todas as outras EAs, chegando ao máximo de 31% com a EA1 (Quadro 6.1.9).

Na EA4, constatou-se uma diminuição da riqueza de espécies no período de monitoramento. Nessa propriedade, a pressão do pastejo é bastante baixa, propiciando a ocorrência de espécies de Asteraceae subarbustivas (Quadro 6.1.5). O avanço vigoroso de *Eragrostis plana* (Figuras 6.1.71 a 6.1.75 do Relatório Fotográfico) continua tendo consequências na abundância e na riqueza de espécies

do local, pois sua elevada cobertura do solo reduz a incidência de luz no estrato inferior, impedindo a ocupação do espaço por espécies herbáceas prostradas e heliófilas pouco competitivas.

Na **EA5** (Fazenda Santa Rita), a Poaceae *Cenchrus clandestinus* apresentou o maior valor de importância nas quatro campanhas, chegando a representar 30% e 37% de valor de importância (Quadro 6.1.14) e 50% e 62% de cobertura no outono e no inverno respectivamente (Quadros 6.1.6 e 6.1.7). Em ambos os períodos, também destacaram-se *Bulbostylis capillaris*, *Oxalis sellowiana* e *Dichondra sericea* com cobertura e frequência relativamente altas. Cabe ressaltar também a presença *Cirsium vulgare* (Asteraceae), que consta na lista de exóticas invasoras do RS; anteriormente, ela havia sido encontrada em apenas uma parcela na campanha da primavera, porém nas campanhas de outono e inverno ela esteve presente em 8 e 9 parcelas, respectivamente. Esta EA apresentou a menor riqueza de espécies (29 spp.) e índice H de diversidade de Shannon (2,77 nats) no inverno; nesta estação do ano, o índice J de equabilidade de Pielou foi mediano (0,82); o outono, esses índices foram um pouco mais altos: 32 spp., 3,16 nats e 0,91 respectivamente (Quadro 6.1.8). A similaridade florística foi maior com a EA3 (46%) no outono e com a EA2 (38%) no inverno (Quadro 6.1.9).

A EA5 está localizada nas proximidades de um sítio de mineração de calcário. Essa propriedade há muito tempo vem sendo submetida ao pastejo por bovinos e equinos (tendo sido também utilizada para a criação de ovinos), fazendo com que o campo se mantenha baixo e com pouca biomassa acumulada (ver Figuras 86 a 90 do Relatório fotográfico). Paralelamente, verifica-se um número relativamente alto (o maior, em relação às demais EAs) de espécies de Asteraceae subarbustivas (Quadro 6.1.5). Verifica-se também a crescente invasão de *Eragrostis plana*. Como o ocorrido nas demais EAs, a área foi impactada por uma estiagem de verão (2021), provocando uma redução na sua riqueza de espécies.

Clima regional: precipitação e riqueza de espécies

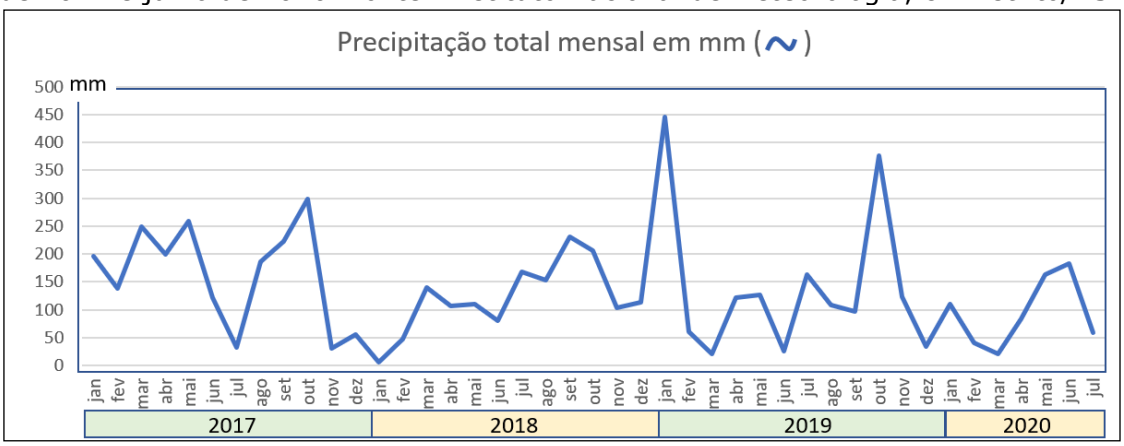
Na região de Candiota e adjacências, segundo a classificação de Köppen, o clima é mesotérmico, tipo subtropical, da classe Cfa. A precipitação média é de 1.350 mm. A distribuição desta precipitação durante o ano é de, aproximadamente, 34% no inverno, 25% na primavera, 25% no outono e 16% no verão. A 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 a 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).

Em decorrência do atual período de pandemia (Covid-19) houve alguma dificuldade na obtenção e atualização nos dados meteorológicos locais, razão pela qual optou-se por utilizar os dados referentes ao intervalo de 2017 a 2020.

No período de setembro de 2019 a agosto de 2020, as temperaturas médias mensais variaram entre 12,9º C (julho de 2020) e 23, 6º C (março de 2020). A temperatura máxima absoluta foi de 39,9º C (março de 2020) e a temperatura mínima absoluta foi de 1,0º C (agosto de 2019). No mesmo período a precipitação mensal total variou entre 21,4 mm (março de 2020) e 397,4 mm (outubro de 2019) com um total acumulado de 1.209 mm.

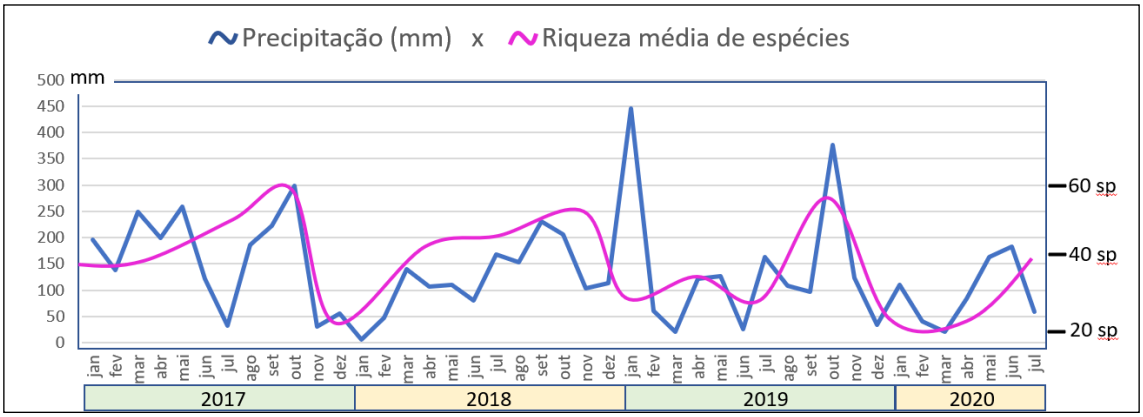
Ao longo dos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020, a precipitação mensal total variou entre 20,7 mm (março de 2019) e 445,1 mm (janeiro de 2019), com uma precipitação total acumulada de 1.988 mm no ano de 2017, de 1.518,7 mm em 2018 e 1703,6 mm em 2019. A Figura 6.1.12, abaixo, ilustra a variação na precipitação mensal total no período compreendido entre janeiro de 2017 e agosto de 2020.

Figura 6.1.12: Precipitação total mensal (em mm) no período compreendido entre janeiro de 2017 e julho de 2020. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 8º Distrito/RS.



A precipitação total mensal mostrou uma forte correspondência com os valores de riqueza de espécies, para cada uma das Estações de Amostragem e, também para as médias dos somatórios das EAs (ver Figura 6.1.13, abaixo).

Figura 6.1.13: Correspondência entre os valores das Precipitação total mensal (em mm – curva em azul) e a média dos valores de Riqueza de espécies (curva na cor grená), no período compreendido entre janeiro de 2017 e julho de 2020.



O único ponto de maior discrepância entre as duas curvas é situado em janeiro de 2019, quando um grande volume de precipitação concentrado em poucos dias não foi suficiente para atender a demanda hídrica da vegetação. Evidencia-se, assim, que grande parte das variações observadas nos valores de riqueza de espécies responde às variações nos valores de precipitação, especialmente em relação aos períodos prolongados com incidência de valores mais baixos, responsáveis pela ocorrência de estiagens na região

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, cabe destacar a ausência de registro de ocorrência, nos dois últimos anos, de *Chaptalia arechavaletae* Hieron. Asteraceae (Figura 6.1.14), 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** (Serra do Veleda, Pinheiro Machado, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 262.170m E; 6.502.425m N); na **EA3** (Fazenda Candiota, Candiota, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 240.375m E; 6.508.270m N); na **EA4** (Chácara Santa Clara, Candiota, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 247.770m E; 6.508.180m N) e na **EA5** (Fazenda Santa Rita, Candiota, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 248.900m E; 6.503.980m N). A ocorrência da espécie em anos anteriores sempre foi registrada com frequência e abundância baixíssimas. A ausência (ou eventual presença) de *Chaptalia arechavaleta* (ver Figura 6.1.14), deverá ser monitorada nas próximas campanhas.

A ocorrência da espécie é referida para a região, no município de Hulha Negra, por Pasini *et al*. (2014). No Uruguai, a espécie foi registrada fotograficamente por Andrés Gonzáles, em Fotos de Flora Nativa y Adventícias de Uruguay.

Figura 6.1.14: *Chaptalia arechavaletae,* Fotografias de Andrés González, *in:* Flora nativa e adventicias de Uruguay.

Pfaffia gnaphaloides (L.f.) Mart. Amarantaceae (ver Figura 6.1.15), registrada na **EA1** (Serra do Veleda, Pinheiro Machado, RS, coordenadas UTM, fuso 22J: 262.170m E; 6.502.425m N) nos anos de 2017 e 2020, 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 (Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014).

Figura 6.1.15: *Pfaffia gnaphaloides* (Amaranthaceae) na EA5 Fazenda Santa Rita. Abril de 2017. 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 (Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014).

Ainda, a espécie *Froelichia tomentosa* (Mart.) Moq. (Amaranthaceae) (Figura 6.1.16) foi registrada na EA 5 (Fazenda Santa Rita) em novembro de 2020, é classificada como Em Perigo (EN) na Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul, ver Figura 6.1.16 (a seguir).

Figura 6.1.16: *Froelichia tomentosa* (Amaranthaceae) na EA 5 (Fazenda Santa Rita), novembro de 2020.

A Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul (Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014) define os diferentes graus de ameaça como:

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 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 6.1.15, 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 6.1.15: 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 clandestinum* (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
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 destaque o capim-annoni (*Eragrostis plana*), uma gramínea sul-africana, introduzida acidentalmente no Rio Grande do Sul na década de 1950. Destaca-se a elevada densidade registrada para a espécie na EA4 (Chácara Santa Clara) (coordenadas UTM, fuso 22J: 247.770m E; 6.508.180m N), conforme pode ser percebido na Figura 6.1.72 do Relatório Fotográfico. Ressalta-se que recentemente a invasão pela espécie adquiriu proporções importantes na EA2 (Fazenda Três Lagoas). *Eragrostis plana* é também registrada nas estações amostrais: EA3 (Fazenda Candiota) e (EA5) Fazenda Santa Rita. Na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), onde até então não havia sido verificada a presença desta espécie, em agosto de 2019 foi registrada a sua primeira ocorrência.

A importância e a repercussão econômica, cultural, social e ecológica, da dramática expansão do capim-annoni (*Eragostris plana*), nas diferentes EAs (e em diversas

formações campestres do Rio Grande do Sul), justificaram a abordagem de tal problemática em um item à parte no Relatório anual de 2019 (Para maiores informações ver: item "**Capim-annoni (*Eragrostis plana* – Poaceae) - uma ameaça às formações campestres no bioma Pampa"**, do referido relatório).

No período relativo ao atual relatório, o capim-annoni (*Eragostris plana*) foi registrado, em todas as campanhas (primavera, verão, outono e inverno), em quatro da cinco EAs (**EA2**, **EA3**, **EA4** e **EA5**).

Na **EA4** (Chácara Santa Clara), o capim-annoni foi registrado, com frequência e grau de cobertura, especialmente elevados. Em todas as 38 parcelas, a espécie foi registrada com grau de cobertura nunca inferior a 50%.

Merece destaque, uma vez mais, o rapidíssimo processo de invasão pelo capim-annoni na **EA4** (Chácara Santa Clara), onde, em um período de 30 meses (ver Figuras 6.1.17 e 6.1.18), houve uma impressionante perda de diversidade de espécies vegetais e uma considerável redução no potencial forrageiro da área amostrada.

Figura 6.1.17: Vista geral da área de amostragem na **EA4** (Chácara Santa Clara), mostrando a situação anterior à infestação por *Eragrostis plana.* Outubro de 2011.

Figura 6.1.18: Vista geral da área de amostragem na **EA4** (Chácara Santa Clara), aproximadamente no mesmo ângulo da foto anterior, mostrando a situação 30 meses depois, com a área já intensamente infestada por *Eragrostis plana.* Abril de 2014.

Mais recentemente, o mesmo processo de invasão pelo capim-annoni, está sendo observado na **EA3** (Fazenda Três Lagoas). Nesse local, em um período semelhante (aproximadamente 32 meses), após o final do cultivo de soja no local (ver Figuras 6.1.19 a 6.1.23, abaixo), houve uma redução expressiva na diversidade de espécies vegetais na área amostrada.

Figura 6.1.19: EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de julho de 2013, mostrando a área ainda com a cobertura vegetal nativa relativamente preservada.

Figura 6.1.20: EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de novembro de 2016, mostrando os efeitos de uma aplicação recente de herbicida, destinada ao preparo inicial da cultura da soja no local.

Figura 6.1.21: EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de janeiro de 2017 mostrando a cultura de soja na área.

Figura 6.1.22: EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de fevereiro de 2019, mostrando a cobertura vegetal após o final da cultura da soja no local.

Figura 6.1.23: EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de agosto de 2021, mostrando a invasão local por *Eragrostis plana.*

Três espécies 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 6.1.16, 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 6.1.16: 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

A presença de espécies exóticas como indicativo do grau de descaracterização de comunidades vegetais campestres

A compreensão das diferentes respostas da vegetação campestre frente ao manejo imposto é de vital importância para a conservação desse recurso natural, mantendo a biodiversidade, evitando a degradação do solo e assegurando a sua exploração econômica sustentável.

O impacto das ações de manejo impostas pelo homem, ao longo dos últimos quatro séculos, demanda às comunidades vegetais campestres um processo contínuo de seleção natural e/ou adaptação, que em muitos casos leva a uma degradação com perdas na diversidade de espécies.

O entendimento dos processos ecológicos e antrópicos que envolvem a dinâmica da sucessão (natural ou artificial) nos campos é fundamental para a sua preservação e conservação.

Diferentes fatores atuam e interferem nas comunidades vegetais, entre os quais podem ser citados: o fogo, efeito da carga animal, a introdução de espécies forrageiras exóticas, a presença de espécies exóticas invasoras, o uso de defensivos agrícolas e de adubação química.

Neste sentido, a modernização da pecuária, na busca de um maior retorno financeiro em um menor período de tempo, está baseada na adoção de diferentes técnicas de melhoramento do campo que permitam uma maior produção de proteína animal, que podem ser utilizadas isoladamente ou em conjunto, conforme o grau de intensificação do manejo. Entre essas técnicas de intensificação da atividade pecuária estão a introdução de espécies forrageiras exóticas, a adubação, o ajuste de carga animal e o pastoreio rotativo. A introdução de espécies forrageiras exóticas, aliada à mecanização do solo e à aplicação de defensivos químicos, em muitos casos transformam completamente o ecossistema campo, tanto fisionomicamente quanto em relação à estrutura e sua composição florística.

Paralelamente, o efeito da carga animal (a pressão de pastejo) sobre a vegetação campestre, ou seja, a frequência e a intensidade do impacto sobre as partes aéreas vegetais (vegetativas e reprodutivas), se refletirá em modificações na proporção em que as diferentes plantas participam na composição florística (riqueza de espécies e grau de cobertura) de determinada área.

Segundo Nabinger et al. (2006), as forrageiras exóticas cultivadas mais importantes são gramíneas anuais de inverno, destacando-se a aveia preta (*Avena strigosa*) e o azevém (*Lolium multiflorum*); entre as forrageiras hibernais, destacam-se as leguminosas dos gêneros *Trifolium*, *Lotus* e *Medicago,* além de outras. Entre as forrageiras estivais, destacam-se aquelas anuais, como o milheto (*Pennisetum americanum*) e o sorgo (*Sorghum* spp.); entre as perenes, estão espécies dos gêneros *Panicum*, *Cynodon* e *Brachiaria*, junto com gêneros mais tradicionalmente utilizados tais como *Digitaria*, *Paspalum* e *Pennisetum*. Em menor extensão, forrageiras perenes de inverno também são cultivadas, destacando-se os gêneros *Festuca*, *Phalaris* e *Dactylis*.

Com o objetivo de avaliar o grau de alteração das comunidades vegetais campestres em decorrência da presença de espécies exóticas, foi estimado o percentual da cobertura vegetal total ocupado por essas espécies. Em cada uma das cinco EAs avaliadas, foi elaborada uma lista das espécies exóticas registradas. Posteriormente, foi realizado um cômputo do somatório dos graus de cobertura

(segundo a escala de Braun-Blanquet adotada) do conjunto de espécies exóticas em todas as 38 parcelas amostrais. O valor obtido foi considerado em relação percentual com o somatório total dos escores de cobertura de todas as espécies amostradas (espécies nativas e não nativas). Como resultado, obteve-se um valor percentual correspondente a contribuição das espécies exóticas na cobertura vegetal total avaliada nas 38 parcelas de cada EA. Para a presente avaliação, foram utilizados apenas os dados de campo da campanha de inverno (agosto de 2021).

Na **EA1** (Fazenda Serra do Veleda), *Hypochaeris glabra, Cerastium glomeratum, Scoparia dulcis, Sporobolus indicus* e *Cenchrus clandestinus,* representam 29,63% da cobertura vegetal total. Neste sentido, as duas últimas espécies tiveram a maior contribuição, em especial *Cenchrus clandestinus* que isoladamente representou 25,52% da cobertura avaliada.

O Capim-kikuio (*Cenchrus clandestinum*), é uma planta de origem africana, introduzida no Brasil na década de 1920, é uma Poaceae perene de porte geralmente baixo (de 40 a 60 cm), formando densos gramados de folhas estreitas e longas, com colmos enraizados extensos, com reprodução exclusivamente por rizomas e estolões. Possivelmente foi introduzida no local com o objetivo de melhorar a qualidade da pastagem destinada à pecuária.

Na **EA2** (Fazenda Três Lagoas), *Hypochaeris glabra, Cerastium glomeratum, Scoparia dulcis, Poa annua, Vulpia bromoides, Cynodon dactylon* e *Eragrostis plana* representam 40,14% da cobertura vegetal total, sendo as duas últimas espécies aquelas com maior contribuição (37,18%), em especial *Eragrostis plana* que isoladamente representou 24,03% da cobertura avaliada.

Cynodon dactylon, conhecida pelo nome popular de grama-bermudas, é uma Poaceae perene, estolonífera e rizomatosa, de crescimento prostrado, com alta resistência ao pastejo e pisoteio. É uma das plantas invasoras mais espalhadas no mundo, com registros em cerca de 100 países. No Brasil é encontrada em campos nativos e manejados, lavouras anuais e pomares, sendo considerada uma invasora de difícil controle.

O capim-annoni (*Eragrostis plana*) é uma gramínea originária da África do Sul e introduzida no Brasil na década de 1950 (Medeiros & Focht, 2009), é considerada uma invasora agressiva. É encontrada principalmente no estado do Rio Grande do Sul, com ocorrências também nos estados de Santa Catarina e Paraná. É responsável por prejuízos econômicos importantes aos produtores rurais.

Na **EA3** (Fazenda Candiota), *Hypochaeris glabra, Cerastium glomeratum, Scoparia dulcis, Sporobolus indicus, Eragrostis plana* e *Cenchrus clandestinus* representam 31,07% da cobertura vegetal total, sendo as três últimas espécies aquelas com maior contribuição (2,7%, 7,3% e 18,18%, respectivamente).

Na **EA4** (Chácara Santa Clara), quatro espécies exóticas foram registradas. Destas, *Hypochaeris glabra* e *Eragrostis plana,* juntas, essas duas espécies representam 57,14% da cobertura vegetal total, sendo que *Eragrostis plana* teve a maior contribuição (55,92%).

Na **EA5** (Fazenda Santa Rita), *Cirsium glabrum, Stellaria media, Cerastium glomeratum, Scoparia dulcis, Cynodon dactylon, Eragrostis plana* e *Cenchrus clandestinus* contribuem com 56,06% da cobertura vegetal total, tendo *Cenchrus clandestinus* com a maior contribuição (42,42%).

O processo de descaracterização florística e fisionômica dos campos nativos por espécies exóticas, especialmente aquelas de porte herbáceo, é de difícil percepção em suas fases iniciais. Ações de educação ambiental, assistência técnica, fiscalização e controle terão uma maior efetividade se realizadas nessas fases. As principais causas de tal descaracterização são a introdução deliberada de espécies exóticas, com o objetivo de "melhorar" as pastagens nativas, e a disseminação desenfreada de espécies exóticas invasoras, como no caso do capim-annoni (*Eragrostis plana*). As consequências ambientais, sociais e econômicas são amplamente documentadas, mas o controle e a erradicação dessas espécies são apenas incipientes no Brasil.

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 um conjunto de critérios que expressem simultaneamente a riqueza e a composição florística avaliada; a cobertura de espécies exóticas (um indicador da descaracterização das formações campestres nativas, ver item anterior) e grau de antropização imposto à EA (como por exemplo: pressão de pastejo; introdução de espécies forrageiras; roçadas; fogo; mecanização do solo; exclusão de pastejo; uso de herbicidas e conversão em monocultura).

O fator considerado positivo foi a riqueza/composição florística, que recebeu uma valoração de 1 a 5, sendo 5 o grau para a melhor qualidade ambiental. Os critérios considerados negativos (cobertura de espécies exóticas e grau de antropização) 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 grau de antropização

O somatório da pontuação atribuída a cada um dos critérios para cada EA corresponde ao seu grau de qualidade ambiental, ou seja, 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 6.1.17: Valores atribuídos a cada EA segundo os seguintes critérios: riqueza de espécies; cobertura de espécies exóticas e grau de antropização.

Critério	**EA1**	**EA2**	**EA3**	**EA4**	**EA5**
Riqueza de espécies	4	2	5	3	1
Presença de espécies exóticas	5	3	4	1	2
Ações antrópicas	5	2	2	1	5
Somatório	**14**	**7**	**11**	**6**	**8**

O somatório de pontos atribuídos a cada EA permitiu classificar as EAs, com valores em um intervalo de 1 a 5 (Quadro 6.1.18), em ordem crescente segundo o grau de qualidade ambiental, ou seja, 5 corresponde à qualidade máxima e 1 à qualidade mínima.

Quadro 6.1.18: *Ranking* de qualidade ambiental, em ordem crescente, atribuída a cada EA.

Qualidade ambiental (em ordem crescente)	**Estação amostral**	**Nome**
1	EA4	Chácara Santa Clara
2	EA2	Fazenda Três Lagoas
3	EA5	Fazenda Santa Rita
4	EA3	Fazenda Candiota
5	EA1	Fazenda Serra do Veleda

Para enfatizar a primeira posição da **EA1** *no ranking* (qualidade máxima, **5**), cabe ressaltar que, em relação a todas as EAs, nessa estação amostral foram registrados os maiores índices H de diversidade e os índices J de equabilidade mais altos. No outro extremo, a **EA4** (com qualidade **1** no *ranking*) apresentou os menores índices, em comparação com as demais EAs (ver Quadro 6.1.8).

Conclusões

Os resultados obtidos até o presente momento não permitem vincular, diretamente, as atividades desenvolvidas pela UTE Presidente Médici/CGTEE às mudanças na composição (e riqueza) florística das comunidades campestres sob monitoramento.

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.

As atividades humanas são diretamente responsáveis por um amplo conjunto de alterações sobre as comunidades campestres. Entre essas ações, devem ser destacadas:

* A modalidade de pecuária desenvolvida (bovina, ovina, equina ou mista) e a sua pressão de pastejo, determinada pela carga animal imposta ao campo.
* As práticas culturais aplicadas no campo, como a execução de roçadas mecânicas (corte baixo da vegetação), queimadas eventuais e a introdução de espécies forrageiras.
* A ausência de atividade pecuária (exclusão de pastejo) e o consequente estabelecimento do processo de sucessão vegetal, com modificações florísticas e fisionômicas, passando a vegetação gradualmente da situação herbácea para a herbáceo-arbustiva, a arbustiva e até mesmo a arbórea.
* A monocultura. Tradicionalmente a orizicultura e a silvicultura de *Eucaliptus* são as mais expressivas na região. A silvicultura é um importante fator de transformação da paisagem local, a perda e a fragmentação de habitats em decorrência da atividade são fenômenos, também, amplamente conhecidos e relatados na literatura especializada. A entrada recente da monocultura da soja, com a transformação da área, anteriormente utilizada na pecuária extensiva, para a monocultura dessa leguminosa, é um processo crescente e amplamente percebido na paisagem regional. A monocultura da soja, com a utilização de herbicidas em larga escala, torna a possibilidade de retorno

à pecuária tradicional um processo demorado e oneroso, com resultados econômicos/ecológicos ainda incertos.

* A presença de espécies vegetais exóticas invasoras é um dos mais importantes fatores de descaracterização ambiental. Nesse sentido, destaca-se a presença e a propagação rápida do capim-annoni (*Eragrostis plana*, Poaceae), cujo estabelecimento tem repercussões negativas (econômicas e ecológicas), já amplamente conhecidas e relatadas, tanto nos relatórios aqui apresentados quanto na literatura especializada.

Considerações Finais

No atual contexto, não é possível vincular, diretamente, as atividades desenvolvidas pela CGTEE às mudanças na estrutura e composição florística das comunidades vegetais sob monitoramento. Contudo, isso não descarta a possibilidade de efeitos funcionais (fisiológicos, por exemplo) e estruturais (anatômicos, celulares e moleculares, por exemplo) sobre as plantas individualmente, níveis de investigação que, no entanto, não constituem o propósito do presente estudo. Por outro lado, o 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 eles relacionados diretamente ou não à geração térmica de energia elétrica.

A propagação rápida do capim-annoni (*Eragrostis plana*, Poaceae), uma espécie exótica invasora, tem repercussões econômicas e ecológicas extremamente negativas sobre o ambiente local e regional, já amplamente discutidas e relatadas. Até o presente momento, os efeitos dessa invasão constituem um grave fator de descaracterização e alteração da biodiversidade das formações campestres nativas monitoradas.

Paralelamente, 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.

Por outro lado, considerando que entre as principais atividades humanas que geram os gases causadores do chamado efeito estufa e, consequentemente, contribuem para o aquecimento global e as mudanças climáticas, estão a queima de combustíveis fósseis, como é o caso do carvão mineral, principal insumo da geração termoelétrica de energia. Do ponto de vista estratégico, ações de conservação, educação ambiental e extensão rural devem ser coordenadas em nível regional, levando em conta a perspectiva de mudanças climáticas. Neste contexto, a previsão de uma maior frequência de eventos climáticos extremos como secas ou estiagens, aumenta a probabilidade intensificação desses processos na área de estudo. O presente relatório evidencia a estreita relação entre a redução na disponibilidade hídrica e a diminuição sazonal na riqueza de espécies.

Ainda, é importante relembrar que o Bioma Pampa é expressamente protegido pela Constituição do Estado do Rio Grande do Sul de 1989, que em seu artigo 251, parágrafo 1º, inciso XVI, afirma que:

> Art. 251 – Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo, preservá-lo e restaurá-lo para as presentes e futuras gerações, cabendo a todos exigir do Poder Público a adoção de medidas neste sentido.
>
> Parágrafo 1º – Para assegurar a efetividade desse direito, o Estado desenvolverá ações permanentes de proteção, restauração e fiscalização do meio ambiente, incumbindo-lhe, primordialmente:
>
> XVI – valorizar e preservar o Pampa Gaúcho, sua cultura, patrimônio genético, diversidade de fauna e vegetação nativa, garantindo-se a denominação de origem.

Ademais, a Lei Federal 12.651/2012 que institui o Novo Código Florestal Brasileiro, estabelecendo normas gerais sobre a proteção das florestas e de outras formas de vegetação. É cristalino, portanto, que o novo Código se destina à proteção não apenas de florestas, reconhecendo textualmente que essas, assim como "as

demais formas de vegetação nativa", são reconhecidas como de utilidade às terras que revestem e, bens de interesse comum a todos os habitantes do País".

Entretanto, os atuais instrumentos políticos que apoiam e protegem a biodiversidade das formações campestres nativas ainda são fortemente constrangidos pelo chamado *viés florestal* da tradição conservacionista brasileira, onde apenas as grandes florestas são consideradas importantes. Em decorrência, verificam-se importantes lacunas quanto à proteção jurídica de campos nativos, que não recebem tratamento compatível com suas peculiaridades biológicas. A regulamentação da supressão e conversão de campos nativos para uso agropecuário é ainda incipiente.

Mais uma vez, é importante destacar que uma avaliação dos fatores que podem estar agindo sobre as alterações na qualidade ambiental regional não prescinde de uma análise/monitoramento das atividades desenvolvidas pelo conjunto de atores sociais atuantes na região. Outras atividades como: mineração de carvão, mineração de calcário, indústria cimenteira, silvicultura, monocultura da soja, vitivinicultura, olivicultura, assentamentos rurais (INCRA), saneamento urbano e gestão de resíduos sólidos podem estar gerando efeitos cumulativos e sinergéticos importantes.

Paralelamente, reafirma-se, uma vez mais, a importância de uma integração entre as políticas federais (IBAMA) e estaduais (FEPAM) de licenciamento, fiscalização e monitoramento. O licenciamento pontual e estratificado (no isolamento das diferentes esferas administrativas), em relação às diversas atividades desenvolvidas na região, desconsidera possíveis efeitos cumulativos e sinergéticos destas atividades. Neste sentido, uma participação mais direta do Ministério Público (federal e estadual) neste processo, poderia desempenhar um papel protagonista na defesa dos direitos coletivos a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida.

Por fim, a gestão territorial em nível de bacia hidrográfica ou de unidades de paisagem pode proporcionar tal integração, como por exemplo, na elaboração de

uma matriz única de monitoramento, compartilhando entre todos os agentes sociais os custos e benefícios deste monitoramento, evitando possíveis sobreposições ou redundância de estudos, reduzindo lacunas e, sobretudo, universalizando o acesso às informações sobre a qualidade ambiental regional.

Relatório Fotográfico

O presente relatório fotográfico documenta e complementa as informações apresentadas no relatório de monitoramento da vegetação.

Caracterização das Estações de Amostragem

EA1 - Fazenda Serra do Veleda

Figura 6.1.1: Vista geral da EA1 (Fazenda Serra do Veleda), maio de 2021.

Figura 6.1.2: Detalhe de uma das parcelas amostradas na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), em novembro de 2020.

Figura 6.1.3: Detalhe de uma das parcelas amostradas na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), em fevereiro de 2021.

Figura 6.1.4: Detalhe de uma das parcelas amostradas na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), em maio de 2021.

Figura 6.1.5: Detalhe de uma das parcelas amostradas na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), em agosto de 2021, mostrando o efeito de uma geada sobre a vegetação.

Figura 6.1.6: *Nierembergia riograndensis* (Solanaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), novembro de 2020.

Figura 6.1.7: *Elephantopus mollis* (Asteraceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), novembro de 2020.

Figura 6.1.8: *Elephantopus mollis* (Asteraceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.9: *Borreria dasycephala* (Rubiaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.10: *Oxalis brasiliensis* (Oxalidaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.11: *Trifolium polymorphum* (Fabaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.12: *Oxalis bipartita* (Oxalidaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.13: *Kyllinga odorata* (Cyperaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.14: *Pffafia tuberosa* (Amaranthaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.15: *Nierembergia riograndensis* (Solanaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), maio de 2021.

Figura 6.1.16: *Dorstenia brasiliensis* (Moraceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), maio de 2021.

Figura 6.1.17: *Beauverdia* sp. (Amaryllidaceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), agosto de 2021.

Figura 6.1.18: *Facelis retusa* (Asteraceae) na EA1 (Fazenda Serra do Veleda), agosto de 2021.

EA2 - Fazenda Três Lagoas

Figura 6.1.19: Vista geral da EA2 (Fazenda Três Lagoas), maio de 2021.

Figura 6.1.20: Detalhe de uma das parcelas amostradas na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.21: Detalhe de uma das parcelas amostradas na EA2 (Fazenda Três Lagoas), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.22: Detalhe de uma das parcelas amostradas na EA2 (Fazenda Três Lagoas), maio de 2021.

Figura 6.1.23: Detalhe de uma das parcelas amostradas na EA2 (Fazenda Três Lagoas), agosto de 2021.

Figura 6.1.24: *Senecio brasilensis* (Asteraceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.25: *Cynodon dactylon* (Poaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.26: *Sisyrinchium micranthum* (Iridaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.27: *Sisyrinchium micranthum* (Iridaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.28: *Lepidium aletes* (Brassicaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.29: *Lepidium aletes* (Brassicaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.30: *Herbetia lahue* (Iridaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.31: *Nierembergia* cf.*micrantha* (Solanaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

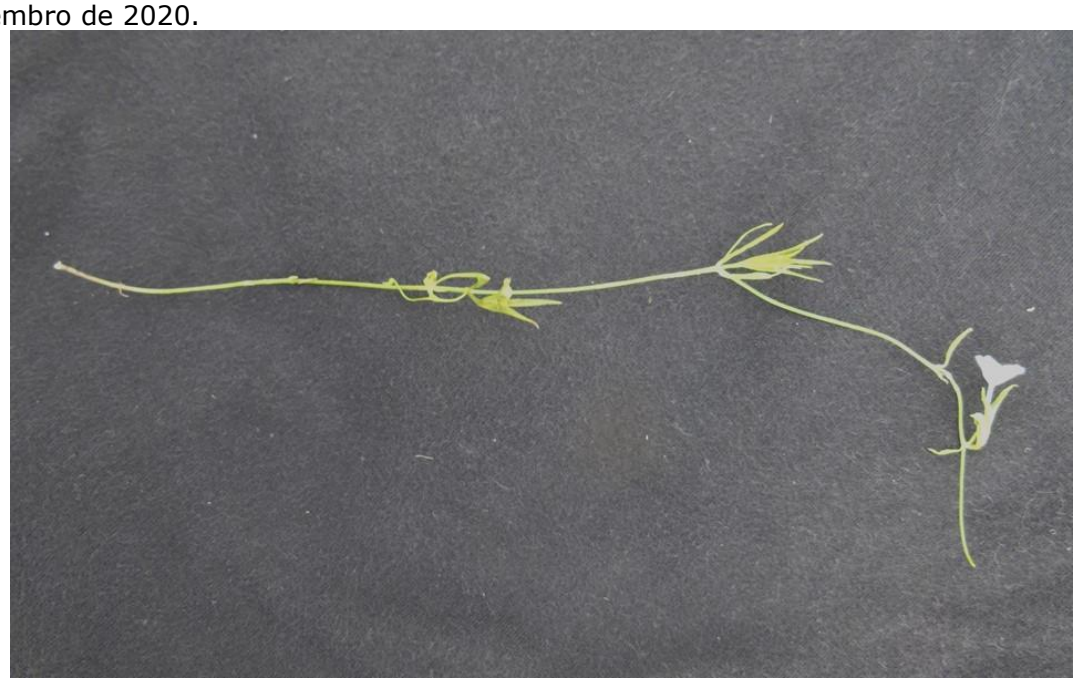


Figura 6.1.32: *Nierembergia* cf. *micrantha* (Solanaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.33: *Agalinis communis* (Orobanchaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.34: *Agalinis communis* (Orobanchaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.35: *Lysimachia minima* (Primulaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.36: *Gladularia selloi* (Verbenaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.37: *Polygala* sp. (Polygalaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.38: *Oxalis eriocarpa* (Oxalidaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.39: *Oxalis eriocarpa* (Oxalidaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.40: *Trifolium polymorphum* (Fabaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), novembro de 2020.

Figura 6.1.41: *Gamochaeta coarctata* (Asteraceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), agosto de 2021.

Figura 6.1.42: *Kyllinga odorata* (Cyperaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.43: *Desmodium incanum*(Fabaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.44: *Solidago chilensis* (Asteraceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.45: *Sida rhombifolia* (Malvaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.46: *Desmodium incanum* (Fabaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.47: *Desmodium incanum* (Fabaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.48: *Aspilia montevidenssi* (Asteraceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.49: *Baccharis trimera* (Asteraceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.50: *Gamochaeta coarctata* (Asteraceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), agosto de 2021.

Figura 6.1.51: *Cerastium humifusum* (Caryophyllaceae) na EA2 (Fazenda Três Lagoas), agosto de 2021.

Figura 6.1.52: EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de julho de 2013 mostrando a área ainda com a cobertura vegetal nativa relativamente preservada.

Figura 6.1.53: EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de novembro de 2016, mostrando uma aplicação recente de herbicida, destinada ao preparo inicial da cultura da soja no local.

Figura 6.1.54: EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de janeiro de 2017 mostrando a cultura de soja na área.

Figura 6.1.55: EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de fevereiro de 2019 mostrando a cobertura vegetal após o final da cultura da soja no local.

Figura 6.1.56: EA3 (Fazenda Três Lagoas), imagem datada de fevereiro de 2019 mostrando a cobertura vegetal após o final da cultura da soja no local.

EA3 - Fazenda Candiota

Figura 6.1.57: Vista geral da EA3 (Fazenda Candiota), com destaque para a vegetação nativa arbustiva-subarbustiva nas proximidades do local das parcelas de amostragem, maio de 2021.

Figura 6.1.58: Detalhe de uma das parcelas de amostragem, em novembro de 2020, na EA3 (Fazenda Candiota).

Figura 6.1.59: Detalhe de uma das parcelas de amostragem, fevereiro de 2021, na EA3 (Fazenda Candiota).

Figura 6.1.60: Detalhe de uma das parcelas de amostragem, maio de 2021, na EA3 (Fazenda Candiota).

Figura 6.1.61: Detalhe de uma das parcelas de amostragem, em agosto de 2021, na EA3 (Fazenda Candiota).

Figura 6.1.62: *Sida rhombifolia* (Malvaceae) na EA3 (Fazenda Candiota), novembro de 2020.

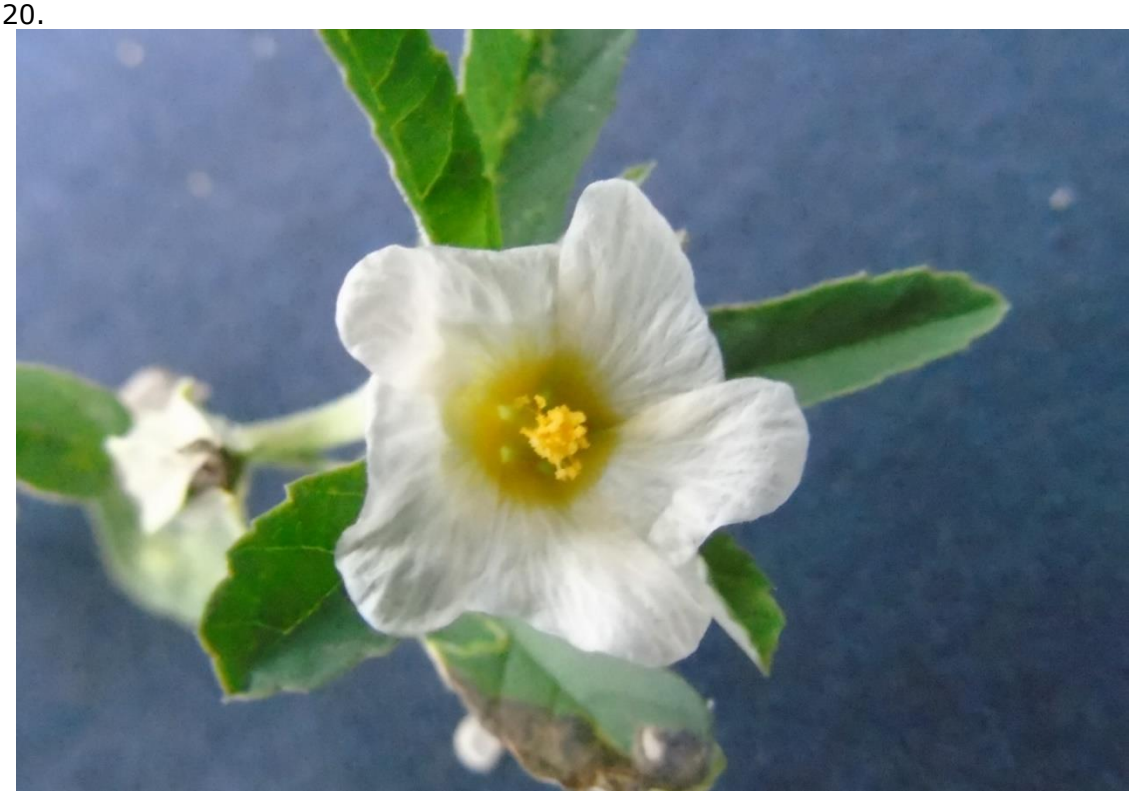


Figura 6.1.63: *Desmodium incanun* (Fabaceae) na EA3 (Fazenda Candiota), novembro de 2020.

Figura 6.1.64: Inflorescência de *Aspillia montevidensis* (Asteraceae) na EA3 (Fazenda Candiota), novembro de 2020.

Figura 6.1.65: Inflorescências de *Baccharis trimera* (Asteraceae) na EA3 (Fazenda Candiota), novembro de 2020.

Figura 6.1.66: Vista da parte vegetativa de *Baccharis articulata* (Asteraceae) na EA3 (Fazenda Candiota), maio de 2020.

Figura 6.1.67: *Chaptalia exscapa* (Asteraceae) na EA3 (Fazenda Candiota), agosto de 2021.

Figura 6.1.68: Inflorescência de *Chaptalia exscapa* (Asteraceae) na EA3 (Fazenda Candiota), agosto de 2021.

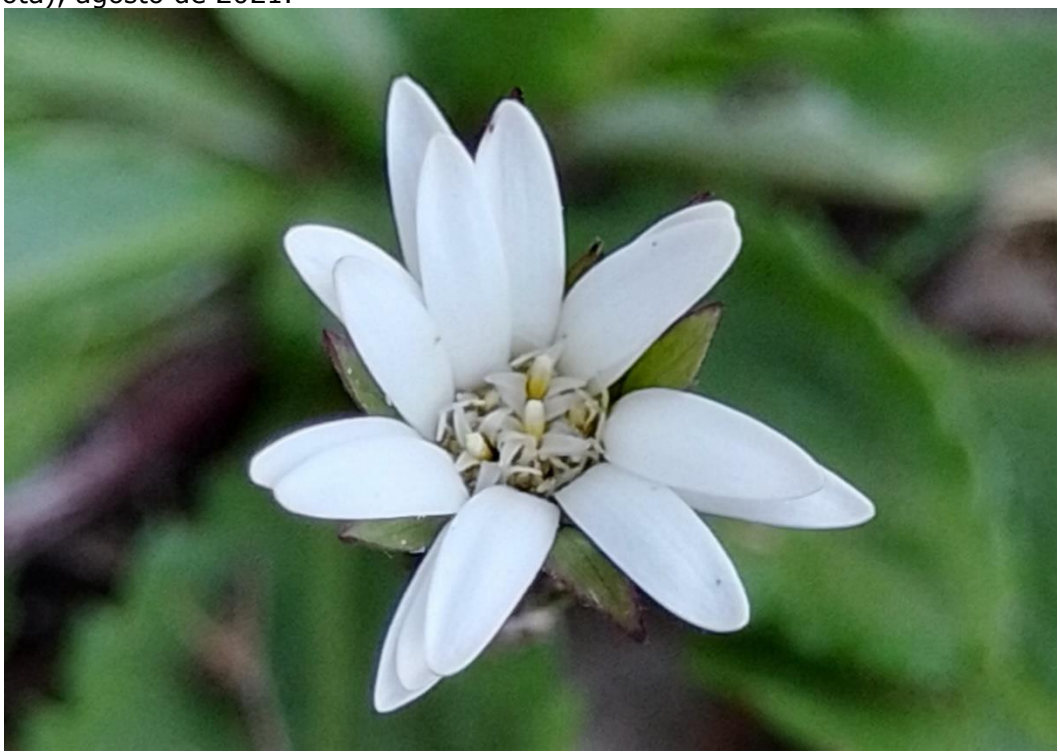


Figura 6.1.69: *Hypochaeris* sp. (Asteraceae) na EA3 (Fazenda Candiota), agosto de 2021.

Figura 6.1.70: *Ophioglossum crotalophoroides* (Ophioglossaceae) na EA3 (Fazenda Candiota), agosto de 2021.

EA4 - Chácara Santa Clara

Figura 6.1.71: Vista geral da EA4 (Chácara Santa Clara), em maio de 2021.

Figura 6.1.72: Detalhe de uma das parcelas de amostragem na EA4 (Chácara Santa Clara), destacando-se a elevada cobertura do capim-annoni (*Eragrostis plana,* Poaceae), novembro de 2020.

Figura 6.1.73: Detalhe de uma das parcelas de amostragem na EA4 (Chácara Santa Clara), fevereiro de 2021.

Figura 6.1.74: Detalhe de uma das parcelas de amostragem na EA4 (Chácara Santa Clara), maio de 2021.

Figura 6.1.75: Detalhe de uma das parcelas de amostragem na EA4 (Chácara Santa Clara), agosto de 2021.

Figura 6.1.76: *Gamochaeta americana* (Asteraceae), na EA4 (Chácara Santa Clara), novembro de 2020.

Figura 6.1.77: *Gamochaeta filaginea* (Asteraceae), na EA4 (Chácara Santa Clara), novembro de 2020.

Figura 6.1.78: Vista geral de *Mecardonia procumbens* (Plantaginaceae), na EA4 (Chácara Santa Clara), novembro de 2020.

Figura 6.1.79: *Mecardonia procumbens* (Plantaginaceae), na EA4 (Chácara Santa Clara), novembro de 2020.

Figura 6.1.80: *Eryngium nudicaule* (Apiaceae), na EA4 (Chácara Santa Clara), novembro de 2020.

Figura 6.1.81: *Eryngium nudicaule* (Apiaceae), na EA4 (Chácara Santa Clara), novembro de 2020.

Figura 6.1.82: *Nierembergia riograndensis* (Solanaceae), na EA4 (Chácara Santa Clara), fevereiro de 2021.

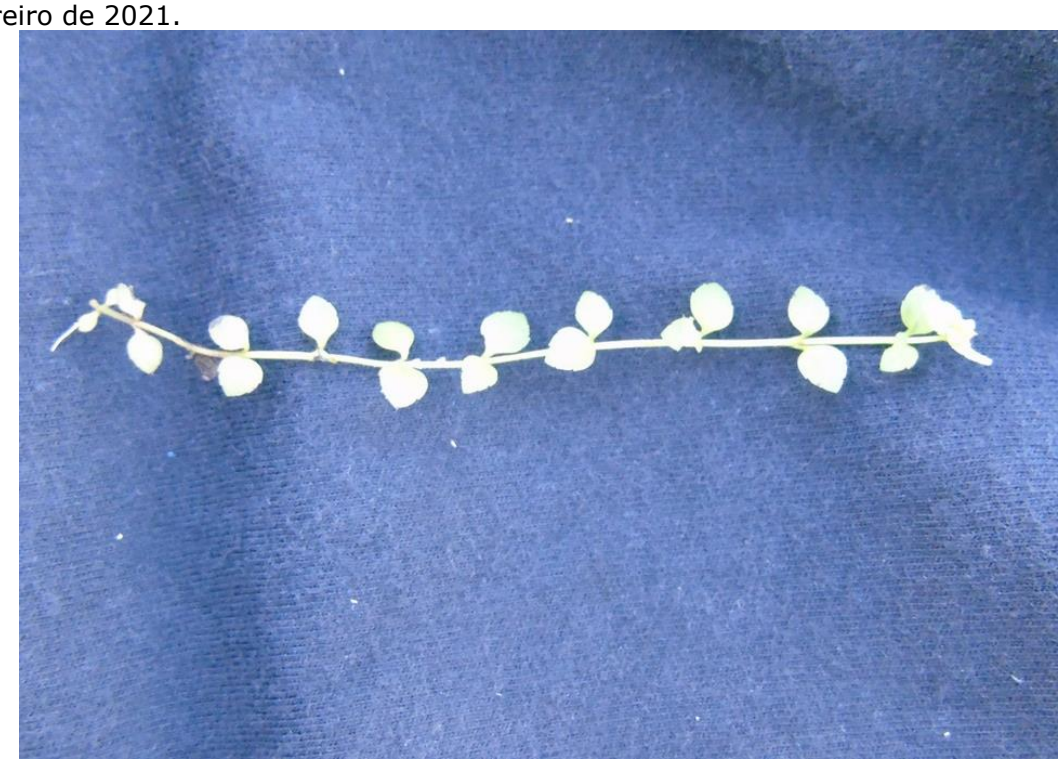


Figura 6.1.83: *Chaptalia exscapa* (Asteraceae) na EA4 (Chácara Santa Clara), maio de 2021.

Figura 6.1.84: Parte vegetativa de *Glandularia selloi* (Verbenaceae) na EA4 (Chácara Santa Clara), maio de 2021.

Figura 6.1.85: Vista geral da infestação por capim-annoni (*Eragostris plana*, Poaceae) na EA4 (Chácara Santa Clara), agosto de 2021.

EA5 - Fazenda Santa Rita

Figura 6.1.86: Vista geral da EA5 (Fazenda Santa Rita), maio de 2021.

Figura 6.1.87: Detalhe de uma das parcelas de amostragem na EA5 (Fazenda Santa Rita), novembro de 2020.

Figura 6.1.88: Detalhe de uma das parcelas de amostragem na EA5 (Fazenda Santa Rita), fevereiro de 2020.

Figura 6.1.89: Detalhe de uma das parcelas de amostragem na EA5 (Fazenda Santa Rita), maio de 2021.

Figura 6.1.90: Detalhe de uma das parcelas de amostragem na EA5 (Fazenda Santa Rita), agosto de 2021.

Figura 6.1.91: *Sisyrinchium palmifolium* (Iridaceae) na EA 5 (Fazenda Santa Rita),

Figura 6.1.92: *Sisyrinchium palmifolium* (Iridaceae) na EA 5 (Fazenda Santa Rita), novembro de 2020.

Figura 6.1.93: *Froelichia tomentosa* (Amaranthaceae) na EA 5 (Fazenda Santa Rita), novembro de 2020.

Figura 6.1.94: *Baccharis coridifolia* (Asteraceae) na EA 5 (Fazenda Santa Rita), fevereiro de 2020.

Figura 6.1.95: *Baccharis trimera* (Asteraceae) na EA 5 (Fazenda Santa Rita), fevereiro de 2020.

Figura 6.1.96: *Scutellaria racemosa* (Lamiaceae) na EA 5 (Fazenda Santa Rita), maio de 2021.

Figura 6.1.97: *Stellaria media* (Caryophyllaceae) na EA 5 (Fazenda Santa Rita), agosto de 2021.

Figura 6.1.98: *Stellaria media* (Caryophyllaceae) na EA 5 (Fazenda Santa Rita), agosto de 2021.

Figura 6.1.99: *Dorstenia brasiliensis* (Moraceae) na EA 5 (Fazenda Santa Rita), agosto de 2021.

Figura 6.1.100: *Noticastrum diffusun* (Asteraceae) na EA5 (Fazenda Santa Rita), agosto de 2021.

Registros fotográficos adicionais podem ser encontrados nos Relatórios Fotográficos dos relatórios anuais de 2019 e 2020 (ver item 6.1) "Monitoramento das Comunidades Vegetais Campestres", Relatório Anual de 2019 e Relatório Anual de 2020.

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 11 de julho de 2021. 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* SAD69, 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 2021.

Resultados

Os resultados do presente mapeamento são apresentados na forma tabular e de um mapa temático, o Mapa de Cobertura Vegetal.

O Quadro 6.1.19, abaixo, apresenta uma tabulação dos valores das diferentes classes de uso e ocupação do solo nos mapeamentos dos anos de 2019, 2020 e 2021.

Quadro 6.1.19: Tabulação de valores das classes de uso e ocupação do solo, referentes aos anos de 2019, 2020 e 2021. Na coluna à direita são apresentadas as variações percentuais comparativas entre classes, correspondentes aos anos de 2020 e 2021.

N	Classe/ano	2021 (hectares)	2020 (hectares)	2019 (hectares)	Variação 2020-2021 (%)
1	Agricultura de sequeiro	3418,53	4340,08	3510,43	-21,23
2	Água	519,63	531,14	356,33	-2,17
3	Banhado	16,92	16,92	16,92	0,00
4	Mosaico campo/floresta/aflor.	45,30	70,21	70,21	-35,48
5	Campo degradado	10924,02	9182,64	9217,83	+18,96
6	Campo seco	4391,36	4612,93	5370,04	-4,80
7	Campo úmido	10,22	24,10	24,10	-57,59
8	Mata nativa	1126,66	1134,92	1150,38	-0,73
9	Mineração	1814,42	1804,68	1767,74	+0,54
10	Orizicultura	3503,18	3964,14	4290,97	-11,63
11	Silvicultura	2922,82	3020,68	2758,93	-3,24
12	Urbano	385,11	364,36	356,64	+5,69
13	Uso agrícola misto	2177,15	2188,52	2184,80	-0,52
14	**Total**	31.255,32	31.255,32	31.255,32	

A classes que apresentou o maior aumento percentual foi "campo degradado". As maiores reduções corresponderam à classes: "campo úmido"; "mosaico campo/floresta/afloramento" e "agricultura de sequeiro".

A classe "urbano" apresentou um crescimento relevante, com valor de 5,69%.

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.

MAPA DE COBERTURA VEGETAL

Referências Bibliográficas

ALTESOR, A., OESTERHELD, M., LEONI, E., LEZANA, F. Effect of grazing on community structure and productivity of Uruguayan grassland. **Plant Ecology** (2005) 179: 83 - 91.

BOLDRINI, I. I. Campos do Rio Grande do Sul**:** Caracterização Fisionômica e Problemática Ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências**, Porto Alegre, n. 56, p. 1-39, 1997.

BOLDRINI, I.I. A Flora dos Campos do Rio Grande do Sul. In**: Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade.** Pillar, V.P., Müller, S.C., Castilhos, Z.M.S. & Jacques, A.V.A. (eds.) Brasília: MMA. pp. 63–77. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Instituto Nacional de Meteorologia**, -** 8**°** Distrito de Meteorologia, **Dados meteorológicos de Bagé/RS.** Porto Alegre no Rio Grande do Sul. 2020.

BRASIL. Brazilian Flora 2020 project - Projeto Flora do Brasil 2020. v3. **Instituto de Pesquisas Jardim Botanico do Rio de Janeiro**. 2020.

CAMPESTRINI, S. (2014) Aspectos florísticos, parâmetros fitossociológicos e ecológicos no Campos de Palmas, SC/PR, Brasil. **Dissertação de mestrado**, Universidade Federal de Santa Catarina. 218 pp. 2014.

CAPORAL, F. J. M. E BOLDRINI, I. I. 2007. Florística e fitossociologia de um campo manejado na serra do sudeste, Rio Grande do Sul. **R. Bras. Bioc.**, v. 5, n. 2-3, 37-44.

CLARK LABS. **Cartalinx: The spatial data builder**. Worcester: Clark University. 1998.

CLARK UNIVERSITY. **IDRISI Kilimanjaro.** Worcester: Clark University. 2002.

COELHO, R. W. Substâncias Fitotóxicas Presentes no Capim Annoni-2. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 255-263, 1986.

FERREIRA, N. R.; MEDEIROS, R. B.; SOARES, G. L. G. Avaliação Alelopática do Capim-Annoni-2 sobre a Germinação de Sementes de Gramíneas Perenes. In: **Reunião do Grupo Técnico em forrageiras do Cone Sul,** 21., 2006, Pelotas. Palestras e Resumos. Pelotas, 2006a. CD-ROM.

FERREIRA, N. R.; MEDEIROS, R. B.; CARLOTTO, S. B.; FREITAS, M. R.; Padrão de Banco de Sementes em Função de Atributos de Solo em Borda Viária Dominado por Capim-Annoni-2. In: **Reunião do Grupo Técnico em forrageiras do Cone Sul,** 21., 2006, Pelotas. Palestras e Resumos. Pelotas, 2006b. CD-ROM.

FILHO, P. J. S. S; MACEDO, R. B.; VIEIRA, M. S.; NEVES, P. C. P. Florística e estrutura da vegetação campestre nos Campos arbustivos de São Gabriel, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, **72**(3):**351-372**. 2017.

GIRARDI-DEIRO, A. M., GONÇALVES, J. O. N. e GONZAGA, S. S. 1992. Campos naturais ocorrentes nos diferentes tipos de solo no Município de Bagé, RS: fisionomia e composição florística. **Iheringia**, Sér. Bot. 42: 55-79.

GOULART, I.C.G.R.; MEROTTO Jr, A.; PEREZ, N.B.; KALSING, A. Controle de capim-annoni-2 (*Eragrostis plana*) com herbicidas pré-emergentes em associação com diferentes métodos de manejo do campo nativo. **Planta Daninha**, vol.27 nº.1 Viçosa Jan./Mar. 2009.

HAMMER, Ø., HARPER, D. A. T.A. T. e RYAN, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Paleontol. Electron.** 4 (1), 1-9 (doi: 101016/j.bcp. 2008.05.025).

LILLESAND, T.M; KIEFER, R.W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley & Sons, New York. 2000.

MACEDO, W. Levantamento de reconhecimento dos solos do Município de Bagé. Bagé, **EMBRAPA-UEPAE de Bagé**, 1984. 69p.

MEDEIROS, J. C. L.; PILLAR, V. P.; REIS, J. C. L. Expansão de *Eragrostis plana* Ness (capim-annoni-2), no Rio Grande do Sul e Indicativos de Controle. In: **Reunión del grupo técnico regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical, grupo campos**, 20., 2004, Salto. Memorias. Salto, 2004b. p. 208-211.

MEDEIROS, R. B.; FOCHT, T.; FREITAS, M. R.; MENEGON, L. L. Longevidade de Sementes de Capim-Annoni-2 em Solo de Campo Natural. In: **Reunião do Grupo Técnico em forrageiras do Cone Sul,** 21., 2006, Pelotas, Palestras e Resumos. 2006a. CD-ROM.

MEDEIROS, R. B.; FOCTH, T**.** Invasão, prevenção, controle e utilização do capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) no Rio Grande do Sul, Brasil. **PESQ. AGROP. GAÚCHA**, PORTO ALEGRE, v.13, n.1-2, p.105-114, 2007.

MEDEIROS, R.B. DE E FOCHT, T. 2007. Invasão do capim-anoni (*Eragrostis plana* Nees) no bioma Pampa do Rio Grande do Sul. In**: Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade.** Pillar, V.P., Müller, S.C., Castilhos, Z.M.S. & Jacques, A.V.A. (eds.) Brasília: MMA. pp. 63–77. 2009.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. ***Aims and methods of vegetation ecology***. New York: John Wiley. 547 p. 1974.

NABINGER, C.; CARVALHO P. C. F.; FISHER, V.; SANTOS, D. T.; RIBEIRO, A. M. L.; QUADROS, F. L. F.; CASTILHOS, Z. M. S.; POLI, C, H. E. C.; MONTEIRO, A. L. G.; GENRO, T. C. M.; JACQUES, A. V. A. Produção animal no bioma Campos Sulinos. **Anais de Simpósios da 43ª Reunião Anual da SBZ**, João Pessoa – PB, 2006.

PASINI, E., KATINAS, L. & RITTER, M. R. O gênero *Chaptalia* (Asteraceae, Mutisieae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Rodriguésia** 65 (1): 141 - 158. 2014.

PILLAR, V. D. 1997. Multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling. **Coenoses** 12, 145-148.

PROJETO FLORA DO BRASIL 2020. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: https://doi.org/10.15468/1mtkaw Acessado em: 2021-10-20. 2020.

QUADROS, F. L. F DE, PILLAR, V. DE P. Dinâmica vegetacional em pastagem natural submetida a tratamento de queima e pastejo**. Ciência Rural**, v. 31, n; 5, 2001.

REIS, J. C. L. Capim annoni-2: Origem, Morfologia, Características, Disseminação. In: REUNIÃO REGIONAL DE AVALIAÇÃO DE PESQUISA COM ANNONI-2, 1991, Bagé. Anais. Bagé: **EMBRAPACPPSUL**, 1993. p. 5-23. EMBRAPA-CPPSUL. Documentos, 7.

REIS, J. C. L.; COELHO, R.W. Controle do Capim Annoni-2 em Campos Naturais e Pastagens. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2000a. 21p. **EMBRAPA Clima Temperado, Circular Técnica**, 22.

RIO GRANDE DO SUL, 2014. Lista Oficial da Flora ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul. **Decreto Estadual nº 52.109 de 19 de dezembro de 2014.**

SCHNEIDER, A. A. 2007. A flora naturalizada no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: herbáceas subespontâneas. **Biociências**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, 257-268.

SETUBAL, R. B. E BOLDRINI, I. I. 2010. Floristic and characterization of grassland vegetation at a granitic hill in Southern Brazil. **R. Bras. Bioc.**, v. 8, n. 1, 85-111.

SILVA, A. R., DE ANDRADE, A. L. P., VELAZCO, S. E., GALVÃO, F. E DO CARMO, M. R. B. 2016. Florística e fitossociologia em três diferentes fitofisionomias campestres no Sul do Brasil. **Hoehnea**, 43 (3): 325-347.

SIMPSON, E. H. 1949. Measurement of Diversity. **Nature** 163, 688-688. (doi: 10.1038/163688a0).

O compartimento Flora é da responsabilidade técnica dos Biólogos Paulo Luiz de Oliveira e Rogério Both.

6.2 MONITORAMENTO DA AVIFAUNA

Introduçao

Estudos de populações de aves como indicadores de alterações ambientais têm sido amplamente utilizados. Existem muitos fatores que favorecem a utilização da avifauna para a determinação da qualidade de seus ambientes: as aves estão presentes em todos os biomas, ocupando uma grande diversidade de nichos ecológicos, apresentam comportamento relativamente conspícuo, o que permite a identificação em campo sem a necessidade de captura, além de serem bem conhecidas do ponto de vista taxonômico (Graber & Graber,1976; Vielliard *et al*., 2010).

Este relatório contém os resultados das quatro campanhas de amostragem realizadas entre novembro de 2020 e agosto de 2021, apresentando informações sobre a composição, distribuição espaço-temporal e abundância de aves registrada na área de influência da Usina Termoelétrica Presidente Médici (UTEPM), situada no município de Candiota, RS, avaliando possíveis impactos do empreendimento à avifauna.

As campanhas foram realizadas nos dias 20 a 23 de novembro de 2020, 19 a 21 de fevereiro de 2021, 14 a 17 de maio de 2021 e 30 de julho a 2 de agosto de 2021.

Metodologia

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 contagens duplas de um mesmo indivíduo (Blondel *et al*., 1981). 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 (Ralph, 1981; Ralph *et al.*, 1995; Aleixo & Vielliard, 1995). Considera-se como

contato uma ave isolada ou indivíduos registrados em pares, em grupos familiares ou em bandos, independentemente do número de indivíduos presentes. Desta forma, evita-se que espécies mais conspícuas em razão do hábito gregário tenham seu tamanho populacional superestimado em relação à quantidade de amostras obtidas (Vielliard, 2000).

Os métodos gerais dos pontos de contagem estiveram de acordo com Bibby *et al.* (1993). As contagens em cada ponto tiveram duração de 10 minutos. A abundância relativa de cada espécie foi obtida através da divisão do número de contatos pelo número total de pontos realizados em cada estação amostral. O resultado obtido é expresso como um Índice Pontual de Abundância – IPA (Vielliard, 2000; Anjos, 2001), que poderá ser comparado entre as diferentes amostragens.

O método por transectos consiste de caminhadas lentas por distintos ambientes, podendo incluir campos secos, campos úmidos, pastagens, cultivos, plantações de eucalipto, bordas de capões, matas ciliares e áreas alagadas. Cada transecto teve duração de 30 minutos e, assim como no método anterior, toda ave vista ou ouvida foi considerada como um contato. A abundância relativa de cada espécie foi obtida através da divisão do número de contatos pelo número de transectos realizados em cada estação amostral, chegando-se a um índice de abundância nos transectos (IAT).

Tanto os pontos como os transectos não tiveram delimitação de raio de contagem, sendo a abrangência dos mesmos limitada pela capacidade auditiva do amostrador. As contagens tiveram início 15 minutos após o nascer do sol e se estenderam por até quatros horas. O esforço dedicado nas duas metodologias descritas acima foi suficiente para cobrir toda a área das propriedades onde estão inseridas as estações amostrais.

Os nomes científicos e a sequência taxonômica das espécies de aves seguiram o proposto pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos – CBRO (Piacentini *et*

al., 2015). Os nomes populares das espécies de aves estão de acordo com Bencke *et al*. (2010).

Comparou-se a diversidade entre as EA através do índice de Simpson (1-D). A partir dos valores de diversidade das áreas em cada campanha de amostragem foi realizada uma Anova para verificar a existência diferença significativa na diversidade entre as áreas.

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).

Biodiversidade: Resultados e Considerações

Foram registradas 136 espécies de aves nas quatro campanhas realizadas entre novembro de 2020 e agosto de 2021 (Quadro 6.2.1). Considerando as campanhas realizadas desde 2007, quando teve início o monitoramento, o total acumulado chega a 208 espécies para a área de influência da UTE Presidente Médici (Anexo 6.2.1), o que representa 29,5 % do total de espécies de aves listadas para o Rio Grande do Sul por Franz *et al* (2018).

Das 136 espécies registradas ao longo desse último ano de amostragem, 30,9% (42 espécies) estiveram presentes em uma única EA; 21,3% (29 espécies) em duas EA; 12,5% (17 espécies) em três EA; 16,2% (22 espécies) em quatro EA; e 19,1% (26 espécies) em cinco EA (Quadro 6.2.1).

Quadro 6.2.1: Ocorrência das espécies de aves nas cinco EA no período entre novembro de 2020 e agosto de 2021.

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
Anhimidae	*Chauna torquata*		1	1	1	
Anatidae	*Dendrocygna viduata*				1	
	Amazonetta brasiliensis		1		1	
	Anas flavirostris		1		1	
	Anas versicolor				1	
Cracidae	*Penelope obscura*	1		1	1	1
Podicipedidae	*Podilymbus podiceps*		1		1	
Ciconiidae	*Ciconia maguari*				1	
Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianus*		1			
Anhingidae	*Anhinga anhinga*		1			
Ardeidae	*Ardea alba*		1		1	
	Ardea cocoi		1		1	
	Syrigma sibilatrix	1				
	Egretta thula		1			
	Butorides striatus				1	
Threskiornithidae	*Plegadis chihi*		1		1	
	Theristicus caerulescens		1	1	1	1
	Theristicus caudatus	1	1		1	1
Cathartidae	*Cathartes aura*	1	1	1	1	1
	Cathartes burrovianus		1			
	Coragyps atratus	1	1	1		1
Accipitridae	*Rostrhamus sociabilis*		1		1	
	Heterospizias meridionalis		1			
	Rupornis magnirostris		1	1	1	1
	Geranoaetus albicaudatus			1		
Aramidae	*Aramus guarauna*				1	
Rallidae	*Aramides ypecaha*	1	1		1	
	Gallinula galeata		1		1	
Charadriidae	*Vanellus chilensis*	1	1	1	1	1
Recurvirostridae	*Himantopus melanurus*				1	

Scolopacidae	*Gallinago paraguaiae*		1			
Jacanidae	*Jacana jacana*		1		1	
Columbidae	*Columbina picui*	1	1			1
	Patagioenas picazuro	1	1	1	1	1
	Patagioenas maculosa	1	1			
	Zenaida auriculata	1	1	1	1	1
	Leptotila verreauxi	1	1	1	1	1
Cuculidae	*Coccyzus melacoryphus*		1			
	Guira guira	1	1		1	1
	Tapera naevia		1		1	1
Caprimulgidae	*Hydropsalis torquata*			1	1	
Trochilidae	*Chlorostilbon lucidus*				1	
	Hylocharis chrysura			1		
Picidae	*Picumnus nebulosos*					1
	Melanerpes candidus	1	1	1	1	
	Veniliornis spilogaster	1	1	1	1	1
	Colaptes melanochloros		1	1	1	1
	Colaptes campestris	1	1	1	1	1
Cariamidae	*Cariama cristata*	1				
Falconidae	*Caracara plancus*	1	1	1		
	Milvago chimango				1	
	Falco sparverius	1	1		1	
Psittacidae	*Pyrrhura frontalis*	1	1	1	1	1
	Myiopsitta monachus	1	1	1	1	1
Thamnophilidae	*Thamnophilus ruficapillus*	1		1	1	1
	Thamnophilus caerulescens	1	1		1	1
	Mackenziaena leachii			1		1
Dendrocolaptidae	*Sittasomus griseicapillus*	1				
Furnariidae	*Furnarius rufus*	1	1	1	1	1
	Syndactyla rufosuperciliata	1	1	1	1	1
	Phacellodomus striaticollis		1	1		
	Anumbius annumbi	1	1		1	1
	Schoeniophylax phryganophilus		1			
	Synallaxis frontalis			1		
	Synallaxis spixi		1	1	1	1
	Cranioleuca obsoleta	1	1		1	

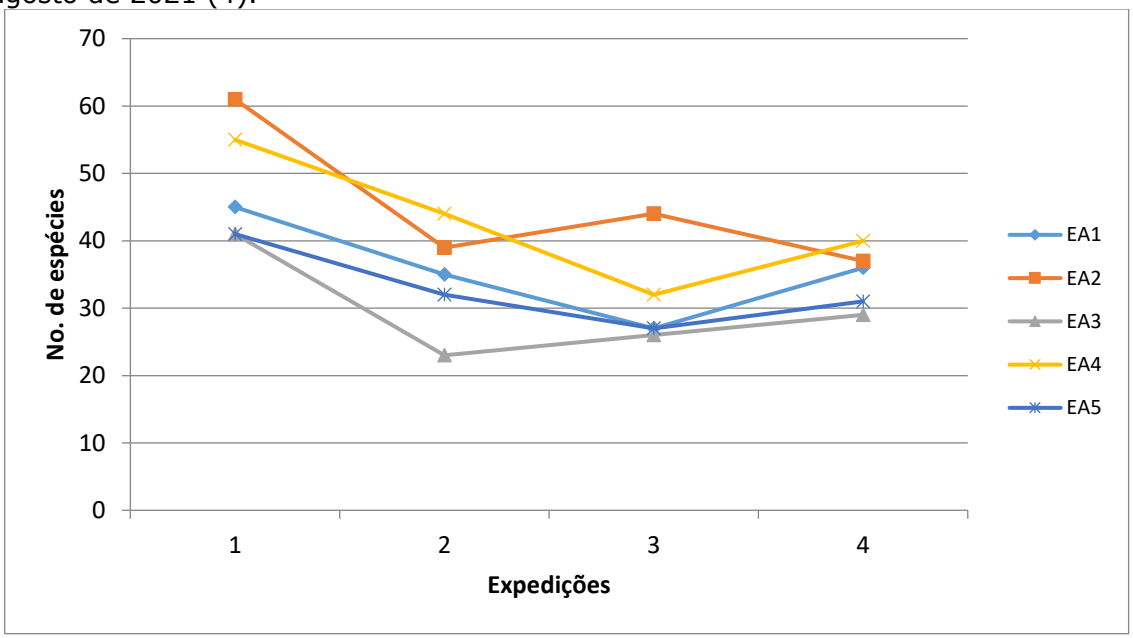
Tityridae	*Pachyramphus polychopterus*					1
Rhynchocyclidae	*Tolmomyias sulphurescens*		1			
Tyrannidae	*Hirundinea ferruginea*					1
	Camptostoma obsoletum		1	1		
	Elaenia parvirostris	1	1	1	1	1
	Elaenia mesoleuca	1				
	Elaenia obscura	1	1		1	
	Serpophaga nigricans		1			
	Serpophaga subcristata	1	1	1	1	
	Myiarchus swainsoni	1	1	1	1	1
	Pitangus sulphuratus	1	1	1	1	1
	Machetornis rixosa	1	1		1	1
	Myiodynastes maculatus	1	1	1		1
	Tyrannus melancholicus	1	1	1	1	1
	Tyrannus savana	1	1	1	1	1
	Empidonomus varius	1	1	1	1	
	Myiophobus fasciatus		1		1	
	Pyrocephalus rubinus	1	1		1	1
	Lathrotriccus euleri		1			
	Satrapa icterophrys		1			
	Xolmis cinereus	1				
	Xolmis irupero	1	1		1	
Vireonidae	*Cyclarhis gujanensis*	1	1	1	1	1
	Vireo chivi	1	1	1	1	1
Corvidae	*Cyanocorax caeruleus*	1				
Hirundinidae	*Pygochelidon cyanoleuca*		1			1
	Stelgidopteryx ruficollis			1	1	
	Progne chalybea	1				
	Progne tapera	1	1	1	1	1
	Tachycineta leucorrhoa	1			1	
Troglodytidae	*Troglodytes musculus*	1	1	1	1	1
Polioptilidae	*Polioptila dumicola*		1		1	1
Turdidae	*Turdus rufiventris*	1	1	1	1	1
	Turdus amaurochalinus	1	1	1	1	1
	Turdus albicolis	1				
Mimidae	*Mimus saturninus*	1	1		1	1

Passerilidae	*Zonotrichia capensis*	1	1	1	1	1
	Ammodramus humeralis		1		1	
Parulidae	*Setophaga pitiayumi*	1	1	1		1
	Geothlypis aequinoctialis		1		1	
	Basileuterus culicivorus		1	1	1	1
	Myiothlypis leucoblephara	1	1	1	1	1
Icteridae	*Cacicus chrysopterus*	1		1		
	Icterus pyrrhopterus			1		
	Chrysomus ruficapillus		1		1	
	Pseudoleistes virescens	1	1			
	Agelaioides badius	1	1			1
	Molothrus rufoaxillaris			1	1	1
	Molothrus bonariensis	1	1		1	1
	Sturnella superciliaris		1			
Thraupidae	*Saltator similis*	1	1	1	1	
	Saltator aurantiirostris	1	1		1	
	Tangara sayaca	1				
	Tangara preciosa	1				1
	Stephanophorus diadematus	1			1	1
	Paroaria coronata	1	1	1	1	1
	Pipraeidea bonariensis		1			
	Poospiza nigrorufa		1	1	1	
	Poospiza cabanisi		1			1
	Sicalis flaveola	1	1	1	1	1
	Sicalis luteola				1	1
	Embernagra platensis		1	1	1	
	Volatinia jacarina			1		
	Sporophila caerulescens		1			
Cardinallidae	*Piranga flava*			1		
Fringillidae	*Spinus magellanicus*		1	1		
TOTAL		**69**	**96**	**59**	**85**	**59**

Houve uma flutuação na riqueza das espécies entre as campanhas de amostragem (Figura 6.2.1). Em geral, isso se deve principalmente ao incremento no número de espécies com a chegada das aves migratórias de verão (ver *status* de permanência no RS no Anexo 6.2.1), além da conspicuidade das espécies devido

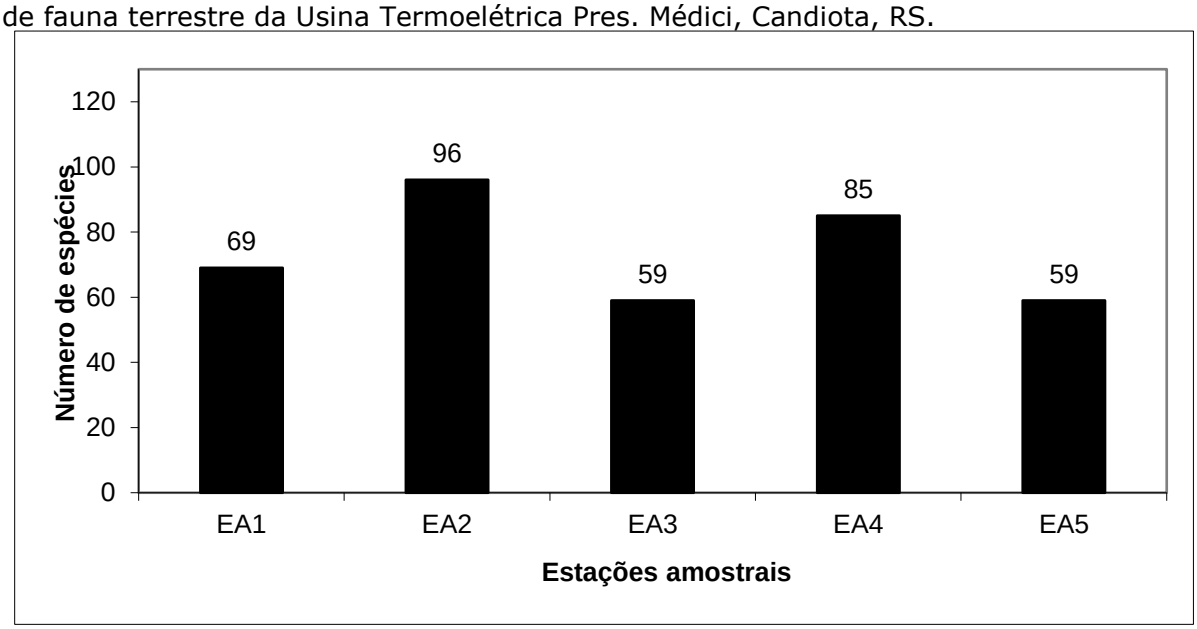
às atividades de demarcação de território e período reprodutivo nas amostragens principalmente de primavera (novembro) e verão (fevereiro), em contraste com a tendência de números mais baixos de espécies nas amostragens de inverno (agosto) e no outono (maio).

Figura 6.2.1: Número de espécies de aves registrado em cada estação amostral (EA) nas campanhas realizadas em novembro de 2020 (1), fevereiro de 2021 (2), maio de 2021 (3) e agosto de 2021 (4).



A EA2 e a EA4 apresentaram os maiores totais de espécies ao longo do ano (Figura 6.2.2). Os índices de diversidade de Simpson (1-D) para as cinco EA são apresentados no Quadro 6.2.2. Não houve diferença significativa na comparação entre os índices de diversidade das EA ao longo do ano (F= 3,408; p= 0,078).

Figura 6.2.2: Número de espécies de aves registrado nas campanhas realizadas entre novembro de 2020 e agosto de 2021 nas cinco estações amostrais (EA) do monitoramento de fauna terrestre da Usina Termoelétrica Pres. Médici, Candiota, RS.

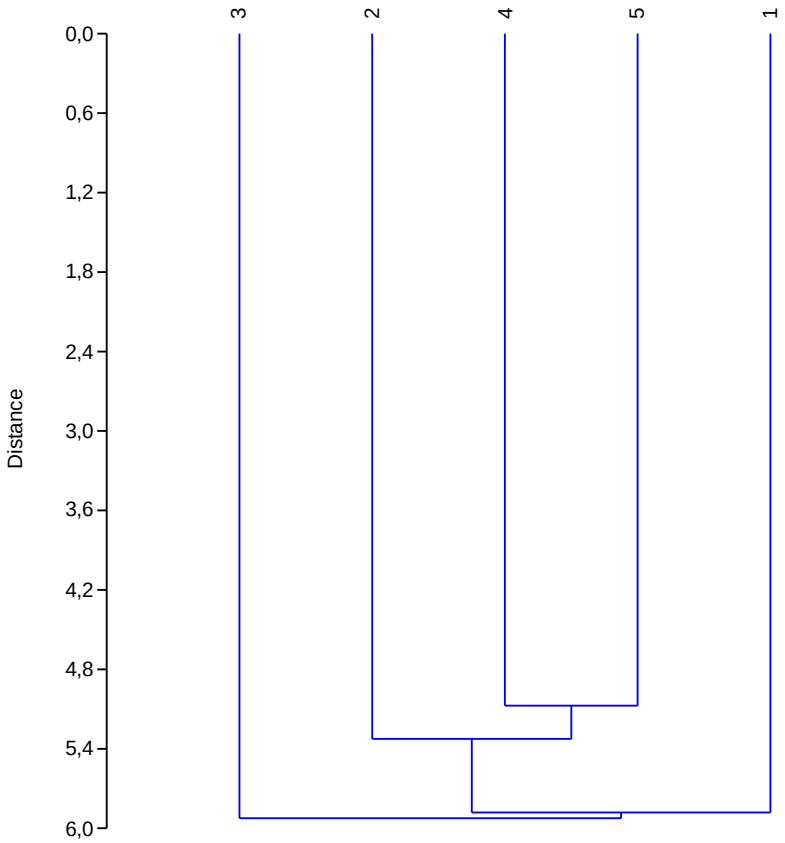


Quadro 6.2.2: Índice de diversidade de Simpson (1-D) para as cinco EA avaliadas para o componente avifauna com base nos dados obtidos entre novembro de 2020 e agosto de 2021.

Campanha	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5
Novembro 2020	0,952	0,973	0,957	0,964	0,959
Fevereiro 2021	0,952	0,962	0,942	0,959	0,949
Maio 2021	0,951	0,957	0,941	0,951	0,939
Agosto 2021	0,956	0,965	0,927	0,961	0,961

A análise de agrupamento (Figura 6.2.3) 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. As demais áreas apresentam certa similaridade, principalmente a EA4 e EA 5, com formações características da Campanha.

Figura 6.2.3: Análise de agrupamento das EA (1 a 5) em função da abundância e composição da avifauna no período de novembro de 2020 a agosto de 2021.



Considerando os índices de abundância obtidos nos pontos de contagem (IPA) e nos transectos (IAT), as espécies mais abundantes entre novembro de 2020 e agosto de 2021 foram: quero-quero (*Vanellus chilensis*), pombão (*Patagioenas picazuro*), juriti-pupu (*Leptotila verreauxi*), caturrita (*Myiopsitta monachus*), pica-pau-do-campo (*Colaptes campestris*), joão-de-barro (*Furnarius rufus*), bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), pitiguari (*Cyclarhis gujanensis*), andorinha-do-campo (*Progne tapera*), corruíra (*Troglodytes musculus*), sabiá-poca (*Turdus amaurochalinus*), tico-tico (*Zonotrichia capensis*), cardeal (*Paroaria coronata*). Essas aves ocupam uma gama de ambientes, habitando inclusive áreas urbanas, e durante o último ano de monitoramento apresentaram contagens expressivas em uma ou mais saídas.

Dezoito espécies reconhecidas como migrantes de verão (Belton, 1994; Bencke, 2001), que se encontram no Rio Grande do Sul entre o final do inverno e início do outono, foram registradas em campo – *Butorides striata*, *Coccyzus melacoryphus*, *Pachyramphus polychopterus*, *Hirundinea ferruginea*, *Elaenia parvirostris*, *Elaenia mesoleuca*, *Empidonomus varius*, *Pyrocephalus rubinus*, *Lathrotriccus euleri*, *Myiophobus fasciatus*, *Myiodynastes maculatus*, *Myiarchus swainsoni*, *Tyrannus savana*, *Tyrannus melancholicus*, *Vireo chivi*, *Progne chalybea*, *Progne tapera* e *Stelgidopteryx ruficollis*. Estas espécies são consideradas comuns ou relativamente comuns, ocupando áreas campestres, capoeiras, capões, matas ciliares, áreas úmidas, áreas rurais e até mesmo cidades, como as duas espécies de *Tyrannus*, por exemplo. O gavião-caramujeiro (*Rostrhamus sociabilis*), registrado na expedição de primavera, é considerado como residente no Rio Grande do Sul (Belton, 1994; Bencke, 2001), mas realiza movimentos migratórios em algumas regiões, incluindo Candiota, sendo registrado somente nos meses de primavera e verão.

O Ministério do Meio Ambiente considerou 234 táxons de aves como ameaçados de extinção no Brasil (Portaria 444/2014). No Rio Grande do Sul, 91 espécies de aves encontram-se ameaçadas de extinção (Decreto Estadual 51.797/2014). 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, duas espécies categorizadas como quase-ameaçadas de extinção no Estado foram registradas: arapaçu-do-espinilho (*Drymornis bridgesii*) e o junqueiro-de-bico-reto (*Limnoctites rectirostris*) – 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.

A metodologia aplicada no monitoramento pode contribuir na avaliação da interferência das transformações da paisagem sobre a avifauna. A principal transformação da paisagem resultante das atividades do empreendimento é decorrente da remoção da vegetação existente, abertura de grandes cavas e deposição de solo em áreas alternativas. Complementarmente, perturbações secundárias podem causar prejuízo à avifauna, como o ruído provocado por detonações, aumento do fluxo de veículos pesados e impactos aos recursos hídricos. Estes impactos além de afetar diretamente as áreas de extração, alcançam também extensões variáveis das áreas adjacentes, incluindo as EA desse estudo.

Até o momento, não é possível dimensionar com precisão a magnitude dos impactos das atividades da UTE Pres. Médici à avifauna local. Para avaliação complementar dos efeitos da emissão dos gases provenientes da queima do carvão, recomenda-se no futuro a utilização de redes de neblina para a captura de aves residentes e análise em laboratório de material biológico.

Anexo 6.2.1: Lista cumulativa das espécies de aves ocorrentes na área de influência da UTE Pres. Médici, 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	*Rhynchotus rufescens*	perdigão	R
	Nothura maculosa	perdiz	R
Anhimidae	*Chauna torquata*	tachã	R
Anatidae	*Dendrocygna viduata*	irerê	R
	Amazonetta brasiliensis	marreca-pé-vermelho	R
	Anas flavirostris	marreca-pardinha	R
	Anas georgica	marreca-parda	R
	Anas versicolor	marreca-cricri	R
Cracidae	*Penelope obscura*	jacuaçu	R
	Ortalis guttata	araquã	R
Podicipedidae	*Rollandia rolland*	mergulhão-de-orelhas-brancas	R
	Podilymbus podiceps	mergulhão	R
Ciconiidae	*Ciconia maguari*	joão-grande	R

	Mycteria americana	cabeça-seca	M
Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianus*	biguá	R
Anhingidae	*Anhinga anhinga*	biguatinga	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	*Cathartes aura*	urubu-de-cabeça-vermelha	R
	Cathartes burrovianus	urubu-de-cabeça-amarela	R
	Coragyps atratus	urubu-de-cabeça-preta	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
	Rupornis magnirostris	gavião-carijó	R
	Geranoaetus albicaudatus	gavião-de-cauda-branca	R
Aramidae	*Aramus guarauna*	carão	R
Rallidae	*Aramides ypecaha*	saracuraçu	R
	Aramides cajaneus	saracura-três-potes	R
	Aramides saracura	saracura-do-mato	R
	Pardirallus sanguinolentus	saracura-do-banhado	R
	Gallinula galeata	galinhola	R
	Porphyriops melanops	frango-d´água-carijó	R
Charadriidae	*Vanellus chilensis*	quero-quero	R
	Charadrius collaris	batuíra-de-coleira	R
	Oreopholus ruficollis	batuíra-de-papo-ferrugíneo	S
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
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
Strigidae	*Megascops choliba*	corujinha-do-mato	R
	Bubo virginianus	jacurutu	R
	Athene cunicularia	coruja-do-campo	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
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	*Psittacara leucophthalmus*	maracanã-malhada	R
	Pyrrhura frontalis	tiriba-de-testa-vermelha	R
	Myiopsitta monachus	caturrita	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
	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
	Xolmis cinereus	primavera	R
	Xolmis irupero	noivinha	R
	Xolmis dominicanus	noivinha-de-rabo-preto	R
Vireonidae	*Cyclarhis gujanensis*	pitiguari	R
	Vireo chivi	juruviara	M
Corvidae	*Cyanocorax caeruleus*	gralha-azul	R
	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
Passerellidae	*Zonotrichia capensis*	tico-tico	R
	Ammodramus humeralis	tico-tico-do-campo	R
Parulidae	*Setophaga pitiayumi*	mariquita	R
	Geothlypis aequinoctialis	pia-cobra	R
	Basileuterus culicivorus	pula-pula	R
	Myiothlypis leucoblephara	pula-pula-assobiador	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
Thraupidae	*Coereba flaveola*	cambacica	R
	Tangara sayaca	sanhaçu-cinzento	R
	Tangara preciosa	saíra-preciosa	R
	Stephanophorus diadematus	sanhaçu-frade	R
	Paroaria coronata	cardeal	R
	Pipraeidea melanonota	saíra-viúva	R
	Pipraeidea bonariensis	sanhaçu-papa-laranja	R
	Sicalis flaveola	canário-da-terra-verdadeiro	R
	Sicalis luteola	tipio	R
	Emberizoides herbicola	canário-do-campo	R
	Embernagra platensis	sabiá-do-banhado	R
	Volatinia jacarina	tiziu	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
Cardinalidae	*Piranga flava*	sanhaçu-de-fogo	M
	Cyanoloxia glaucocaerulea	azulinho	R
	Cyanoloxia brissonii	azulão-verdadeiro	R
Fringillidae	*Spinus magellanicus*	pintassilgo	R
	Euphonia chlorotica	fim-fim	R

Referências Bibliográficas

ALEIXO, A.; VIELLIARD, J. M. E. 1995. Composição e dinâmica da comunidade de aves da Mata de Santa Genebra, Campinas, SP. Revista Brasileira de Zoologia 12, 493-511.

ANJOS, L. dos. 2001. Bird communities in five Atlantic Forest fragments in Southern Brazil. Ornitologia Neotropical 12, 11-27.

BELTON, W. 1994. Aves do Rio Grande do Sul, distribuição e biologia. São Leopoldo: Editora Unisinos.

BENCKE, G. A. 2001. Lista de referência das aves do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FZB. 104p.

BENCKE, G. A.; DIAS, R. A.; BUGONI, L.; AGNE, C. E.; FONTANA, C. S.; MAURÍCIO, G. N.; MACHADO, D. B. 2010. Revisão e atualização da lista das aves do Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia, Sér. Zoologia, Porto Alegre, 100 (4): 519-556.

BIBBY, C. J.; BURGUESS, N. D.; HILL, D. A. 1993. Bird census techniques. London: Academic Press. 257p.

BLONDEL, J.; FERRY, C.; FROCHOT, B. 1981. Point counts with unlimited distance. p. 414-420. In: Ralph, C. J., Scott, J. M. (Eds.). Estimating numbers of terrestrial birds. Studies in Avian Biology 6. Lawrence: Cooper Ornithological Society.

FRANZ, I.; AGNE, C. E.; BENCKE, G. A.; BUGONI, L.; DIAS, R. A. 2018. Four decades after Belton: a review of records and evidences on the avifauna of Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia*, Sér. Zoologia, Porto Alegre, 108: 1-38.

GRABER, J. W.; GRABER, R. R. 1976. Environmental evaluations using birds and their habitats. Illinois Natural History Survey Bulletin: 1-39 p.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. 2008. PAST 1.84: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Paleontological Electronica 4 (1).

PIACENTINI, V. de Q.; ALEIXO, A.; AGNE, C. E.; MAURICIO, G. N.; PACHECO, J. F.; BRAVO, G. A.; BRITO, G. R. R.; NAKA, L. N.; OLMOS, F.; POSSO, S.; SILVEIRA, L. F.; BETINI, G. S.; CARRANO, E.; FRANZ, I.; LEES, A. C.; LIMA, L. M.; PIOLI, D.; SCHUNCK, F.; AMARAL, F. R. do; BENCKE, G. A.; COHN-HAFT, M.; FIGUEIREDO, L. F. A.; STRAUBE, F. C.; CESARI, E. 2015. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee / Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. Revista Brasileira de Ornitologia, 23 (2): 91-298.

RALPH, C. J. 1981. Terminology used in estimating numbers of birds. p. 577-578. In: Ralph, C. J., Scott, J. M. (Eds.). Estimating numbers of terrestrial birds. Studies in Avian Biology 6. Lawrence: Cooper Ornithological Society.

RALPH, C. J.; DROEGE, S.; SAUER, J. 1995. Managing and monitoring birds using point counts: standards and applications. p. 161-168. In: Ralph, C. J., Droege, S., Sauer, J. (Eds.). Monitoring Bird Populations by Point Counts. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Albany.

VIELLIARD, J. M. 2000. Bird community as an indicator of biodiversity: results from quantitative surveys in Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 72 (3): 323-330.

VIELLIARD, J. M. E.; ALMEIDA, M. E. C.; ANJOS, L.; SILVA, W. R. 2010. Levantamento quantitativo por pontos de escuta e o Índice Pontual de Abundância (IPA). In: S. V. Matter, F. C. Straube, I. Accordi, V. Piacentini, J. F. Cândido-Jr. (orgs.). Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento. Rio de Janeiro: Technical Books. 516 p.

O compartimento ambiental avifauna tem como responsável técnico o Biólogo Dr. Jan Karel Felix Mähler Junior.

6.3 HERPETOFAUNA

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 novembro de 2020 e agosto de 2021.

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 2020), verão (campanha de fevereiro de 2021), outono (campanha de maio de 2021) e inverno (campanha de agosto de 2021). 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 & Orlóci 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).

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 and Legendre 1998). O UPGMA foi feito através do programa Statistica 7.0 (Statsoft, Inc. 2004). O PCoA foi feito através do programa SigmaPlot 10.0 (Anon, 2006) todas demais analises foram feitas com a utilização do programa MULTIV 2.4 (Pillar, 2004).

Resultados

Foram registradas 7 espécies de anfíbios e 5 de répteis para as cinco estações amostrais de trabalho. Os anfíbios encontrados estão agrupados em 3 famílias (Hylidae, Leptodactylidae e Ranidae) (Tabela 1) e répteis em 3 famílias (Amphisbaenidae, Colubridae, Emydidae e Teidade) (Tabela 2). 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 1 e 2) não demonstrando ser significativo tanto para anfíbios quanto para répteis. Esse resultado mostra o agrupamento entre as comunidades e deixa bastante claro como a EA3 (Fazenda Candiota) é grupo externo tanto para répteis quanto anfíbios. Os dois primeiros eixos da análise de correspondência explicam 91% da variação da freqüência de espécies de anfíbios descritas pelas áreas (Figura 3) e

devido ao baixo N para répteis, a análise de correspondência não apresentou resultados.

Tabela 1: Espécies de anfíbios encontrados nas estações amostrais no trabalho de monitoramento ambiental para a usina termelétrica de Candiota realizadas entre novembro de 2019 e agosto de 2021. 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	1	1		1	1
Dendropsophus minutus	perereca	1	1		1	
Scinax fuscovarius	raspa-de-cuia	1	2	2	1	
LEPTODACTYLIDAE						
Leptodactylus latinasus	rã-de-bigode			1		
Leptodactylus latrans	rã-manteiga	1	1		1	1
Physalaemus biligonigerus	rã-chorona	2	2	1	2	1
RANIDAE						
Lithobates catesbeianus	rã-touro				1	

Tabela 2: Espécies de répteis encontrados nas estações amostrais no trabalho de monitoramento ambiental para a usina termelétrica de Candiota realizadas entre novembro de 2019 e agosto de 2021. 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-de-duas-cabeças		1			
COLUBRIDAE						
Erythrolampus almadensis	jararaquinha-do-campo	1				
Phalotris leminiscatus	cabeça-preta-serrana	1				
EMYDIDAE						
Trachemys dorbigni	tigre-da-água	1			1	
TEIDAE						
Salvator merianae	teíu		1			

Figura 1: 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).

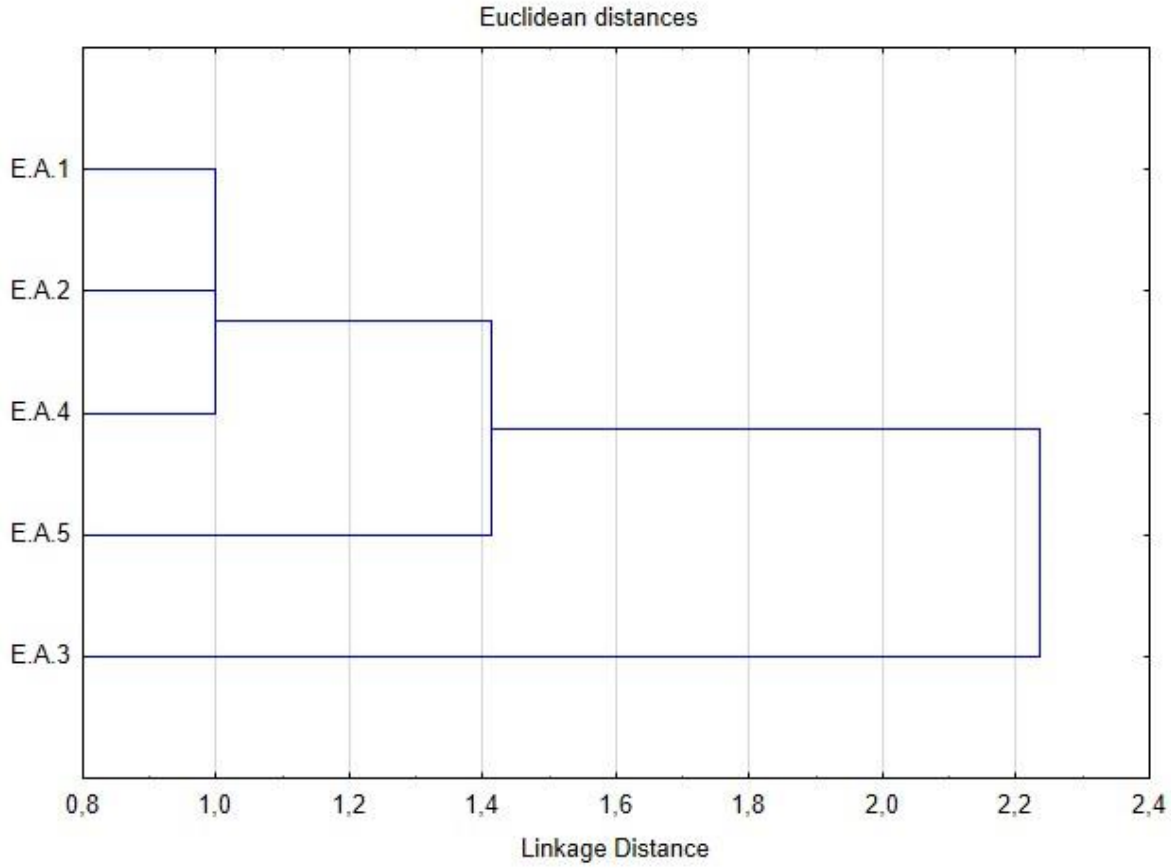


Figura 2: Dendrograma (UPGMA) das cinco Estações amostrais descritas pelas espécies de répteis. Através da autoreamostragem (Bootstrap) **(*p* = 1)**. Áreas; 1= E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); 2=E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); 3=E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); 4=E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); 5=E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste).

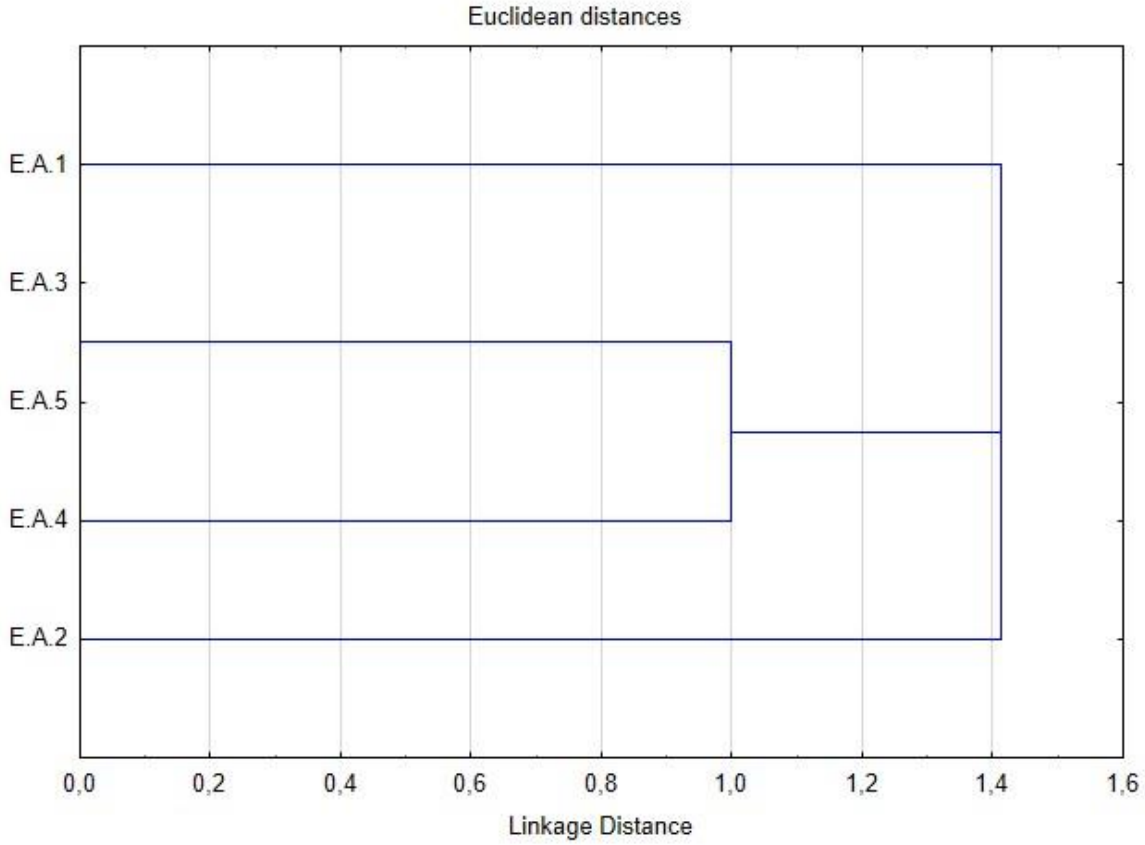
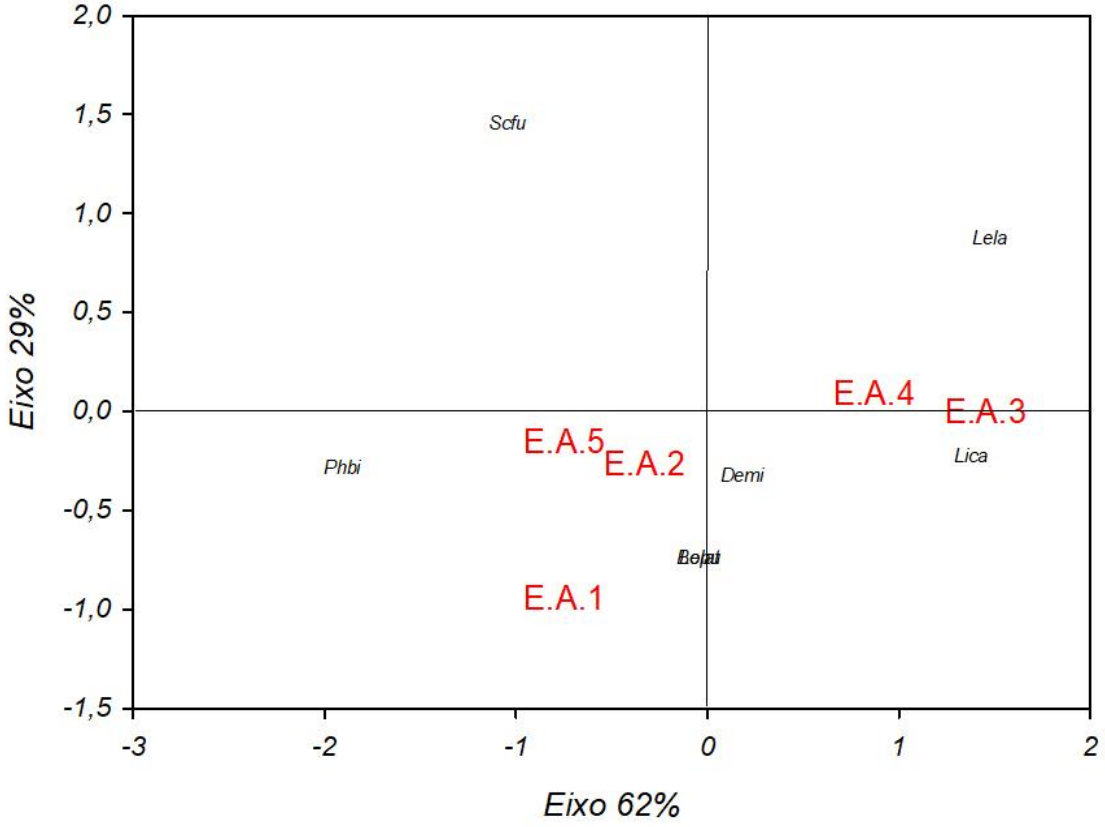


Figura 3: Análise de correspondência baseada nos dois primeiros eixos classificando as áreas baseado na riqueza e abundância de anfíbios: Areas; Estação amostral 1: E.A.1, Estação amostral 2: E.A.2, Estação amostral 3: E.A.3, Estação amostral 4: E.A.4, Estação amostral 5: E.A5. Anfíbios; ***Demi***: *Dendropsophus minutus*, ***Bopu***: *Boana pulchella*, ***Legr***: *Leptodactylus gracilis,* ***Lelat***: *Leptodactylus latrans,* ***Lica***: *Lithobates catesbeianus,* ***Phbi***: *Physalaemus biligonigerus*



Novamente nenhuma espécie ameaçada de extinção ou de interesse econômico foi registrada (Costa et al 2018, Haddad 2008; IUCN, 2029) tanto em nosso monitoramento quanto em um trabalho completo de levantamento para anfíbios realizado no município de Candiota em 2004 (Di-Bernardo et. al, 2004b). Através da Figura 4 podemos observar que o maior número de espécies de anfíbios ocorre nas estações amostrais 2 e 4 para todas as estações amostrais ocorreram. Para répteis somente foram registradas espécies na estação 2 e 4 (Figura 5).

Figura 4: 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)

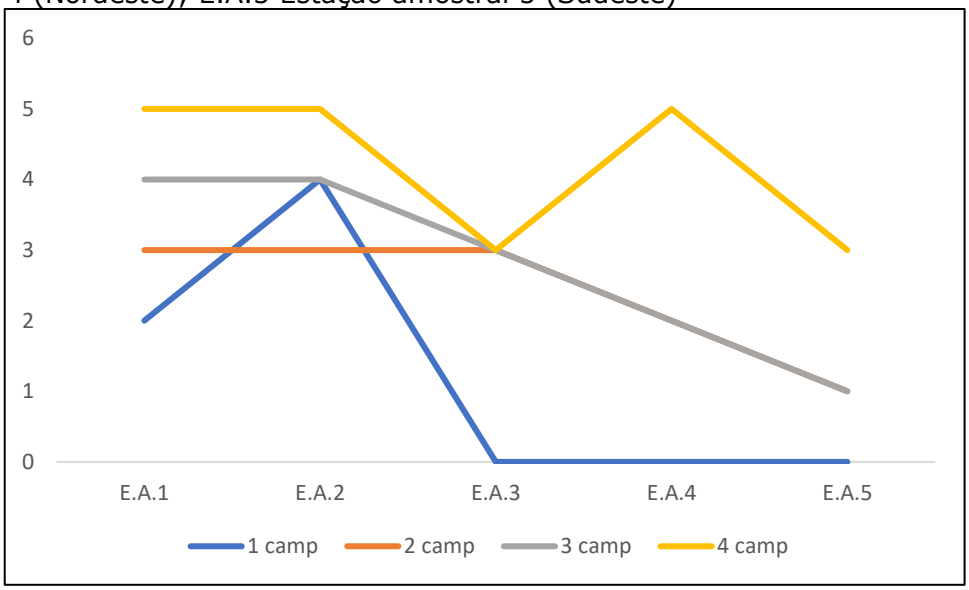
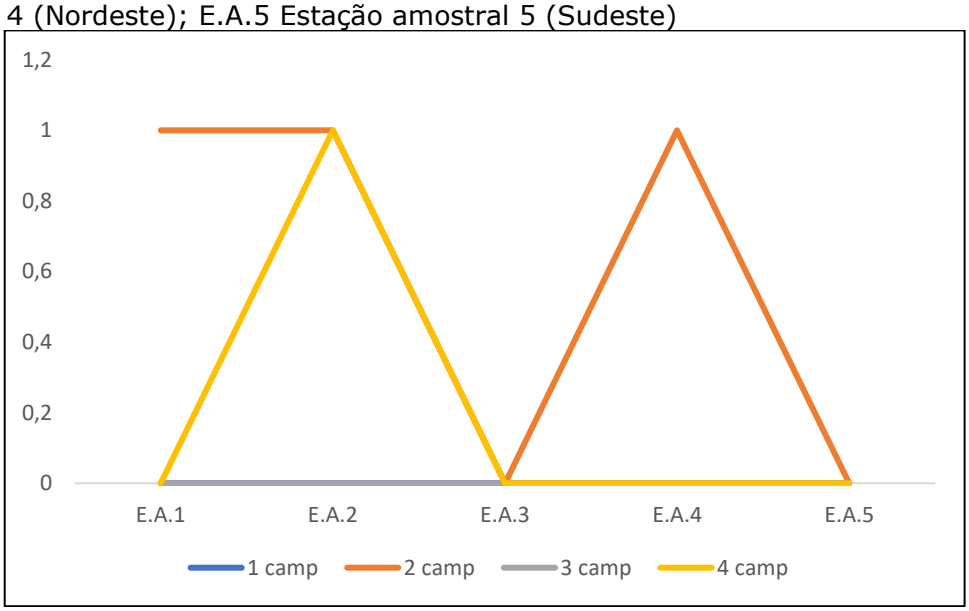


Figura 5: Número de espécies de répteis registrados em cada Estação amostral para cada campanha; E.A.1, Estação amostral 1 (Serra da Veleda); E.A.2, Estação amostral 2 (Fazenda Três Lagoas); E.A.3 Estação amostral 3 (Fazenda Candiota); E.A.4 Estação amostral 4 (Nordeste); E.A.5 Estação amostral 5 (Sudeste)



Discussão

O declínio mundial da biodiversidade é um dos maiores problemas contemporâneos que vivemos. Muitas espécies estão sendo extintas por ações antrópicas e o Brasil (que é um dos lideres da biodiversidade) não é diferente. O Rio Grande do Sul apresenta, até o presente momento, cerca cem espécies de

anfíbios (ver referências em Garcia & Vinciprova, 2003; listas em Kwet, 2001, Kwet 2005 e compilação de trabalhos em Herpetologia, 2010), (Herpetologia UFRGS. 2018) dentre estas três foram descritas recentemente no início de 2008 (Cruz & Fusinato, 2008; Rosset, 2008; Kwet, 2008).

Novas espécies foram descritas até o ano de 2019 e este fato demonstra que nossa anurofauna ainda é pouco conhecida e passível de novas descobertas para os próximos anos. Para a região de Candiota existe uma lista recente das espécies de anfíbios ocorrentes na qual registra 22 espécies (Di-Bernardo et al, 2004b) e neste monitoramento foram registradas 19 espécies (somatório de todas as campanhas em todos os 12 contratos de monitoramento), entretanto o levantamento feito por Di-Bernardo foi em todas as áreas propícias para encontro de anfíbios no município de Candiota e nosso monitoramento em 5 E.A. designadas pelo termo de referência do monitoramento.

Para répteis o número de espécies registradas até o momento para o estado é de 126, sendo um jacaré, seis cobras-de-duas-cabeças, 11 tartarugas, 21 lagartos e 86 serpentes (Lema, 1994; Di-Bernardo et al., 2004a, Herpetologia, 2019) e algumas discussões sobre ocorrências ainda estão abertas (Di-Bernardo et al., 2004a). Em nosso trabalho foram registradas apenas 20 espécies para as 5 E.A. no somatório dos 12 contratos de monitoramento, certamente mais espécies ocorrem na região e não foram amostradas devido a metodologia aplicada e características ecológicas do grupo e amostragens com répteis são mais complicadas devido aos hábitos das espécies. A amostragem feita foi de acordo com o Plano de Monitoramento, entretanto mesmo com esforço de campo superior as assembléias podem ser subamostradas, pois trabalhos com história natural de répteis após vários anos de amostragens ainda registram encontros de novas espécies. O dado mais surpreendente deste ano foi a considerável diminuição de registros de anfíbios e répteis. No ano anterior o registro já havia reduzido e agora essa redução foi ainda maior. Espécies antes abundantes, agora estão cada vez mais raras. Cabe salientar que os registros de répteis vêm diminuindo e uma leve tendência de áreas mais degradas apresentarem maior número de registros (tanto para répteis quanto para anfíbios) vem ocorrendo. Isso não significa que as áreas

estão simplesmente aumentando a riqueza por melhora ambiental. Isso ocorre porque as espécies não têm para onde se deslocar e ficam mais expostas. De fato, é uma consequência primária de degradação ambiental, assim como já registrado em anos anteriores e aumentando a cada novo monitoramento. Um claro exemplo disso é o entorno da fazenda Três Lagoas. A área no entorno desta fazenda está sofrendo um forte impacto ambiental em decorrência da extração do carvão mineral para queima. De todas as estações amostrais amostradas, esta é sem dúvida a que sofre maior impacto direto da extração do carvão. A mina de extração de larga proporção fica a menos de um quilometro desta propriedade e isso acarreta que as espécies de répteis e anfíbios sofram enorme perda de habitat e naturalmente sejam mais registradas nesta propriedade devido à fuga do local de extração que é muito próximo. A tendência é a diminuição em longo prazo dos registros até mesmo nesta área devido ao isolamento que os indivíduos sofrerão. Este mesmo texto foi utilizado em anos anteriores e, novamente, os dados atuais chamam atenção para a mesma problemática. Este evento já havia sido mencionado no relatório anterior e o problema se tornou ainda maior neste monitoramento.

Os resultados das análises demonstram que a cada novo monitoramento, os registros são mais escassos, tanto riqueza quanto abundância relativa tem diminuído muito. Algumas estações amostras (3 e 4) continuam caracterizadas como as áreas mais pobres em termos de ambientes propícios para o estabelecimento de comunidades de anfíbios. A estação 3 caracteriza como a mais pobre de todas em todos os monitoramentos. Esta situação se deve à desconfiguração do ambiente natural, tendo o menor número de corpos d'água. A E.A.3 têm grande parte da sua área plantio de *Eucalyptus* sp. e é de propriedade da CGTEE, a companhia a utiliza para este plantio para queima de madeira na usina. Os dados demonstram que o grupo externo (controle) (E.A.1) escolhido no plano de monitoramento não apresenta real diferença na riqueza e abundância das espécies de anuros quando comparado com as E.A. circundantes a Usina.

As análises comprovam assim algumas induções prévias feitas em campo quando caracterizada a fisionomia de cada E.A.. Através da metodologia aplicada,

novamente os dados não permitem afirmar que a emissão de gases através da chaminé da usina seja um possível causador de declínios populacionais para a anurofauna. Como se repetiu em todos os relatórios finais anteriores, mas certamente a descaracterização (fragmentação) de habitat devido a extração de carvão é determinante na redução da riqueza e abundância de répteis e anfíbios. A característica marcante da E.A.1. é baseada em aspectos relacionados a formações conhecidas para a Serra do Sudeste, diferentemente das características das demais E.A.. A observação única e exclusiva dos dados sem um cuidado mais direcionado aos grupos estudados pode gerar uma má inferência quanto ao aspecto de declínios ou de riscos para as espécies, entretanto algumas ações indiretas certamente são causadoras do não registro de espécies na E.A.3, tais como a descaracterização através da destruição do habitat com o plantio de *Eucalyptus* sp., tais organismos são conhecidos pela sua capacidade de drenagem do solo, acabando assim com áreas úmidas propícias para sítios reprodutivos de anfíbios e a perda de áreas de uso para répteis.

Os registros de répteis, diferente de anos anteriores, diminuíram. No monitoramento realizado no período de 2014-15 foram registradas 11 espécies de répteis, no período de 2015-16 foram registradas 7 espécies, no período de 2016-17 foram registradas 4 espécies, no período de 2017-18 foram registradas 3, no período de 2018-2019 foram registradas novamente 3 espécies e neste período foram registradas 4 espécies.

O que claramente observamos em campo, e através dos dados, é uma forte ação de múltiplos fatores influenciando a composição e abundância de espécies (já descrito em todos relatórios anteriores). As atividades de plantio e extração muito próximo (principalmente na estação amostral 2), assim como uso de gado dentre diversos usos da terra certamente alteram a composição da fauna de anfíbios.

Não é possível definir um único ou até mesmo o principal causador dos declínios observados neste monitoramento. Novamente chamo a atenção para a estação amostral 2 (Três Lagoas). A descaracterização do habitat no entorno desta unidade aumenta a cada nova campanha. Certamente esta alteração de habitat causará

enorme perda de habitat para espécies da herpetofauna, porém devido à fuga dos animais de áreas próximas, que estão sendo mineradas, o número de registro pode aumentar nesta propriedade o que pode gerar um aumento de registros que de fato é um alerta para degradação ambiental.

A região, e seus arredores, sofre inúmeras influências diretas e indiretas que causam degradação ambiental e consequente estes fatores são limitantes para a composição e abundância de espécies de répteis e anfíbios.

Esta situação certamente acarreta em uma modificação na composição das comunidades registradas nestas unidades amostrais. Pode inclusive, aumentar o número de registros nestas propriedades, pois os organismos procuram por refugio e nestas propriedades encontram estes refúgios. Portanto o aumento no número de espécies e indivíduos pode potencialmente, refletir uma considerável degradação ambiental no seu entorno. Neste contexto observamos não somente as unidades amostrais, mas sim as unidades amostrais e seu entorno e contexto ambiental. Toda a região no entorno das unidades amostrais sofre de inúmeras fontes de degradação ambiental, e estas diversas fontes devem ser monitoradas na sua origem, desde a mineração, aos efluentes emitidos por estas empresas assim como as suas emissões atmosféricas. Além do monitoramento habitual, o monitoramento na fonte dos agentes emissões deve ser observado.

Mais uma vez recomendo a reestruturação completa do termo de referência deste monitoramento, os parâmetros de avaliação da composição e abundância de répteis e anfíbios das unidades amostrais claramente não devem ser os únicos parâmetros para observar os impactos diretos e indiretos das emissões da chaminé da Usina termelétrica Presidente Medici para Herpetofauna. Parâmetros como pH de banhados de locais de ocorrência de anfíbios devem ser observados, quantidade de banhados naturais e características de paisagem são mais determinantes na ocorrência das espécies do que a direção dos ventos em relação as emissões da chaminé da usina. Em muitos locais teoricamente propícios para o encontro de anuros, não ocorreram registro e isso provavelmente se dá devido a não adequabilidade destes corpos úmidos para os anfíbios (pH inadequado ou outros

poluentes na água). Novamente recomendo levar em conta imagens landsat históricas e recentes das unidades amostrais como método de comparação quanto a desfragmentação de paisagem. Recomendações já observadas nos relatórios finas dos últimos contratos. Por fim, sugiro um plano de preservação de áreas propícias para as populações de répteis e anfíbios. Um plano de áreas de refúgios da vida silvestre sem ações de mineração, queima, plantio e pecuária.

Referências Bibliográficas

Costa, H.C., Bernelis, R.S. 2018. Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas: Lista de espécies. Herpetologia Brasileira. 5(2). 11-57.

Cruz, C.A.G. & Fusinato, L.A. 2008; Rosset, 2008. A new species of *DenDrophryniscus,* Jiménez de la espada, 1871 (AmphibiA, AnurA, bufonidAe) from the Atlantic Rain forest of Rio Grande do Sul. Brazilian Society of Herpetology. South A,ericam Journal of Herpetology. 3(1):22-26

Di-Bernardo, M.; Borges-Martins, M. & Oliveira R. B. 2004. Proposed deletion of eight species of snakes from the Brazilian State of Rio Grande do Sul herpetofauna. Comum. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS, Sér. Zool., 17(1):45-50.

Di-Bernardo, M., Oliveira, R.B., Pontes, G.M.F., Melchiors, J., Solé, M., Kwet, A. 2004. Anfíbios anuros da região de extração e processamento de carvão de Candiota, RS, Brasil. Pp. 163-175. In: Teixeira E. C. e Pires, M.J.R. (eds.), Estudos ambientais em Candiota – carvão e seus impactos. Fepam, Porto Alegre.

Garcia, P. C. A. & Vinciprova, G. 2003. Anfíbios. *In*: Fontana, C.S.; Bencke, G.A. & Reis, R. E. dos. Org. Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, EDIPUCRS. p. 147-164

Haddad, C. F. B., 2008. Uma análise da lista brasileira de anfíbios ameaçados de extinção. In: Machado ABM et al., (eds.). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Brasília, Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. v. 2, p. 286-325.

HERPETOLOGIA-UFRGS. 2019. Lista das espécies de répteis do Rio Grande do Sul. Laboratório de Herpetologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. On line. Versão 2.0, Junho de 2019. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/herpetologia>. Acesso em (setembro de 2019).

IUCN 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-2. http://www.iucnredlist.org. Downloaded on 18 July 2019.

Kwet, A. 2001. Frörsch im brasilianischen Araukarienwald – Anurengemeinschaft des Araukarienwaldes von Rio Grande do Sul: Diversität, Reproduktion und Ressourcenaufteilung. Tübingen, Natur und Tier-Verlag, 192p.

Kwet, A. 2005. Aktuelle Artenliste der der amphibien . *In*: Kwet, A. Frösche – Frogs – Anuros . Disponível em: <www.kwet.de>. Acesso em jul/2013

Kwet, A. 2008. New species of *Hypsiboas* (Anura: Hylidae) in the *pulchellus* group from southern Brazil. Rheinbach. Salamandra. 44(1):1-14

Legendre P, Legendre L. 1998. *Numerical Ecology*, 2nd edn. Elsevier, Amsterdam, 351 The Netherlands.

Lema, T. 1994. Lista comentada dos répteis ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Comum. Mus. Ciênc. PUCRS. Ser. Zool., 7:41-150.

Magno, V.S., Caramaschi, U., Cruz, C.A.G., Grant, T., Haddad, C.F.B., Garcia, P.C.A., Berneck, B.V.M., Langone, J.A. 2016. Brazilian Amphibians: List of species. Herpetologia Brasileira. 5(2). 34-46.

Pillar VD. 2004. MULTIV: Multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling: Software v. 2.3.20. Departamento de Ecologia, 383 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. (Software and manual available from http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br).

Pillar, V.D. & L. Orlóci. 1996. On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons of relevé groups. *Journal of Vegetation Science* 7: 585-592.

Rosset, S.D. 2008. New Species of Odontophrynus Reinhardt and Lu¨ tken 1862 (Anura: Neobatrachia) from Brazil and Uruguay. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Journal of Herpetology. 42(1):134-144.

StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.

O compartimento Herpetofauna é de responsabilidade técnica do Biól. Jorge Sebastião Bernardo-Silva.

7. BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO AR-FLORA

Introdução

O presente relatório apresenta a compilação de resultados das quatro campanhas de amostragem realizadas durante a vigência do contrato relativo ao período entre outubro de 2020 e outubro 2021, com o objetivo específico de caracterizar a dispersão das emissões atmosféricas da usina termoelétrica de Candiota sobre a região adjacente a esta e tendo como base a distribuição espacial dos teores de cádmio, chumbo, zinco, enxofre e fluoreto em três espécies vegetais nativas do estrato herbáceo. Esses elementos são emitidos a partir da combustão do carvão na forma gasosa ou associados às partículas de cinzas leves e dessa forma são transportados a longas distâncias até depositarem-se sobre um corpo receptor (Nakazato *et al*., 2021). Ao retornarem à superfície por deposição seca ou via úmida esses elementos podem ser absorvidos e acumulados na vegetação (*biomonitoramento passivo*) ou quaisquer organismos previamente expostos nos mesmos locais (*biomonitoramento ativo*) constituindo-se dessa forma no princípio básico no qual se fundamenta o biomonitoramento (Nakazato *et al*., 2018).

Metodologia

A área de estudo está localizada no município de Candiota, que por sua vez se localiza na porção oeste do escudo sul-rio-grandense na região sudeste do Rio Grande do Sul a uma altitude média de 250 metros acima do nível do mar em uma superfície relativamente plana com declives suaves nas direções norte e leste (Braga, Teixeira & Alves, 2004).

A região sofre a influência de massas de ar de origem tropical e polar marítima. O clima é do tipo *Cfa* (subtropical com precipitação bem distribuída ao longo do ano, segundo a classificação de Köppen); A direção predominante dos ventos varia entre o quadrante Norte-Nordeste (N-NE) ao longo de todo o ano (Braga *et al*., 2004; Wiegand et al., 2011) com uma velocidade média de 3-4 m s^{-1} (Migliavacca *et al*., 2004; Wiegand et al., 2011).

Em Candiota localiza-se o maior complexo termelétrico brasileiro que opera um conjunto de cinco turbinas que somadas resultam em uma capacidade instalada de 796 MW e cujo combustível provém do carvão mineral extraído a céu aberto na região (CGTEE - Candiota, 2020). O carvão mineral utilizado em Candiota apresenta um elevado teor de cinzas – 52,2-59,0% – Corrêa da Silva (1993). Em razão de seu tamanho diminuto, as cinzas leves, também chamadas de cinzas volantes (*fly ash*), devido a sua capacidade de se dispersarem a longas distâncias podem transportar associados a elas inúmeros elementos-traço tóxicos presentes originariamente no carvão mineral, tais como o cádmio e o chumbo.

Além da usina termoelétrica, há outras fontes de emissões atmosféricas de menor porte na região – duas fábricas de cimento (Votorantim Cimentos Brasil Ltda. e CCB Cimpor Cimentos do Brasil Ltda.) e uma mineração de calcário – cujas emissões se somam às da usina termoelétrica e contribuem para os resultados encontrados na vegetação da região. Além da atividade mineradora e industrial, a região é também fortemente impactada pela mineração/beneficiamento do carvão a céu aberto pela Companhia Rio-grandense de Mineração (CRM), pela pecuária extensiva e pela alteração do uso do solo pela silvicultura.

Biomonitoramento Passivo

O biomonitoramento passivo consistiu na coleta de amostras de plantas em uma rede de amostragem constituída por dez sítios de amostragem (Tabela 7.1). Os sítios amostrais foram distribuídos em diferentes orientações e distâncias a partir de um ponto focal localizado na usina termoelétrica de Candiota a qual se constitui na principal fonte emissora da região.

No período compreendido entre dezembro de 2020 e agosto de 2021 foram realizadas quatro visitas à região para coleta de amostras de folhas e ou parte aérea de três espécies herbáceas nativas da região e comuns à maioria dos locais de amostragem. As espécies amostradas foram: *Elephantopus mollis,* Asteraceae *Baccharis trimera,* Asteraceae e *Paspalum notatum,* Poaceae.

Tabela 7.1: Estações amostrais (EAs) da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar. Coordenadas obtidas com um GPS Nikon GP-1 acoplado a uma máquina fotográfica Nikon D90.

EAs	Denominação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
0	Usina Térmica	31º 32’ 53,17” S	53º 40’ 54,09” W	248
1	Serra do Veleda	31º 35’ 19,88” S	53º 30’ 22,88” W	413
2	Fazenda Três Lagoas	31º 35’ 42,14” S	53º 43’ 43,00” W	188
3	Candiotão	31º 31’ 16,03” S	53º 44’ 37,40” W	261
4	Chácara Santa Clara	31º 32’ 9,87” S	53º 39’ 21,32” W	280
5	Eugênio Fagundes	31º 34’ 15,44” S	53º 38’ 49,80” W	215
6*	Dário Lassance	31º 32’ 45,65” S	53º 42’ 43,75” W	238
7	Assentamento S. José	31º 36’ 8,93” S	53º 46’ 23,01” W	153
8	AFUCAN	31º 34’ 10,70” S	53º 41’ 47,50” W	243
9	Vila Operária	31º 27’ 19,38” S	53º 39’ 34,55” W	255
11	8 de agosto	31º 40’ 22,10” S	53º 49’ 14,46” W	196
12	Pedras Altas	31º 43’ 44,32” S	53º 35’ 44,90” W	391

*somente biomonitoramento ativo

Foram realizadas quatro campanhas amostrais (Tabela 7.2) nas quais foram visitadas todas as estações de amostragem para coleta de amostras de folhas ou parte aérea das espécies selecionadas para o biomonitoramento passivo. A espécie de *E. mollis* não foi encontrada na Vila Operária (EA 9), fato este que se repete em campanhas amostrais anteriores deste abril de 2017. A gramínea *P. notatum* não foi encontrada na EA 7 (Assentamento São José) na quarta e última coleta de inverno em razão daquela área ter sofrido diversas perturbações causadas por ação humana.

Tabela 7.2: Datas das coletas dos bioindicadores passivos.

Coletas	Datas
1º	8 e 9 de dezembro de 2020
2º	13 e 14 de fevereiro de 2021
3º	14 e 15 de maio de 2021
4º	31 de julho e 1 de agosto de 2021

As amostras foram coletadas em dois dias de trabalho de campo e acondicionadas em sacos de plásticos. Após a coleta em campo as amostras foram submetidas a

uma triagem para separação de folhas e caules alados (carqueja) de restos de raízes, caules, solo e acondicionadas em sacos de papel para envio ao laboratório Greenlab, responsável pela preparação das amostras e análise dos teores dos elementos-traço. A lavagem das amostras continua a mesmo dos relatórios anteriores e todas as mostras passaram pelo mesmo processo de lavagem.

Os parâmetros analisados nas amostras foram:

1. Teores de cádmio, chumbo, zinco e enxofre em todas as amostras.
2. Teor de fluoreto apenas nas amostras de *P. notatum*.

Na apresentação e discussão dos resultados utilizou-se o *Índice de poluição por metais* (IPM) proposto por Singh *et al*. (2008) o qual sintetiza em um único valor os teores dos três metais analisados e é calculado com base na seguinte fórmula:

$$\mathrm{IPM} = ([Cd] \times [Pb] \times [Zn])^{1/3}$$

Para análise estatística dos dados utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p<0,01$) pelo *software* PAST 4.06b, para os teores de cádmio e chumbo em *E. mollis,* uma vez que estes dados não exibiram distribuição normal. Os demais dados apresentaram distribuição normal e as diferenças entre as estações de amostragem foram avaliadas por análise de variância (ANOVA) seguida pelo teste de comparação de médias da diferença mínima significativa, (Fisher LSD, $p<0,05$) com o emprego do *software* SPSS 28.

Biomonitoramento Ativo

Liquens das espécies *Parmotrema tinctorum* e *Ramalina celastri* foram coletados em 5 de novembro de 2020 nas proximidades do Parque Estadual de Itapuã, município de Viamão, RS; este local foi escolhido por representar uma área preservada e distante de fontes conhecidas de poluentes atmosféricos capazes de contaminar os espécimes amostrados. Quantidades aproximadas das duas espécies foram colocadas cuidadosamente em redinhas para frutas com volume de 5 kg. As redinhas foram colocadas em ramos sob a copa de árvores a uma altura aproximada de 1,5 a 2 metros acima da superfície do solo, colocando-se

uma redinha de cada espécie de líquen em cada local da rede de amostragem constante da Tabela 7.1. Amostras das duas espécies não expostas foram desidratadas em estufa e guardadas para servir de referência das concentrações dos elementos analisados antes da exposição; estas amostras de liquens não expostas receberam a denominação de EA 0.

A exposição dos liquens teve início em 8 e 9 de dezembro de 2020 e concluída em 31 de julho e 1 de agosto de 2021 totalizando 234-235 dias de exposição. Foi possível recuperar as amostras expostas em todos os sítios de amostragem, porém para a espécie *Ramalina celastri* não houve quantidades suficientes para a análise de flúor.

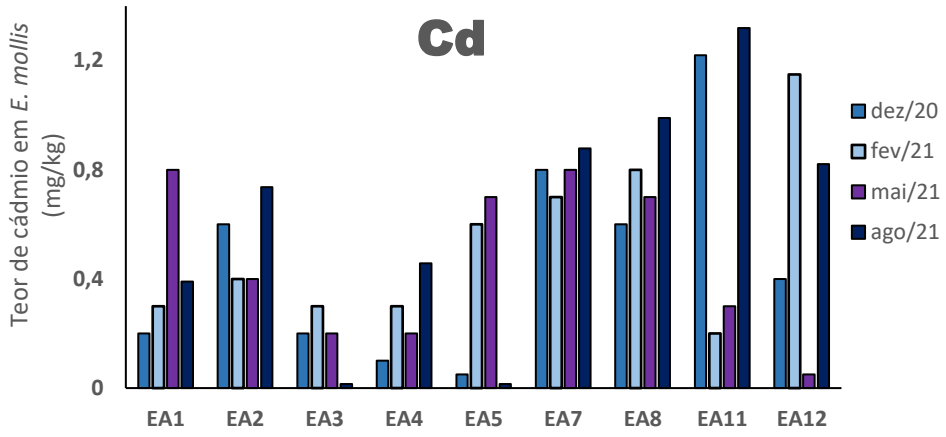
Após a coleta dos liquens, todos os indivíduos de *Parmotrema tinctorum* e *Ramalina celastri* de cada local de amostragem foram cuidadosamente removidos das redinhas com o auxílio de pinças plásticas. Dos talos do tipo folioso de *Parmotrema tinctorum* tomarem-se os cuidados necessários para remover todos os traços de material do forófito no qual estes liquens estavam aderidos a fim de não mascarar os resultados. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel pardo e enviadas para o laboratório Greenlab para análise dos teores de cádmio, chumbo, zinco, enxofre e fluoreto.

Resultados

Biomonitoramento Passivo

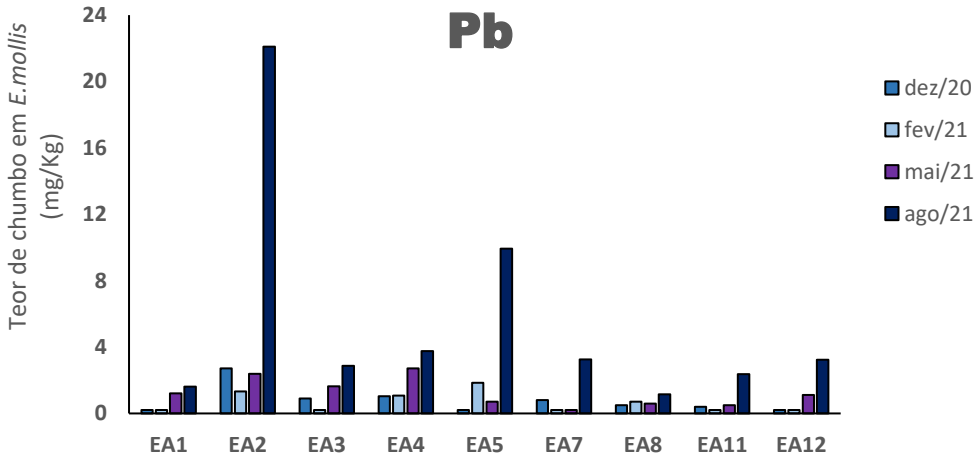
A herbácea biomonitora *E. mollis* mostrou-se a melhor acumuladora de metais, sendo a única espécie capaz de fornecer dados das estações de amostragem em relação a dispersão por Cd. Os menores valores foram observados na EA3 (Candiotão). As estações EA2 (Três Lagoas), EA4 (Chácara Santa Clara), EA7(Eugênio Fagundes) EA8 (AFUCAM) e EA11 (8 de agosto) apresentaram maiores valores na última coleta de inverno em agosto de 2021 (Figura 7.1).

Figura 7.1: Teores de cádmio (mg/kg) em folhas de *E. mollis* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021.



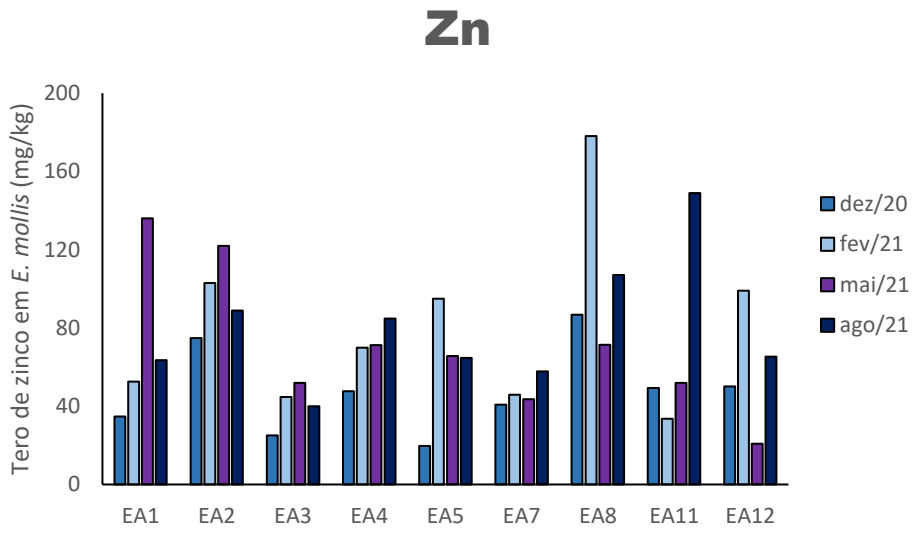
Os maiores valores de chumbo foram observados na última coleta de inverno realizada entre julho e agosto de 2021, as herbáceas da EA2 apresentaram o maior valor de acumulação para o teor de Pb observado (Figura7.2).

Figura 7.2: Teores de chumbo (mg/kg) em folhas de *E. mollis* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021.



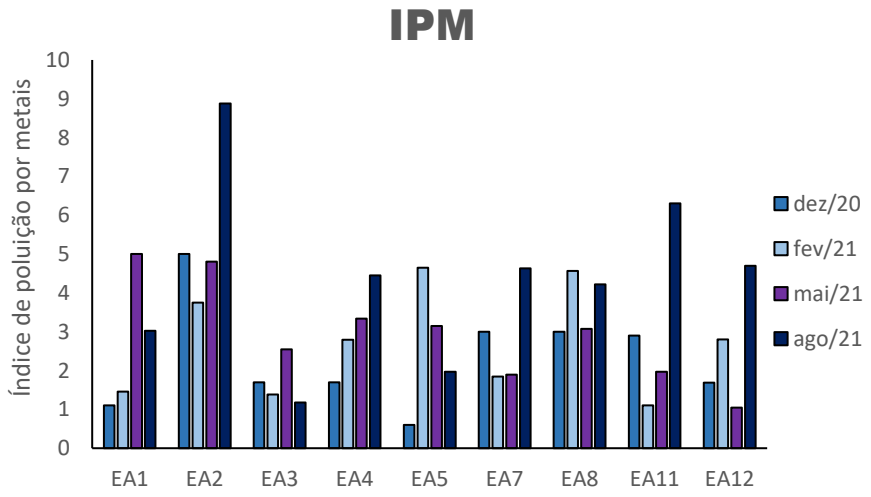
Os teores de zinco apresentaram tendência a elevação nas estações EA4 e EA11 (Figura 7.3).

Figura 7.3: Teores de zinco (mg/kg) em folhas de *E. mollis* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021.



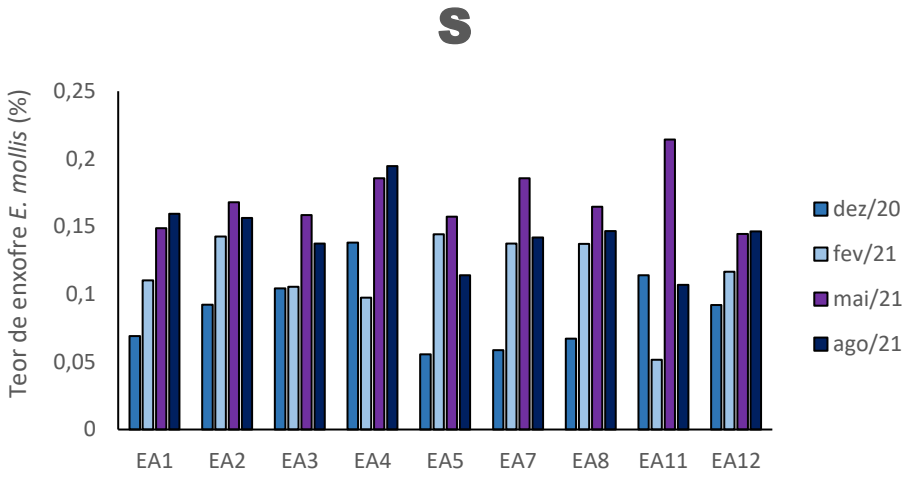
O IPM apresentou uma clara tendência de elevação na EA4. As EAs 2, 7, 11 e a EA12 (Pedras Altas) apresentaram maiores valores no inverno (Figura 7.4).

Figura 7.4: IPM, índice de poluição por metais $([Cd]x[Pb]x[Zn])^{1/3}$ calculado a partir das concentrações de metais em folhas de *E. mollis* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021.



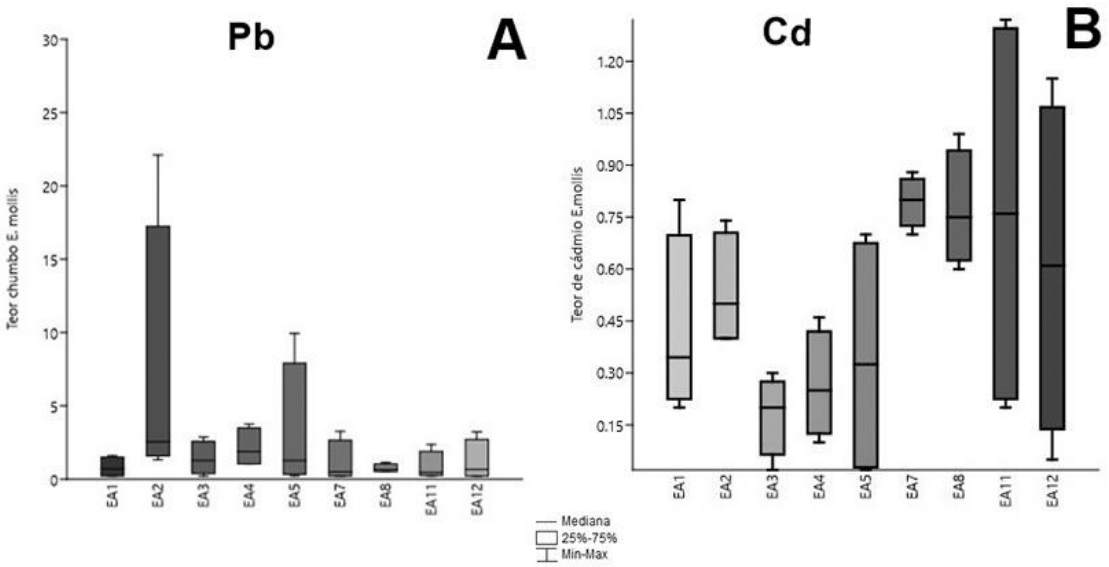
Para a maioria das estações, os menores valores de enxofre (Figura 7.5) foram observados na primavera e verão (dez/20 e fev/21) e os maiores no outono e inverno (mai/21 e ago/21).

Figura 7.5: Teores de enxofre (%) em folhas de *E. mollis* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021.



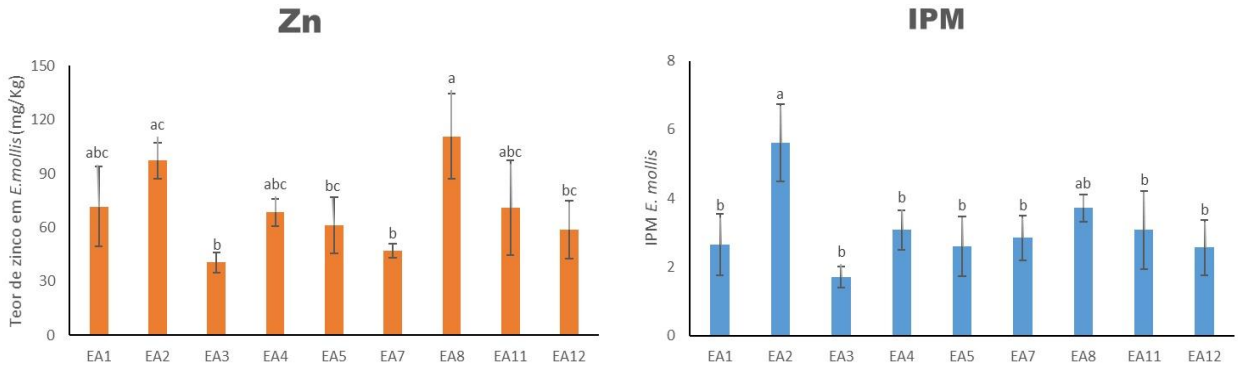
A análise não paramétrica de Kruskal-Wallis (p>0,01), não evidenciou diferenças entre as estações de amostragens para os dados de chumbo e cádmio em *E. mollis*. O valor de chumbo observado na última coleta na EA2 foi o que mais se distanciou da mediana. As EAs 11 e 12 apresentaram a maior amplitude de variação dos valores de Cd, já os menores valores foram observados na EA3 (Figura 7.6).

Figura 7.6: Gráficos box plot das medianas dos valores de: chumbo (A) e cádmio (B) nas folhas de *E. mollis* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021.



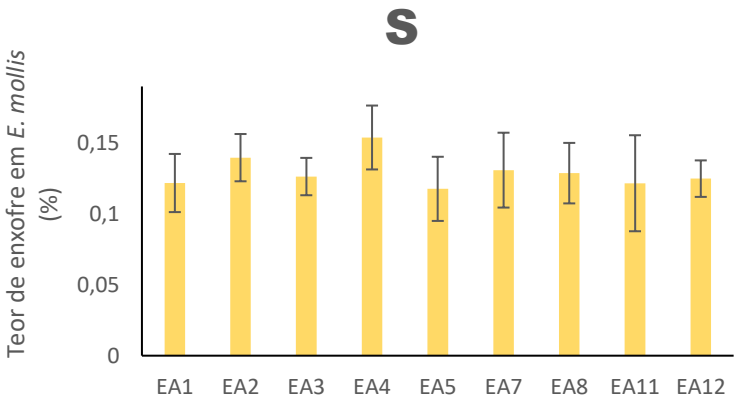
A ANOVA seguida do teste menos exigente LSD, evidenciou diferenças entre as estações de amostragem para zinco e para o índice IPM (Figura 7.7). A EA8 apresentou a maior média de zinco e se diferenciou das EAs com menores valores 3, 5, 7 e 12 ($p<0,05$). O maior IPM foi observado na EA2, com exceção da EA8, a EA2 apresentou diferença com todas as outras estações de amostragem ($p<0,05$).

Figura 7.7: Teores médios de zinco (Zn) nas folhas de *E. mollis* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021. (IPM) Valores médios do índice de poluição por metais $(Cd]x[Pb]x[Zn])^{1/3}$. Estações de amostragem com diferenças significativas em relação a outras são assinaladas por letras diferentes pelo teste de Fisher (LSD) para α=0,05.



As médias de enxofre em *E. mollis* (Figura 7.8) não apresentaram diferenças significativas entre si ($p>0,05$).

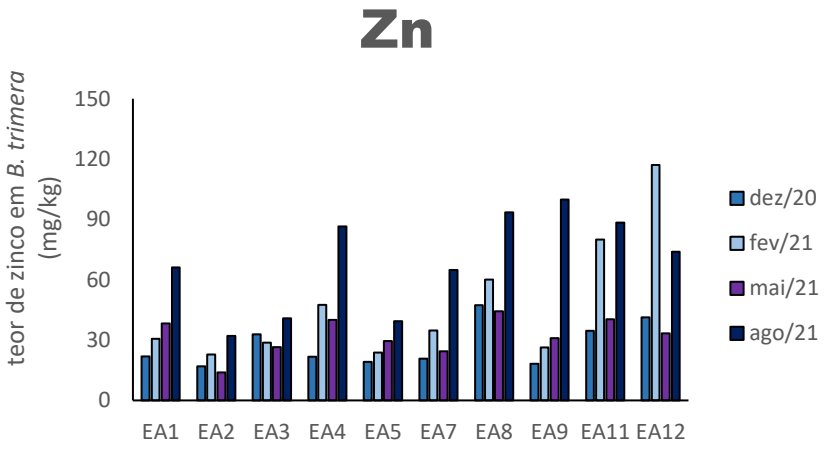
Figura 7.8: Teores médios (%) de enxofre (S) nas folhas de *E. mollis* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021. Estações de amostragem com diferenças significativas em relação a outras são assinaladas por letras diferentes pelo teste de Fisher (LSD) para α=0,05.



A herbácea biomonitora *B. trimera* apresentou teores de cádmio e chumbo abaixo do limite de quantificação na grande maioria das estações de amostragens durante

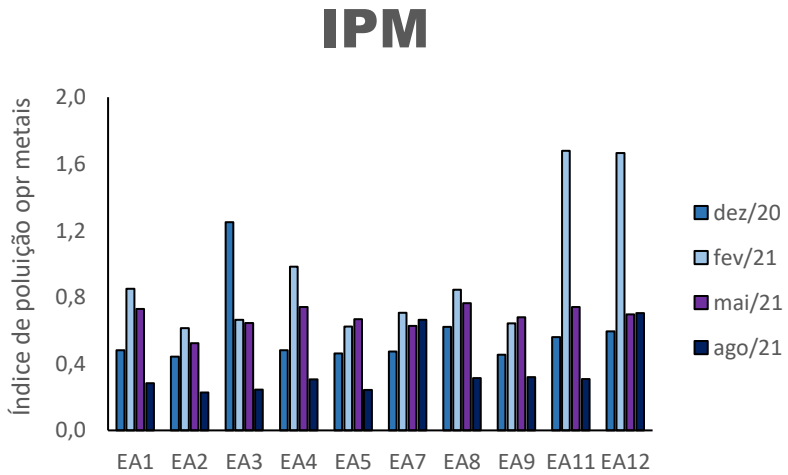
as 4 coletas. Já os teores de zinco, com exceção da estação EA12, apresentaram os maiores valores na última coleta de inverno entre julho e agosto de 2021 (Figura 7.9).

Figura 7.9: Teores de zinco (mg/kg) em folhas de *B. trimera* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021.



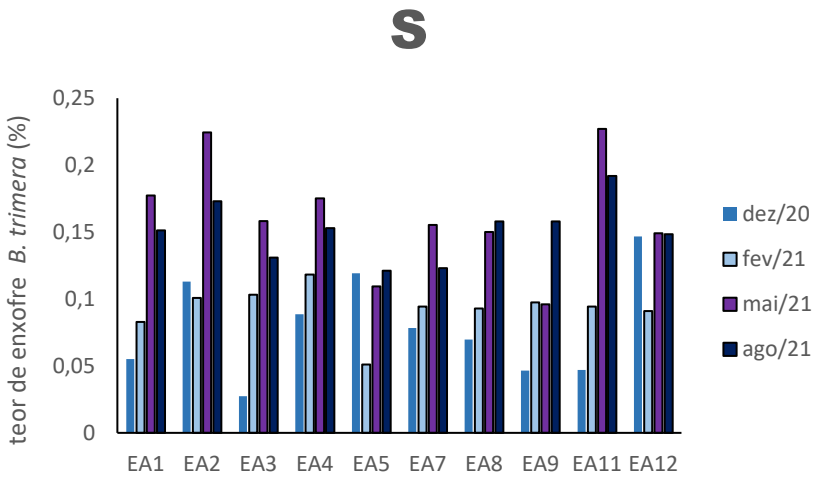
O Índice de poluição por metais apresentou para a maioria das estações de amostragens maiores valores na coleta de verão (Figura 7.10), os maiores observados foram na EA11 e EA12.

Figura 7.10: IPM, índice de poluição por metais $([Cd]x[Pb]x[Zn])^{1/3}$ calculado a partir das concentrações de metais em folhas de *B. trimera* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021.



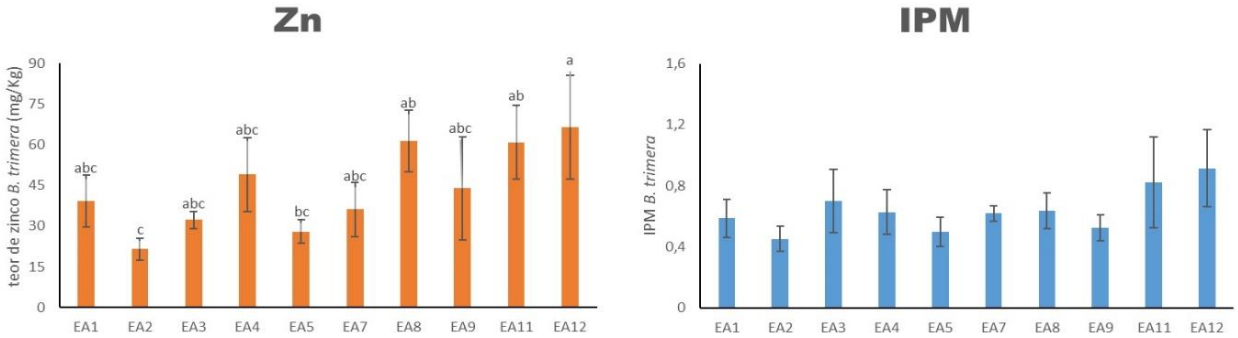
O teor de enxofre nos caules alados de *B. trimera* também apresentou tendência de elevação, particularmente evidente nas plantas das EAs 8 e 9 (Vila Operária), por outro lado os maiores valores foram observados na coleta de outono (mai/21) para a maioria das estações (Figura 7.11).

Figura 7.11: Teores de enxofre (%) em folhas de *B. trimera* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021.



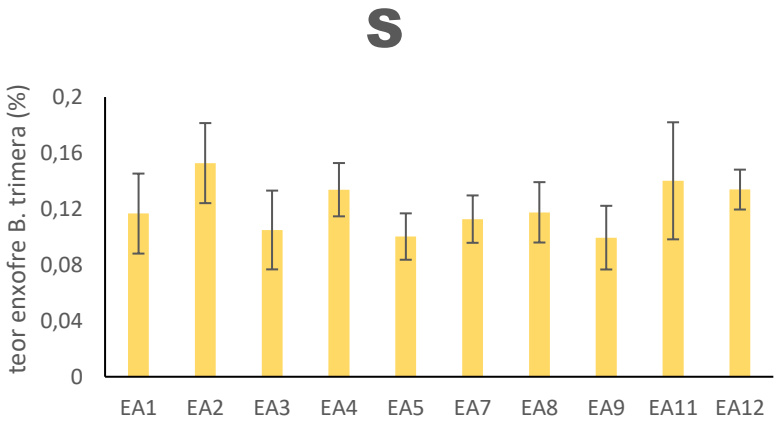
A menor média do teor de zinco em *B. trimera* foi na EA3 (Figura 7.12), esta apresentou diferença significativa com as estações com os maiores médias, as EAs 8, 11 e 12 ($p<0,05$). A EA12 com a maior valor de média observado também apresentou diferença com a EA5 ($p<0,05$).

Figura 7.12: Teores (mg/kg) médios de zinco (Zn) nas folhas de *B. trimera* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021. Estações de amostragem com diferenças significativas em relação a outras são assinaladas por letras diferentes pelo teste de Fisher (LSD) para α=0,05. (IPM) Valores médios do índice de poluição por metais $([Cd]x[Pb]x[Zn])^{1/3}$.



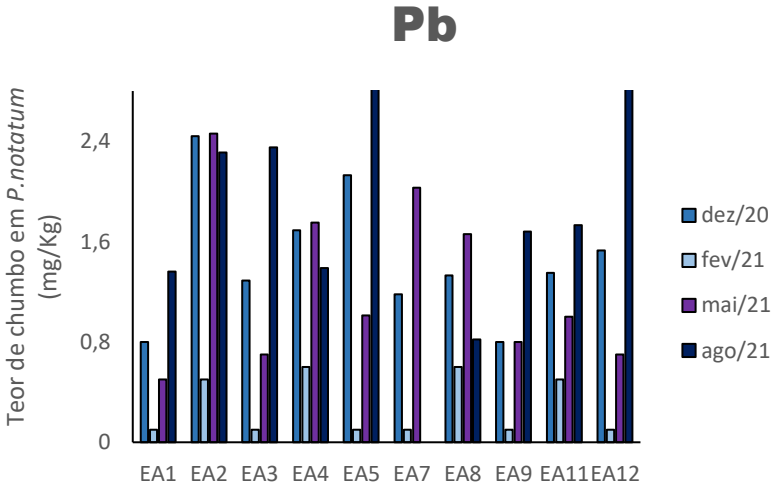
As médias de enxofre para *B. trimera* (Figura 7.13) não apresentaram diferenças significativas entre elas (p>0,05).

Figura 7.13: Teores (%) médios de enxofre (S) nas folhas de *B. trimera* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021 Estações de amostragem com diferenças significativas em relação a outras são assinaladas por letras diferentes pelo teste de Fisher (LSD) para α=0,05.



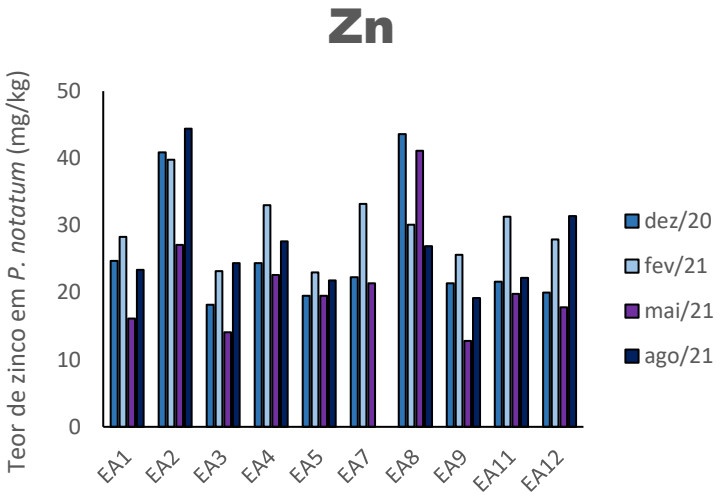
Assim como, a *B. trimera* os valores de Cd em *P. notatum* ficaram abaixo do limite de quantificação para este metal na grande maioria das estações de amostragens durante o período das 4 coletas. As EAs 1 (Serra do Veleda), 3, 5, 9, 11 e 12 apresentaram os maiores valores de chumbo na última coleta de inverno em agosto de 2021 (Figura 7.14).

Figura 7.14: Teores de chumbo (mg/kg) em folhas de *P. notatum* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021.



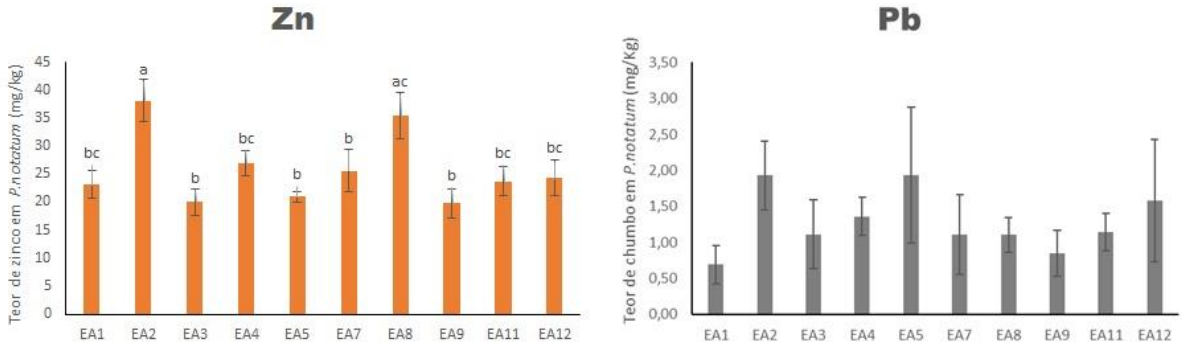
O maior valor de zinco observado nas folhas de *P. notatum* foi nas EAs 2 e 12 na última coleta de inverno. (Figura 7.15).

Figura 7.15: Teores de zinco (mg/kg) em folhas de *P. notatum* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021.



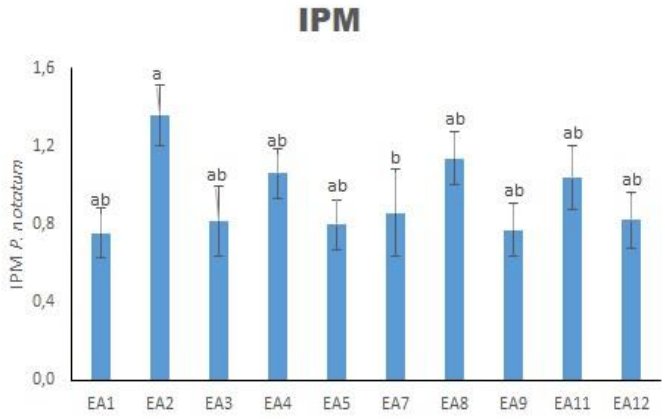
A análise de variância indicou diferenças significativas entre as médias dos teores de zinco (Figura 7.16) a maior média foi observada na EA2 e apresentou diferença com todas as demais estações de amostragem ($p<0,05$) exceto com a EA8 ($p>0,05$). Já a EA8 apresentou diferenças com as EAs 3, 5, 7 e 9 ($p<0,05$).

Figura 7.16: Teores (mg/kg) médios de zinco (Zn) e teores médios de chumbo (Pb) nas folhas de *P. notatum* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021. Estações de amostragem com diferenças significativas em relação a outras são assinaladas por letras diferentes pelo teste de Fisher (LSD) para α=0,05.



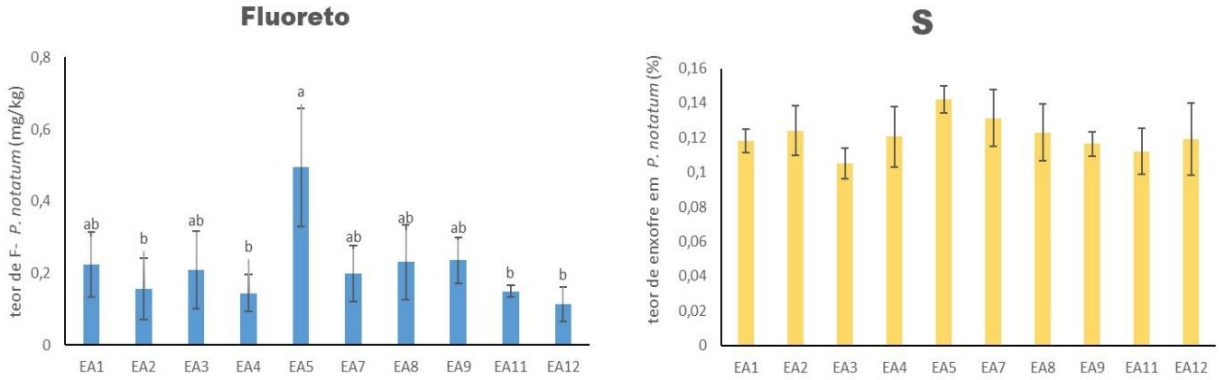
A EA2 apresentou a maior média para o IPM (Figura 7.17) e apresentou diferença significativa apenas com a EA7 ($p<0,05$).

Figura 7.17: Valores médios do IPM, índice de poluição por metais $([Cd]x[Pb]x[Zn])^{1/3}$, calculado a partir das concentrações de metais em folhas de *P. notatum* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021. Estações de amostragem com diferenças significativas em relação a outras são assinaladas por letras diferentes pelo teste de Fisher (LSD) para α=0,05.



A EA5 apresentou a maior média do valor de fluoreto entre as estações amostrais (Figura 7.18) e se diferenciou das EAs que apresentaram os menores valores: 2, 4, 11 e 12 ($p<0,05$).

Figura 7.18: Teores médios de fluoreto (mg/kg) e enxofre (S) em %, nas folhas de *P. notatum* nas imediações da usina termoelétrica de Candiota entre dezembro de 2020 e agosto de 2021. Estações de amostragem com diferenças significativas em relação a outras são assinaladas por letras diferentes pelo teste de Fisher (LSD) para α=0,05.



Na Tabela 7.3 podemos observar que os teores máximos encontrados nas quatro coletas estão dentro do limite de acordo com a literatura existente.

Tabela 7.3: Teores mínimos e máximos observados de cádmio, chumbo, zinco e enxofre em *E. mollis, B. trimera* e *P. notatum* no entorno da Usina termelétrica de Candiota, no município de Candiota/RS entre dezembro de 2020 e agosto de 2021; concentrações típicas (*background*) e tóxicas para diversas espécies de plantas. Teores de metais em mg kg^{-1} e enxofre em %.

	E. mollis **Mín – Máx**	*B.trimera* **Mín – Máx**	*P.notatum* **Mín – Máx**	***Background*** [a]	**Tóxico**[b]
Cd	<0,12–1,32	<0,12	<0,12	0,1-2,4	5–30
Pb	1,5–22,10	<0,12–0,28	<0,4–2,46	1–13	30–300
Zn	40–149	32,10–99,8	21,8-44,4	20–400	100–400
S	0,11–0,19	0,12–0,19	0,11-0,19	-	-

[a] Bowen (1979)
[b] Kabata-Pendias (2011)

Na Tabela 7.4 estão os teores dos metais no solo coletados na primeira coleta em dezembro de 2020.

Tabela 7.4: Teores (mg/kg) de cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn) no solo nas mesmas estações de amostragem do biomonitoramento passivo. Coleta realizada em setembro de 2020.

	Cd	Pb	Zn
EA 1 (Serra do Veleda)	0,1	8,6	18,1
EA 2 (Três Lagoas)	0,1	25,7	46,5
EA 3 (Candiotão)	0,1	3,4	18,1
EA4 (Chacára Santa Clara)	0,1	32	37,6
EA 5 (Fazenda Eugênio Fagundes)	0,1	2,98	25,1
EA 7 (São Jóse)	0,1	7,2	41,7
EA 8 (AFUCAM)	0,1	3,08	69,1
EA 9 (Vila Operária)	0,1	6,81	18,8
EA 11 (8 de Agosto)	0,1	8,05	50,6
EA 12 (Pedras Altas)	0,1	2,34	31,9

Biomonitoramento ativo com a exposição de liquens

O teor de cádmio no líquen *P. tinctorum* ficou abaixo do limite de quantificação para a grande maioria das estações amostrais, por outro lado na estação EA6

(Dário Lassance), houve um incremento evidente em relação a EA0 (amostra não exposta). O maior teor de chumbo para P. *tinctorum* foi na EA12, mas não foi possível comparar com a EA0, pois para o valor de chumbo ela não apresentou o menor valor entre as estações, sendo este observado na EA3. Assim como o chumbo, o zinco também não apresentou o menor valor na EA0 e sim na EA4. Para o líquen *R. celastri* a EA0 apresentou os menores valores em comparações as demais estações amostrais. Com exceção do valor de S, a EA12 apresentou um incremento do teor dos demais elementos traços em relação a EA0, apresentando também os maiores valores observados (Tabela 7.5).

Tabela 7.5: Concentração (mg/kg) dos elementos traços cádmio (Cd), chumbo (Pb), zino (Zn), (S) enxofre (%) e Fluoreto (F^-) nos liquens *P. tinctorum* e *R. celastri* expostos entre dezembro de 2020 e agosto de 2021 nas imediações da usina termoelétrica de Candiota. IPM, índice de poluição por metais $([Cd]x[Pb]x[Zn])^{1/3}$. LQ- Limite de detecção Valores mínimos em azul, valores máximos em vermelho.

P. tinctorum														
EA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	LQ	1/2LQ
Cd	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	3,56	0,01	0,01	0,80	0,01	0,01	0,25	0,12
Pb	2,06	0,92	1,47	0,52	0,53	0,67	1,35	1,24	2,11	1,65	1,20	4,93	0,25	0,12
Zn	29,00	22,60	23,70	27,80	7,88	19,50	24,00	58,00	23,40	21,40	34,00	22,60	0,25	0,12
S	0,07	0,13	0,15	0,12	0,13	0,07	0,11	0,12	0,12	0,11	0,14	0,14	0,05	0,03
F-	0,34	0,46	0,44	0,10	0,15	0,47	0,13	0,18	0,23	0,31	0,18	0,46	0,07	0,04
IPM	0,86	0,62	0,73	0,56	0,39	0,54	4,16	0,91	0,81	2,73	0,76	1,03		
R. celastri														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	LQ	1/2LQ
Cd	0,01	0,01	0,01	0,01	2,75	0,01	1,73	0,01	0,01	0,01	0,01	3,73	0,25	0,12
Pb	0,27	0,39	0,6	0,74	0,71	0,72	0,51	0,65	0,62	0,59	0,58	3,28	0,25	0,12
Zn	2,88	10,80	16,5	18,40	15,60	17,70	15,30	20,80	13,20	13,50	15,50	20,30	0,25	0,12
S	0,05	0,09	0,13	0,10	0,15	0,11	0,12	0,11	0,11	0,09	0,11	0,11	0,05	0,03
IPM	0,25	0,41	0,12	0,59	2,79	0,57	2,18	0,58	0,50	0,49	0,51	5,23	0,07	0,04

Discussão

Os dados das quatro coletas demonstraram que os maiores teores dos elementos traços foram observados no outono e inverno e os menores na primavera e verão, padrão este observado também em campanhas de anos anteriores. A EA2 (Três Lagoas) apresentou o valor maior de chumbo observado 22,10 mg/Kg na última coleta de inverno (Figura 7.2). A EA2 frequentemente demonstra os maiores valores de chumbo para *E. mollis* durante os anos de biomonitoramento da região adjacente a usina, como em fevereiro de 2019 (16,7 mg/kg). O valor médio do IPM na EA2, com uma clara contribuição do Pb, foi o maior observado (Figura 7.7),

se diferenciando da maioria das estações com exceção da EA8 ($p<0,05$). Também para *E. mollis* a EA2 ficou entre as maiores médias de Zn. Os menores valores de cádmio por sua vez foram observados na EA3 (Candiotão) e EA4 (Chácara Santa Clara). Para *B. trimera* os valores do teor de cádmio na grande maioria das estações apresentaram valores abaixo do limite de detecção, fato este cada vez mais comum deste novembro de 2019. Já para a média do teor de zinco a EA12 (Pedras Altas) apresentou o maior valor e a EA2, o menor (Figura 7.12). Assim como a *B. trimera* o *P. notatum* também ficou abaixo do limite de detecção para cádmio nas estações de amostragens. O *P. notatum* (Figura 7.16) apresentou a maior média do valor de chumbo na EA2, junto com a EA5, semelhante ocorreu para a maior média de zinco observada na EA2 e na EA8 (AFUCAM). A distribuição do enxofre foi mais homogênea ao longo das estações de amostragem, sem diferenças significativas para todas as três herbáceas biomonitoras e também apresentou um padrão semelhante ao observado em champanhas de anos anteriores, com valores menores na primavera e verão e maiores no outono e inverno. O líquen *P. trictorum* apresentou maior teor de chumbo na EA12, mas foi a espécie *R. celastri* que apresentou um padrão mais evidente na distribuição dos elementos traços, com todos os valores menores na EA0 e os maiores na EA12. Padrão semelhante ocorreu com o líquen *Teloschistes flavicans*, quando os teores mais elevados de todos os elementos também foram encontrados nos talos expostos na EA12 em julho de 2019.

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). Essas emissões tendem a distribuir-se nas imediações da usina termoelétrica de Candiota segundo as massas de ar dominantes na região, cuja direção predominante dos ventos se origina dos quadrantes norte-nordeste, depositando as emissões preferencialmente sobre a região compreendida pelas estações de amostragem que se encontram orientadas no quadrante sul-sudoeste (EAs 2, 8 e 12). A estação EA3 situada no quadrante noroeste, lado oposto da direção predominante do vento, apresentou os menores valores observados para muitos dos elementos

traços nas três espécies biomonitoras, inclusive em relação a estação mais distante, a EA1 (Serra do Veleda), utilizada como referência.

A deposição seca ou por via úmida (*precipitação*) carrega de volta à superfície uma gama de elementos, originariamente presentes no carvão mineral, adsorvidos ao material particulado ultrafino, dentre estes alguns são elementos potencialmente tóxicos (As, Cd, Hg, Pb) aos seres vivos, outros nutrientes essenciais em pequenas concentrações (*micronutrientes*, como Cu, Fe, Mn, Zn), mas também tóxicos quando presentes em concentrações elevadas. 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. Uma vez depositados sobre a vegetação esses elementos podem permanecer adsorvidos às folhas ou absorvidos e incorporados à matéria orgânica (Nagajyoti et al., 2010). A magnitude da absorção foliar irá depender da solubilidade dos elementos adsorvidos às partículas e das características morfológicas da superfície foliar, tais como o conteúdo de cera epicuticular, a densidade de tricomas, a área foliar e a espessura da cutícula (Nakazato et al., 2021). Algumas espécies são mais adequadas do que outras em oferecer uma perspectiva mais aproximada da acumulação de poluentes na biota devido a sua maior capacidade de acumulação dentro ou sobre os tecidos foliares (Nakazato et al., 2021). Dentre as espécies analisadas neste estudo, *Elephantopus mollis* foi a única que conseguiu fornecer dados sobre a distribuição de cádmio entre as estações amostrais.

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). No presente estudo constataram-se teores maiores de flúor na EA5 a qual diferiu significativamente da média das EAs com as menores médias de fluoreto (Figura 7.18). Na EA2 foi observado uma frequência maior de valores máximos para os elementos traços. 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) e como da atividade cimenteira na região.

Liquens são organismos singulares devido a suas características incomuns, resultantes da associação simbiótica de um fungo e uma alga esses organismos não apresentam estômatos, cutícula ou raízes e a absorção dos nutrientes inorgânicos ocorre inteiramente através da superfície do talo (Bajpai et al., 2010; Käffer et al., 2012), o que os torna organismos ideais para fins de biomonitoramento. Apesar da EA0 de *P. tinctorum*, não apresentar os menores valores para os teores de chumbo, zinco e fluoreto (Figura 7.19), demonstrou um evidente aumento por Cd na EA6 (Dário Lassance), com o maior valor de cádmio observado neste presente estudo (3,56 mg/kg). A EA6 foi uma estação de amostragem recentemente urbanizada, onde não é mais possível encontrar as plantas biomonitoras, o biomonitoramento ativo com os liquens permite a continuidade do monitoramento nesta estação, no caso indicando um aumento localizado nos teores de cádmio. Já a *R. celastri* evidenciou uma maior acumulação de elementos traços na EA12, corroborando com os dados do biomonitoramento passivo.

A combinação de resultados do biomonitoramento passivo e ativo com o enriquecimento nos teores de chumbo (*E. mollis* e *P. notatum* – EA 2) e zinco (*E. mollis* – EA 2 e 8; *B. trimera* EA 8 e 12 e *P. notatum* – EA 2 e 8) e nos liquens, especialmente em *R. celastri*, associada à inexistência de elevação nos teores de cádmio e enxofre nestes organismos, é 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).

Apesar do valor pouco comum no teor de chumbo observado na EA2 e do valor de cádmio na EA6, as concentrações encontradas em todas as espécies (angiospermas e liquens) situaram-se na faixa de concentrações normalmente encontradas nestes seres vivos segundo diversos autores (Kabata-Pendias &

Mukherjee, 2007; Nagajyoti et al., 2010; Käffer et al., 2012; Delia, 2015; Noli & Tsamos, 2016). Na Tabela 7.3 podemos comparar alguns destes valores.

Conclusões

A combinação de resultados do biomonitoramento passivo e ativo com o enriquecimento nos teores de chumbo e zinco em plantas e liquens, associada à inexistência de elevação nos teores de cádmio e enxofre nestes organismos, é indicativa de que outras fontes poluidoras podem ter contribuído para a contaminação da biota terrestre independente da usina termoelétrica; 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.

ANEXOS

Anexo 7.1 Exposição de liquens EA1 (Serra do Veleda).

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Anexo 7.2: Tabela bruta com resultados das concentrações dos elementos traços (1° coleta - 8 e 9 de dezembro de 2020). IPM, índice de poluição por metais $([Cd]x[Pb]x[Zn])^{1/3}$. LQ- Limite de detecção. Valores mínimos em azul, valores máximos em vermelho. Metais e F^- em mg/kg e enxofre em %.

E. mollis												
EA	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	LQ	1/2LQ
Cd	0,20	0,60	0,20	0,10	0,05	0,80	0,60		1,22	0,40	0,10	0,05
Pb	0,20	2,71	0,90	1,03	0,20	0,80	0,50		0,40	0,20	0,40	0,20
Zn	34,70	74,90	25,10	47,60	19,70	40,80	86,70		49,30	50,10	0,60	0,30
S	0,07	0,09	0,10	0,14	0,06	0,06	0,07		0,11	0,09	0,00	0,00
IPM	1,10	5,00	1,70	1,70	0,60	3,00	3,00		2,90	1,69		
B. trimera												
EA	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	LQ	1/2LQ
Cd	0,05	0,05	0,60	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,05
Pb	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,40	0,20
Zn	21,90	16,90	32,80	21,80	19,20	20,70	47,30	18,30	34,60	41,30	0,60	0,30
S	0,06	0,11	0,03	0,09	0,12	0,08	0,07	0,05	0,05	0,15	0,00	0,00
IPM	0,48	0,44	1,25	0,48	0,46	0,47	0,62	0,45	0,56	0,59		
P. notatum												
EA	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	LQ	1/2LQ
Cd	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,05
Pb	0,80	2,44	1,29	1,69	2,13	1,18	1,33	0,80	1,35	1,53	0,40	0,20
Zn	24,70	40,90	18,20	24,40	19,50	22,30	43,60	21,40	21,60	20,01	0,60	0,30
S	0,11	0,09	0,09	0,10	0,15	0,11	0,07	0,13	0,08	0,06	0,00	0,00
F	0,05	0,05	0,05	0,11	0,20	0,05	0,05	0,08	0,15	0,05	0,07	0,04
MPI	1,00	1,70	1,05	1,27	1,27	1,09	1,42	0,95	1,13	1,15		

Anexo 7.3: Tabela bruta com resultados das concentrações dos elementos traços (2° coleta - 13 e 14 de fevereiro de 2021). IPM, índice de poluição por metais $([Cd]x[Pb]x[Zn])^{1/3}$. LQ- Limite de detecção. Valores mínimos em azul, valores máximos em vermelho. Metais e F^- em mg/kg e enxofre em %.

E. mollis												
EA	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	LQ	1/2LQ
Cd	0,30	0,40	0,30	0,30	0,60	0,70	0,80		0,20	1,15	0,10	0,05
Pb	0,20	1,33	0,20	1,07	1,85	0,20	0,70		0,20	0,20	0,40	0,20
Zn	52,50	103,00	44,80	69,90	94,90	45,90	178,00		33,60	99,10	0,60	0,30
S	0,11	0,14	0,11	0,10	0,14	0,14	0,14		0,05	0,12	0,00	0,00
IPM	1,46	3,75	1,39	2,79	4,65	1,85	4,57		1,10	2,81		
B. trimera												
EA	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	LQ	1/2LQ
Cd	0,10	0,05	0,05	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,30	0,20	0,10	0,05
Pb	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,40	0,20
Zn	30,60	22,80	28,80	47,50	23,80	34,80	60,00	26,30	79,90	117,0	0,60	0,30
S	0,08	0,10	0,10	0,12	0,05	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,00	0,00
IPM	0,85	0,61	0,66	0,98	0,62	0,71	0,84	0,64	1,68	1,66		
P. notatum												
EA	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	LQ	1/2LQ
Cd	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12		0,12	0,12	0,12	0,12	0,25	0,12
Pb	1,36	2,31	2,35	1,39	4,49		0,82	1,68	1,73	3,98	0,25	0,12
Zn	23,40	44,40	24,40	27,60	21,80		26,90	19,20	22,20	31,40	0,25	0,12
S	0,11	0,11	0,13	0,19	0,13		0,13	0,14	0,14	0,13	0,05	0,03
F	0,24	0,41	0,50	0,29	0,95		0,53	0,28	0,04	0,25	0,07	0,04
IPM	1,49	2,12	1,78	1,58	2,09		1,34	1,50	1,58	2,25		

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT
Entidade Técnico Cultural Criada em 1965
Rua Matias José Bins 364 : Bairro Três Figueiras : CEP 91330-290
PORTO ALEGRE : RS : BRASIL
Fone: (51) 3286.4333 / 3286.4343 : E-mail: fle@fle.org.br

Anexo 7.4: Tabela bruta com resultados das concentrações dos elementos traços (3° coleta - 14 e 15 de maio de 2021). IPM, índice de poluição por metais $([Cd]x[Pb]x[Zn])^{1/3}$. LQ- Limite de detecção. Valores mínimos em azul, valores máximos em vermelho. Metais e F^- em mg/kg e enxofre em %.

E. mollis												
EA	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	LQ	1/2LQ
Cd	0,30	0,40	0,30	0,30	0,60	0,70	0,80		0,20	1,15	0,10	0,05
Pb	0,20	1,33	0,20	1,07	1,85	0,20	0,70		0,20	0,20	0,40	0,20
Zn	52,50	103,00	44,80	69,90	94,90	45,90	178,00		33,60	99,10	0,60	0,30
S	0,11	0,14	0,11	0,10	0,14	0,14	0,14		0,05	0,12	0,00	0,00
IPM	1,46	3,75	1,39	2,79	4,65	1,85	4,57		1,10	2,81		
B. trimera												
EA	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	LQ	1/2LQ
Cd	0,10	0,05	0,05	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,30	0,20	0,10	0,05
Pb	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,40	0,20
Zn	30,60	22,80	28,80	47,50	23,80	34,80	60,00	26,30	79,90	117,0	0,60	0,30
S	0,08	0,10	0,10	0,12	0,05	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,00	0,00
IPM	0,85	0,61	0,66	0,98	0,62	0,71	0,84	0,64	1,68	1,66		
P. notatum												
EA	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	LQ	1/2LQ
Cd	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12		0,12	0,12	0,12	0,12	0,10	0,05
Pb	1,36	2,31	2,35	1,39	4,49		0,82	1,68	1,73	3,98	0,40	0,20
Zn	23,40	44,40	24,40	27,60	21,80		26,90	19,20	22,20	31,40	0,60	0,30
S	0,11	0,11	0,13	0,19	0,13		0,13	0,14	0,14	0,13	0,00	0,00
F	0,24	0,41	0,50	0,29	0,95		0,53	0,28	0,04	0,25	0,07	0,04
IPM	1,49	2,12	1,78	1,58	2,09		1,34	1,50	1,58	2,25		

Anexo 7.5: Tabela bruta com resultados das concentrações dos elementos traços (4° coleta – 31 de julho e 1 de agosto de 2021). IPM, índice de poluição por metais $([Cd]x[Pb]x[Zn])^{1/3}$. LQ- Limite de detecção. Valores mínimos em azul, valores máximos em vermelho. Metais e F^- em mg/kg enxofre em %.

E. mollis												
EA	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	LQ	1/2LQ
Cd	0,39	0,74	0,12	0,46	0,12	0,88	0,99		1,32	0,82	0,25	0,12
Pb	1,61	22,10	2,87	3,75	9,93	3,26	1,15		2,36	3,23	0,25	0,12
Zn	63,60	88,90	40,00	84,80	64,70	57,80	107,00		149,00	65,37	0,25	0,12
S	0,16	0,16	0,14	0,19	0,11	0,14	0,15		0,11	0,15	0,05	0,03
IPM	3,02	8,88	1,18	4,45	1,97	4,63	4,22		6,31	4,70		
B. trimera												
EA	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	LQ	1/2LQ
Cd	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,25	0,12
Pb	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,26	0,12	0,12	0,12	0,28	0,25	0,12
Zn	66,10	32,10	40,80	86,50	39,40	64,80	93,50	99,80	88,40	73,90	0,25	0,12
S	0,15	0,17	0,13	0,15	0,12	0,12	0,16	0,16	0,19	0,15	0,05	0,03
IPM	0,28	0,23	0,24	0,31	0,24	0,66	0,31	0,32	0,31	0,70		
P. notatum												
EA	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	LQ	1/2LQ
Cd	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12		0,12	0,12	0,12	0,12	0,25	0,12
Pb	1,36	2,31	2,35	1,39	4,49		0,82	1,68	1,73	3,98	0,25	0,12
Zn	23,40	44,40	24,40	27,60	21,80		26,90	19,20	22,20	31,40	0,25	0,12
S	0,11	0,11	0,13	0,19	0,13		0,13	0,14	0,14	0,13	0,05	0,03
F	0,24	0,41	0,50	0,29	0,95		0,53	0,28		0,25	0,07	0,04
IPM	1,49	2,12	1,78	1,58	2,09		1,34	1,50	1,58	2,25		

Referências Bibliográficas

Bajpai, R.; Upreti, D. K.; Nayaka, S. & Kumari, B. (2010) Biodiversity, bioaccumulation and physiological changes in lichens growing in the vicinity of coal-based thermal power plant of Raebareli district, north India. *Journal of Hazardous Materials* 174: 429–436

Bowen, H. J. M. *Environmental Chemistry of the Elements*. London: Academic Press, 1979.

Braga, C. F.; Teixeira, E. C.; Yoneama, M. L. & Dias, J. F. (2004) Study of the elemental composition of aerosols in the Candiota region of Brazil using the PIXE technique. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B 225: 561–571.

Braga, C. F.; Teixeira, E. C. & Alves, R. C. M. (2004) Estudo de aerossóis atmosféricos e aplicação de modelos numéricos. *Química Nova* 27: 567-573.

CGTEE - Candiota (2020). Disponível em <http://cgtee.gov.br/UNIDADES/CANDIOTA/>. Acesso em: 20 outubro de 2020.

Corrêa da Silva, Z. C. (1993) Candiota coalfield: a world class Brazilian coal deposit. *International Journal of Coal Geology* 23: 103-116.

Delia, N.-B. (2015) Assessing the degree of dispersion and distribution of heavy metals in soil and plants associated with area of influence of a coal power Plant. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 16: 453–460.

Divan Junior, A. M.; Oliva, M. A. & Ferreira, F. A. (2008) Dispersal pattern of airborne emissions from an aluminium smelter in Ouro Preto, Brazil, as expressed by foliar fluoride accumulation in eight plant species. *Ecological Indicators* 8: 454–46

Kabata-Pendias, A. & Mukherjee, A. B. (2007) Trace *elements from soil to human*. Berlin: Springer.

Kabata-Pendias, A. *Trace elements in Soils and Plants*. 4. Ed. Boca Raton: CRC Press, 2011.

Käffer, M. I.; Lemos, A. T.; Apel, M. A.; Rocha, J. V.; Martins, S. M. A. & Vargas, V. M. F. (2012) Use of bioindicators to evaluate air quality and genotoxic compounds in an urban environment in Southern Brazil. *Environmental Pollution* 163: 24–31.

Migliavacca, D.; Teixeira, E. C.; Pires, M. & Fachel, J. (2004) Study of chemical elements in atmospheric precipitation in South Brazil. *Atmospheric Environment* 38: 1641-1656.

Nagajyoti, P. C.; Lee, K. D. & Sreekanth, T. V. M. (2010) Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. Environment Chemistry Letters 8: 199-216. DOI 10.1007/s10311-010-0297-8

Nakazato, R. K.; Esposito, M. P.; Cardoso-Gustavson, P.; Bulbovas, P.; Pedroso, A. N. V.; de Assis, P. I. L. S. & Domingos, M. (2018) Efficiency of biomonitoring methods applying tropical bioindicator plants for assessing the phytoxicity of the air pollutants in SE, Brazil. *Environmental Science and Pollution Research* 25: 19323–19337.

Nakazato, R. K.; Lourenço, I. S.; Esposito, M. P.; Lima, M. E. L.; Ferreira, M. L.; Campos, R. de O. A.; Rinaldi, M. C. S. & Domingos, M. (2021). Trace metals at the tree-litter-soil- interface in Brazilian Atlantic Forest plots surrounded by sources of air pollution. *Environmental Pollution* 268: 115797.

Noli, F. & Tsamos, P. (2016) Concentration of heavy metals and trace elements in soils, waters and vegetables and assessment of health risk in the vicinity of a lignite-fired power plant. *Science of the Total Environment* 563-564: 377-385.

Singh, A.; Sharma, R. K. & Agrawal, S. B. (2008) Effects of fly ash incorporation on heavy metal accumulation, growth and yield responses of *Beta vulgaris* plants. *Bioresource Technology* 99: 7200-7207.

Wiegand, F.; Pereira, F. N. & Teixeira, E. C. (2011) Study on wet scavenging of atmospheric pollutants in south Brazil. Atmospheric Environment 45: 4770-4776.

O compartimento ambiental monitorado, indicadores vegetais da qualidade do ar, tem como responsável técnico bem como pelas informações prestadas nesse relatório síntese de atividades a bióloga Dra. Carolina Trindade Perry.

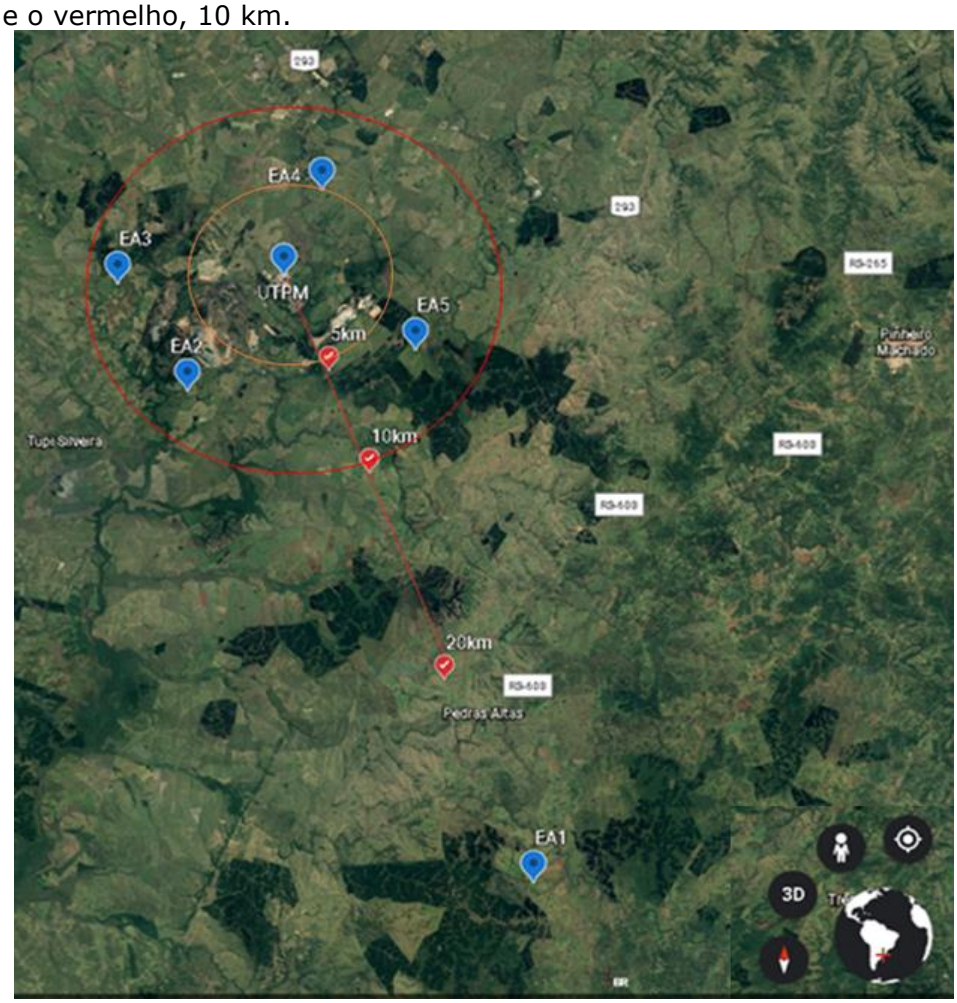
8. ATIVIDADE PECUÁRIA

Monitoramento para a ATIVIDADE PECUÁRIA (OVINOS).

a) Distribuição das Estações Amostrais e Parâmetros Monitorados

O monitoramento da atividade pecuária tem como objetivo específico avaliar o impacto sobre o rebanho ovino, na área de influência da Usina Termelétrica de Candiota. O monitoramento é realizado em cinco unidades produtivas denominadas Estações Amostrais (EA) e identificadas pelo número 1 a 5 (Figura 8.1). Para tanto, solo e extrato vegetal foram amostrados e animais avaliados.

Figura 8.1. Unidades amostrais, o círculo verde representa um raio de 5 Km de distância da usina e o vermelho, 10 km.



Por suas características próprias de inclusão (possuir rebanho ovino e bovino), as estações para monitoramento da atividade pecuária diferem em unidades produtivas mantendo, contudo, proximidade entre as unidades produtivas da atividade pecuária e os demais monitoramentos da atividade terrestre realizados. As cinco estações de monitoramento do ambiente terrestre, em relação à Usina Termoelétrica de Candiota e que correspondem à Figura 8.1, são descritas no Quadro 8.1.

Quadro 8.1. Descrição das estações amostrais da Rede de Monitoramento para o Ambiente Terrestre

Estação Amostral	Denominação
EA 1	EA de referência
EA 2	Fazenda Três Lagoas
EA 3	Unidade Produtiva de Francisco Ferreira
EA 4	Unidade produtiva de Clair Sarassol
EA 5	Unidade produtiva de Custódeo Gomes

b) Trabalho de Campo

Foram realizadas quatro campanhas (novembro/2020, fevereiro/2021, maio/2021 e julho/2021). O clima, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é Cfa (Clima subtropical, com verão quente). As temperaturas são superiores a 22ºC no verão e com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco.

c) Técnicas de amostragem

Solo

Utilizou-se amostragem ao acaso (Coelho, 2003), selecionando-se de cada EA uma área homogênea onde se encontravam animais em pastoreio (Squiba et al., 2007).

O procedimento para amostragem do solo constitui-se 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.

Extrato vegetal

Em cada EA foi coletada uma amostra representativa de *Paspalum notatum* Flueggé (grama forquilha, Poaceae), espécie nativa representativa da pastagem natural da área de estudo.

Por amostra representativa entendeu-se uma amostra constituída por, no mínimo, 18 unidades amostrais, as quais foram reunidas para formar uma amostra composta.

As amostras foram coletadas com a mão e 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.

Animais

Para constituírem o grupo amostral, 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.

Quanto ao rebanho bovino, as condições para amostragem foram avaliadas semestralmente, em cada propriedade que compõe o grupo amostral, verificando-se que o sistema produtivo frequente é o de terminação. Neste sistema os produtores adquirem terneiros (animais jovens menores com cerca de dois anos de idade) em feiras ou diretamente de outras unidades produtivas e são criados até o abate. Este fato nos levou a avaliar apenas o rebanho ovino, tendo em vista

que os bovinos não atendem a especificação de terem a troca de dentes de leite por permanentes na EA – sendo que a exposição ao flúor poderia ocorrer na unidade produtiva de origem, gerando dados falsos – e a possibilidade de não permanecerem na propriedade por de dois anos.

Foram amostrados 364 ovinos (Tabela 8.1) de diferentes idades e raças.

Tabela 8.1: Número de ovinos monitorados (n), segundo a Estação Amostral (EA).

EA	n
EA1	65
EA2	76
EA3	83
EA4	52
EA5	88
Total	**364**

A avaliação consistiu no exame da cavidade oral para estimativa da idade (Tabela 8.2) (Sandoval Jr., 2011) e presença de alterações dentárias.

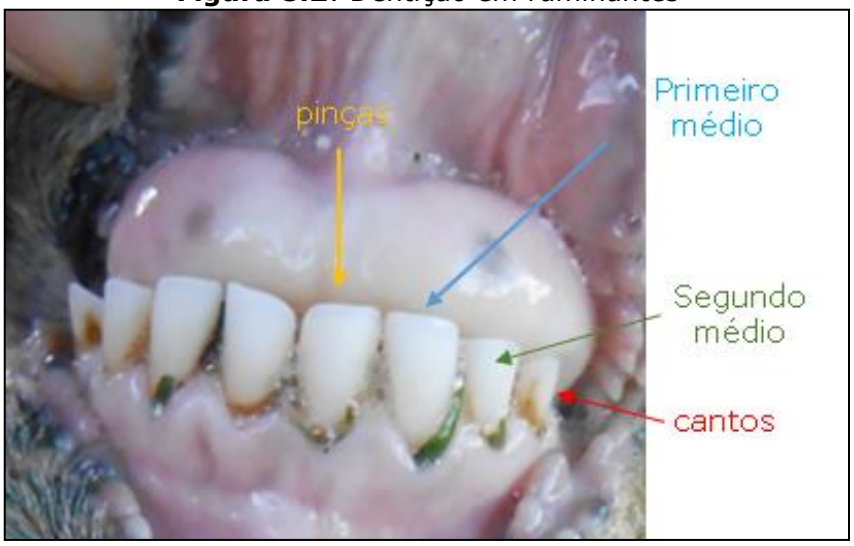
Tabela 8.2: Estimativa de idade em ovinos, pela dentição.

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).

A estimativa de idade pela dentição (Figura 8.2) ocorre uma vez que dados precisos sobre as datas dos nascimentos são pouco frequentes na produção tradicional de ovinos (Sandoval Jr., 2011).

Figura 8.2: Dentição em ruminantes



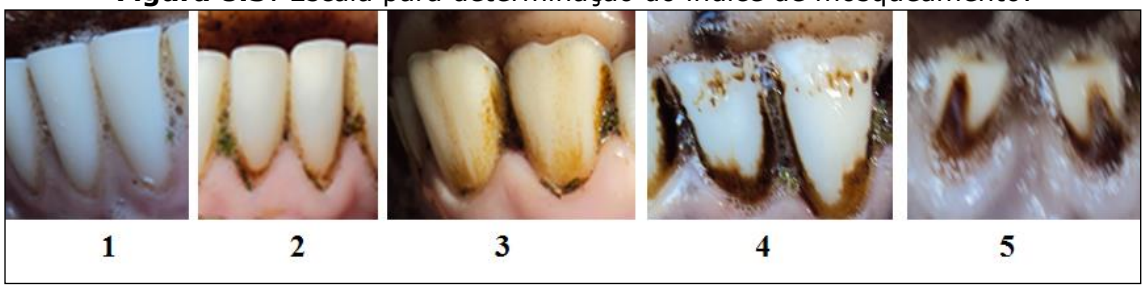
Fonte: Sandoval (2011).

Foi realizada a determinação da presença de alterações dentárias, apresentadas a seguir:

- Área de mosqueamento: que consiste na presença de manchas de cor amarela, castanha ou negro esverdeada (Jones et al., 2000);
- Atritamento excessivo: dentes curtos em decorrência do desgaste rápido (Jones et al., 2000);
- Cárie (Jones et al., 2000);
- Desgaste: em face oclusal ou labial, em meia lua ou em escada – formação de cristas (Ollhoff et al., 2005);
- Exposição de polpa e fratura de dente (Ollhoff et al., 2005);
- Inserção oblíqua dos dentes (Ollhoff et al., 2005);
- Persistência: presença de dentes de leite com erupção dos permanentes (Ollhoff et al., 2005).

Os dados foram anotados em planilha para posterior análise. Os animais amostrados tiveram seus dentes incisivos fotografados para posterior determinação do índice de mosqueamento, utilizando a Figura 8.3 como referência.

Figura 8.3: Escala para determinação do índice de mosqueamento.



Fonte: Adaptado de Riet-Correa et al. (1986).

d) Pesquisa bibliográfica

Durante o período de monitoramento, além da pesquisa de campo realizou-se pesquisa bibliográfica nas bases de dados *Science Direct*, *Scopus*, *Web of Science* e Google acadêmico.

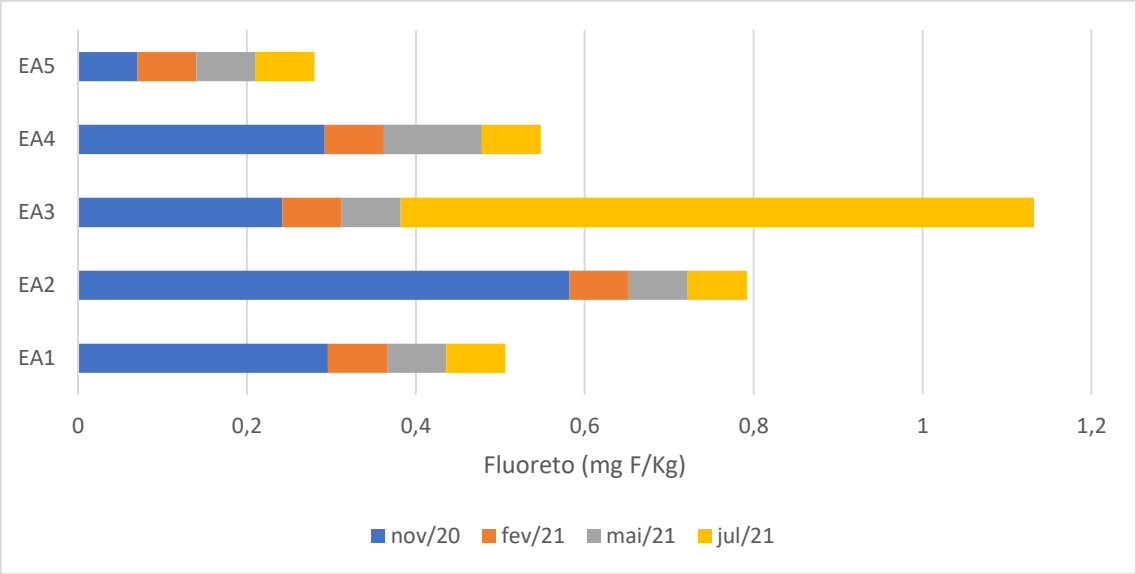
Resultados

Solo e extrato vegetal

Foram colhidas amostras de solo e extrato vegetal, de acordo com o item C. As amostras coletadas foram encaminhadas para análise e os resultados de fluoretos e sílica nas amostras são apresentados nas Figuras 8.4 a 8.7.

No somatório das 4 amostragens, a EA3 é a estação amostral com maior quantificação de fluoretos no solo (Figura 8.4); sendo a coleta de julho de 2021 (última amostragem do período) a amostra com maior teor de fluoretos. Por outro lado, na primeira coleta do período (novembro/2020) as estações EA2, EA3 e a EA1 (controle) apresentaram a maior quantificação de fluoretos no período, destacando a EA2. A EA5 apresentou homogeneidade na quantificação de fluoretos em todas as amostragens, sendo a EA com menor somatório de fluoretos no solo no período.

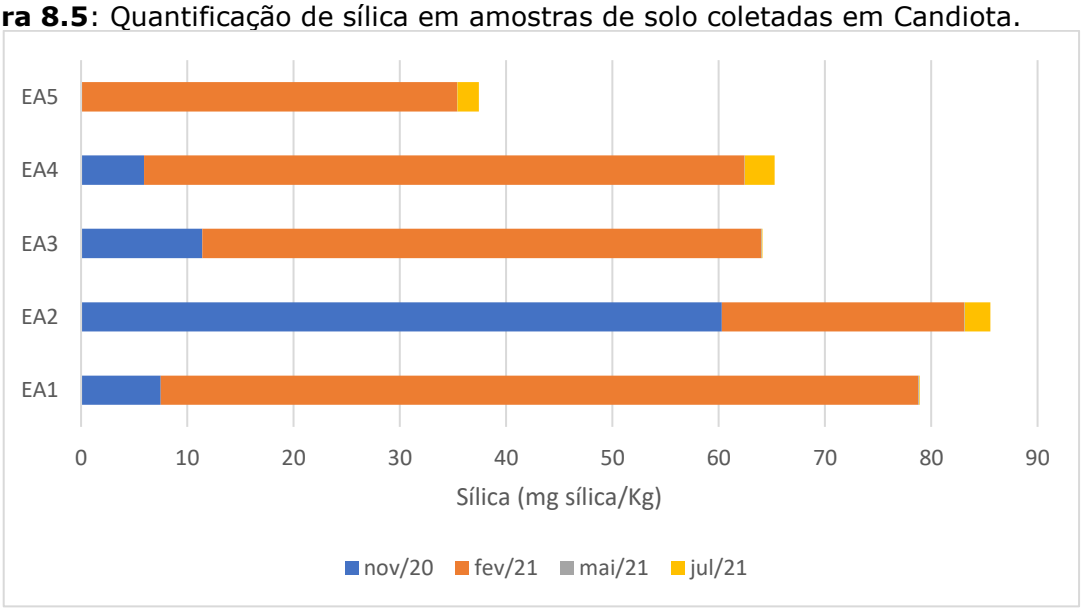
Figura 8.4: Quantificação de fluoretos em amostras de solo, coletadas em Candiota.



A EA2 apresentou o maior somatório de quantificação de sílica no solo no período amostral (Figura 8.5), sendo a primeira coleta (novembro de 2020) aquela com maior teor de sílica. Nas demais estações amostrais, a segunda coleta (fevereiro de 2021) foi a que apresentou maior quantificação de sílica no solo.

Nas terceira e quarta coletas, a quantificação de sílica no solo foi muito baixa, sendo poco visualizada na Figura 8.4.

Figura 8.5: Quantificação de sílica em amostras de solo coletadas em Candiota.



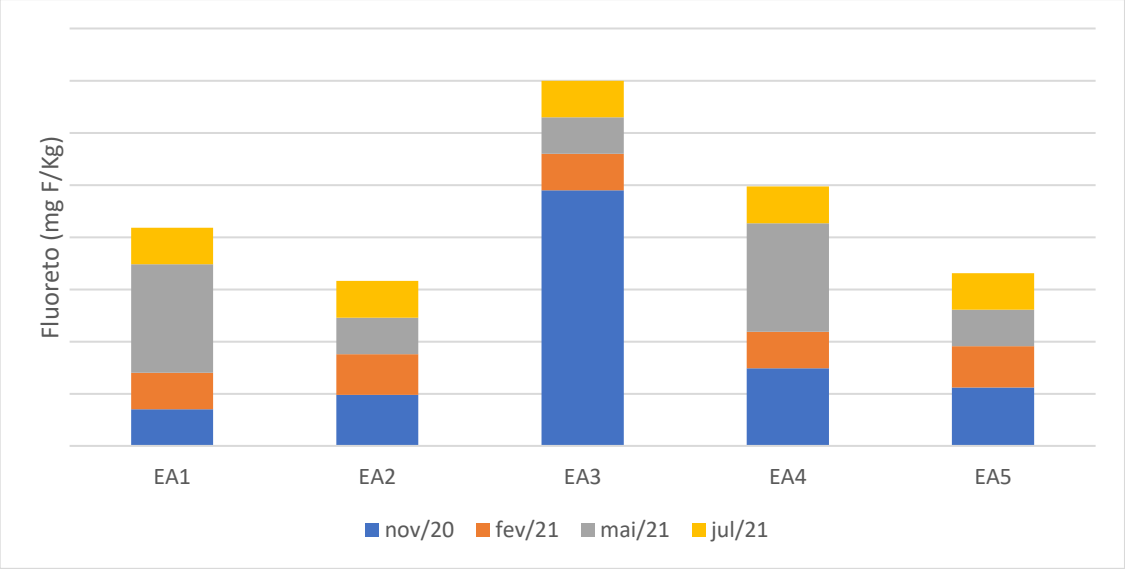
Os solos são corpos naturais formados pela desagregação das rochas, eles são variados e formados pela desintegração das partículas que compõem a rocha (intemperismo). De acordo com Epiphanio et al (1992), os minerais do solo provenientes do intemperismo das rochas são classificados como "minerais primários" e "minerais secundários". Os minerais primários ocorrem predominantemente nas frações areia (0,05 mm) e silte (0,002 a 0,05 mm) e os mais comumente encontrados nos solos são: quartzo, feldspatos e silicatos (laminares e ferromagnesianos). Os minerais secundários encontram-se predominantemente na fração argila (0,002 mm), sendo os mais comuns os minerais de argila alumino-solicitados, os óxidos e os hidróxidos de ferro e alumínio.

Raij; Camargo (1973) determinaram de 2,2 a 92,2 ppm de SiO2 no solo de diferentes regiões do Brasil. Nos solos com teores semelhantes de argila, os teores de sílica solúvel foram maiores para solos com horizonte B textural, quando comparados com solos de horizonte B latossólico. No Brasil, de acordo com dados do IBGE, os latossolos e argissolos ocupam aproximadamente 58% da área e são solos mais profundos, altamente intemperizados, ácidos e de baixa fertilidade natural.

A quantificação de sílica encontrada nas estações amostras foram menores das descritas por Raij; Camargo (1973), sendo as maiores determinações na EA1 (71,3 ppm) e na EA2 (60,3 ppm) as quais podem ser naturais do próprio solo e não resultado da contaminação por materiais provenientes da emissão atmosférica da UTE.

Nas amostras de extrato vegetal coletadas, os maiores teores de sílica foram encontrados nas EA2 e EA4 (Figura 8.7). Os valores foram semelhantes em cada EA nas diferentes coletas, sendo que a EA3 apresentou maior quantidade de fluoretos na primeira coleta (novembro de 2020).

Figura 8.6: Quantificação de fluoretos em amostras de extrato vegetal coletadas em Candiota.



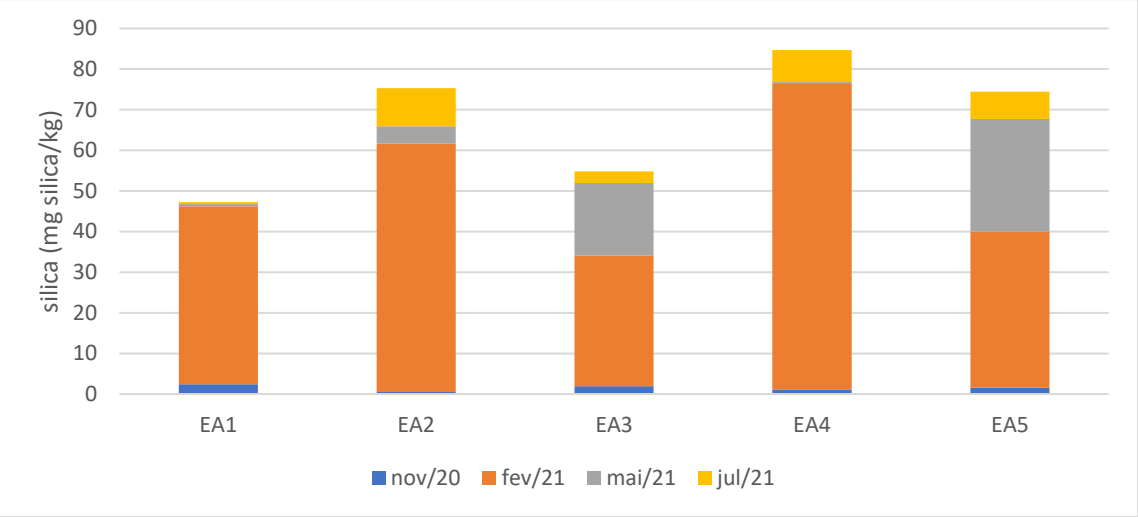
Na amostragem de inverno (julho) é quando a parte aérea da planta é menor e, neste caso, a quantificação de fluoretos nesta coleta foi menor que 0,07 ppm.

A quantificação de sílica em amostras de extrato vegetal (Figura 8.7), assim como nas amostras de solo, foi maior na EA2 e em maior quantificação na segunda coleta (fevereiro de 2021).

Costa et al. (2010) descrevem que fitólitos são corpos silicosos microscópicos amorfos, que resultam de processos nos quais determinadas plantas superiores depositam sílica intra e extracelular após absorvê-la da solução do solo. As principais acumuladoras de Si e produtoras de fitólitos são as Poaceae. As deposições de sílica biogênica nos vegetais podem ocorrer em folhas, sementes, frutos, raízes e madeira, dentro das células ou na parede celular.

No caso do extrato vegetal, *Paspalum notatum* que é uma Poacea, as condições climáticas são fundamentais para presença das diferentes partes da planta.

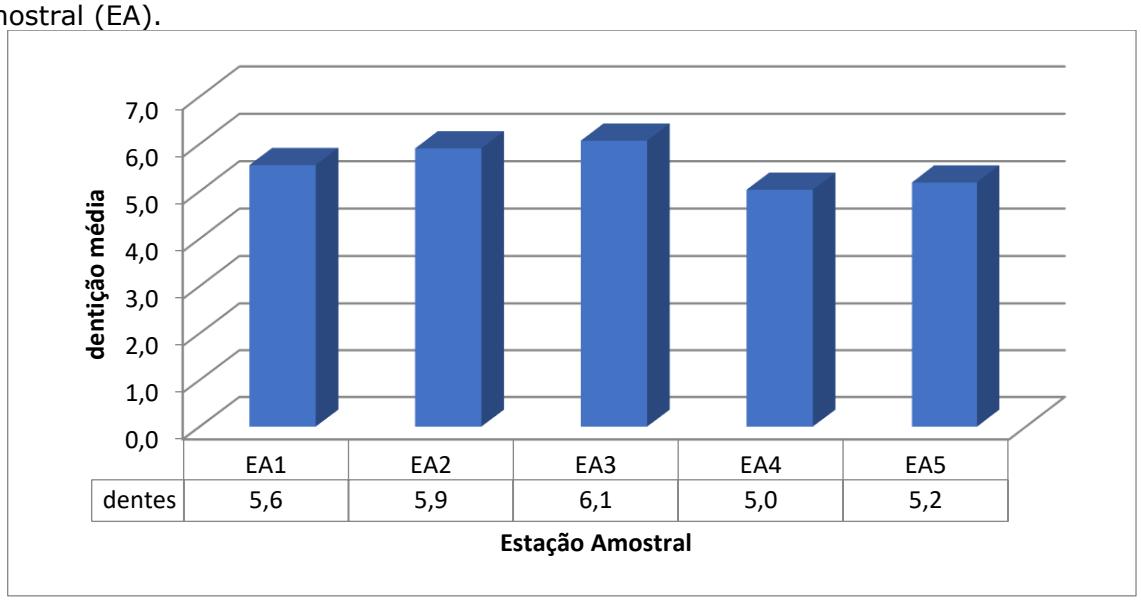
Figura 8.7: Quantificação de sílica em amostras de extrato vegetal coletadas em Candiota.



Animais

Os animais amostrados eram todos nascidos nas Unidades Produtivas que constituem a Estação Amostral, com idade variando de 2 a 5 ou mais anos. O número médio de dentes permanentes por estação amostral é apresentado na Figura 8.8. Considerando que os ovinos realizam a primeira troca dos dentes de leite por dentes permanentes, até 2 anos de idade.

Figura 8.8: Número médio de dentes permanentes em ovinos, segundo a estação amostral (EA).

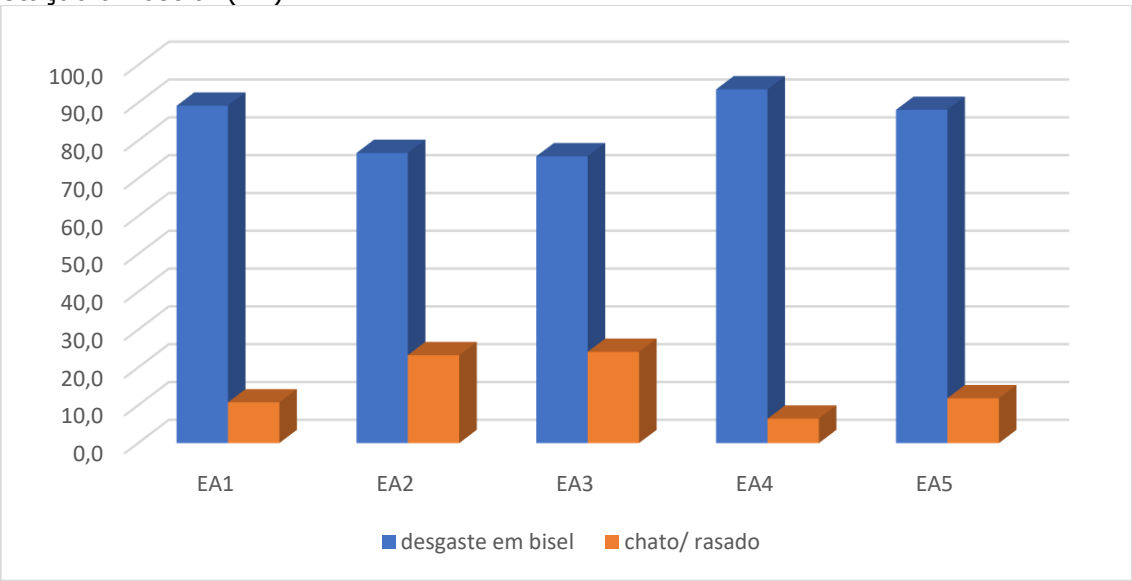


Tem-se observado manutenção de animais mais velhos nas unidades produtivas e venda dos animais mais jovens, principalmente para abate, o que tem elevado a idade dos animais amostrados. Este fato deve ser considerado na avaliação dos índices de mosqueamento, uma vez que esta alteração/enfermidade se dá por exposição crônica ao flúor, aumentando com o passar do tempo.

Uma situação observada no período de monitoramento foi a significativa redução do número de cabeças ovinas nos rebanhos devido, principalmente, ao abigeato. É o caso da EA3 que reduziu o plantel por roubo (80 cabeças) e posterior venda (120 cabeças). Desta forma, na EA3 avaliou-se a totalidade do rebanho.

Observou-se predominância de desgaste normal (em bisel), em todas as EAs. O desgaste excessivo (rasado) também foi observado em todas as EAs, porém com frequência muito menor, sendo que as EA2 e EA3 apresentaram maior percentual de animais com desgaste excessivo de dentes (rasado) (Figura 8.9).

Figura 8.9: Frequência do tipo de desgaste nos dentes permanentes em ovinos, segundo a estação amostral (EA).



A presença de dentes rasados pode ser devido à idade dos animais uma vez que nestas unidades produtivas os animais de boca cheia (≥5 anos de idade) representaram mais de 20% dos animais amostrados. Contudo, na EA2 foram

observadas as maiores quantidades de sílica nas amostras de solo e extrato vegetal.

Outro fator a ser considerado é a presença maciça de Capim-annoni (Figura 8.10) nestas propriedades, mesmo onde é realizado melhoramento de pastagens.

Figura 8.10: Campo nativo invadido por Capim-annoni.

Entre as alterações dentárias observadas, presença de polpa dental foi mais frequente nas EA3 e E5 (Figura 8.11), o que pode estar relacionada ao desgaste excessivo, especialmente pela presença de capim-annoni.

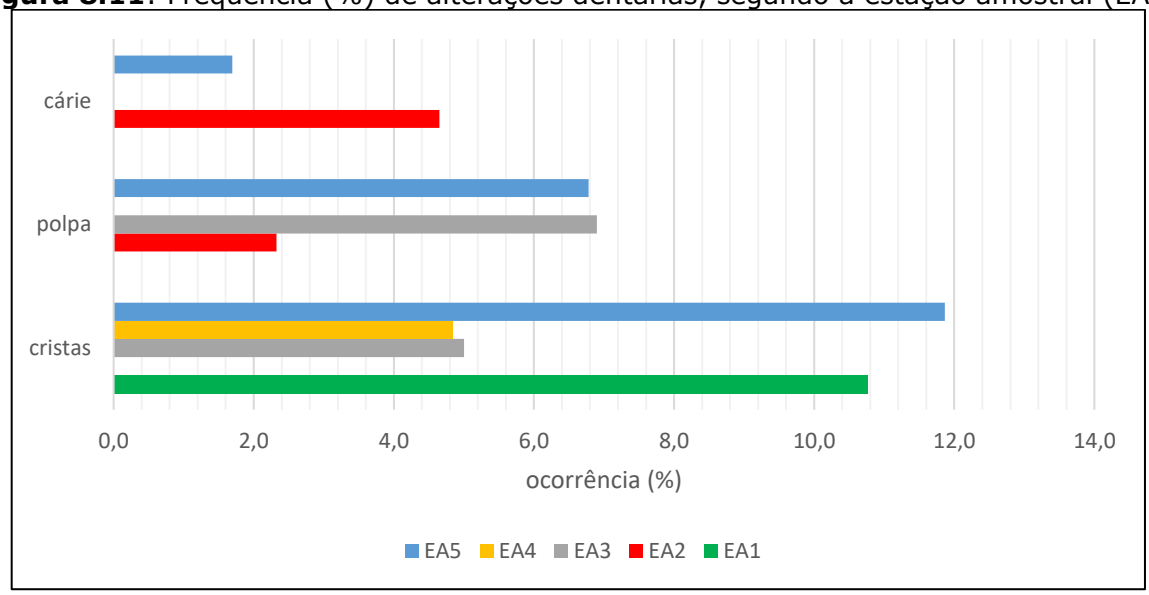
Foi observada a presença de cáries dentárias nas EA2 e EA5 (8.11).

A cárie é considerada um problema pouco comum em ovinos e o acúmulo e o metabolismo das bactérias sobre as superfícies duras da cavidade oral são

considerados os principais motivos para a presença de gengivite, doença periodontal, cáries e estomatites (Agostinho, 2017).

Segundo Humberto (2007), qualquer quantidade de flúor ingerido sofrerá reação química com as estruturas dentais. No trajeto gastrintestinal, uma porção do flúor atravessa as membranas celulares e alcança a corrente sanguínea, acumulando nos ossos. Assim, por seu vasto uso, alcança importância ambiental relevante, o que torna o conhecimento sobre sua toxicidade nos tecidos animais motivo de estudos.

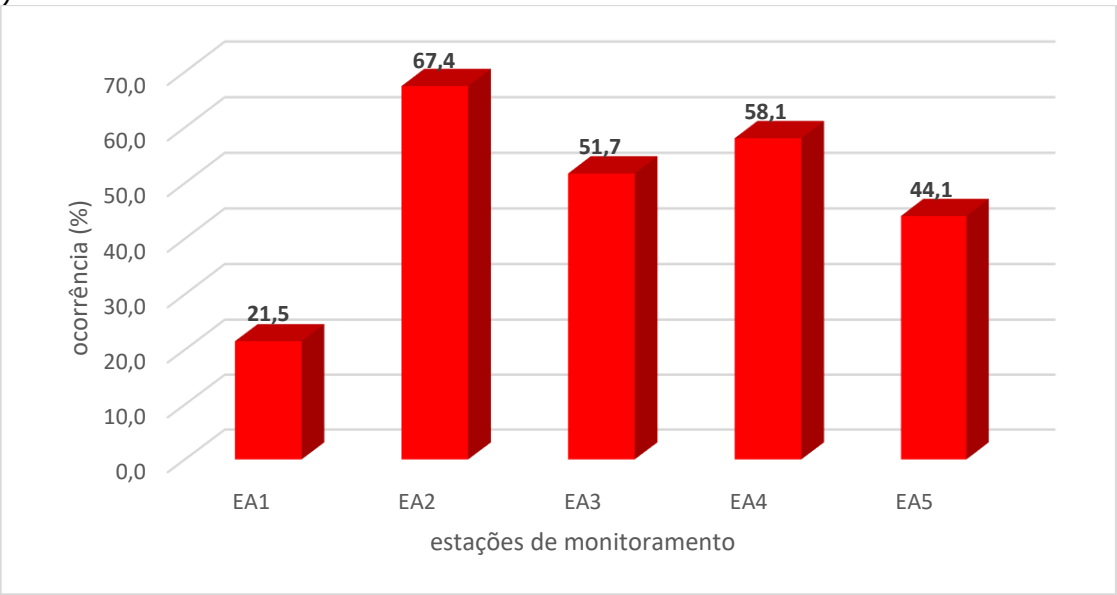
Figura 8.11: Frequência (%) de alterações dentárias, segundo a estação amostral (EA).



O flúor é utilizado como medida preventiva em relação às cáries em humanos, uma vez que tem a capacidade de reverter as lesões iniciais de cárie. Contudo, na EA2 onde foi observada a maior incidência de cáries – pressupondo menor exposição ao flúor, não é a estação amostral com maior quantificação de flúor no solo e extrato vegetal e é onde foi observada a maior frequência de mosqueamento – a qual está associada à exposição crônica de flúor (Figura 8.12).

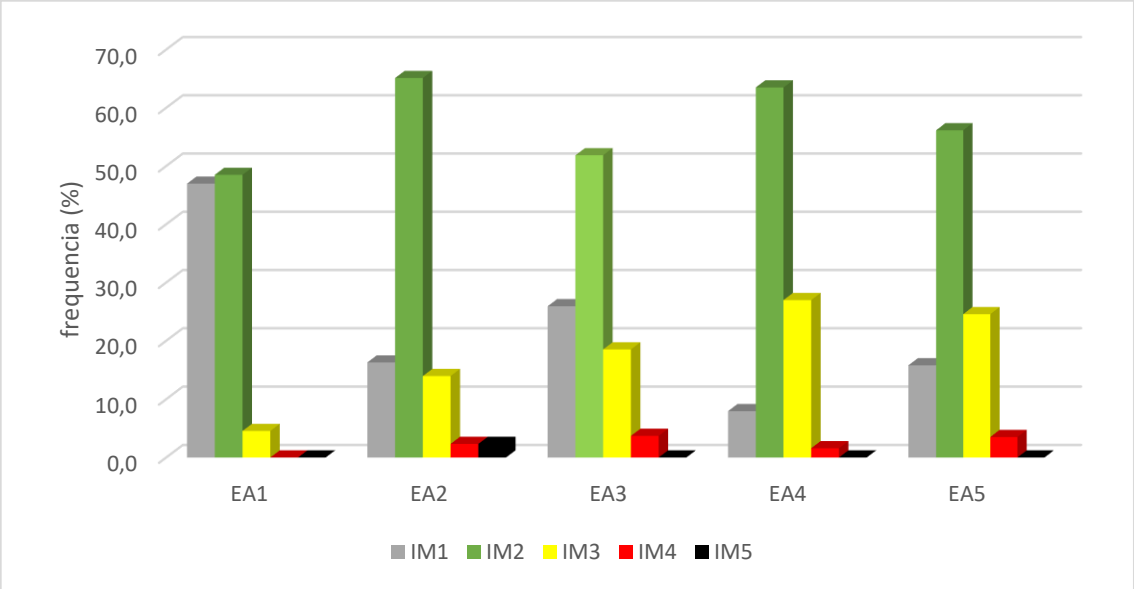
A partir das anotações em planilhas das observações realizadas nos 364 ovinos amostrados, verificou-se a presença de mosqueamento em todas as EAs, sendo observada EA2 (Figura 8.12).

Figura 8.12: Frequência (%) da presença de mosqueamento, segundo a estação amostral (EA).



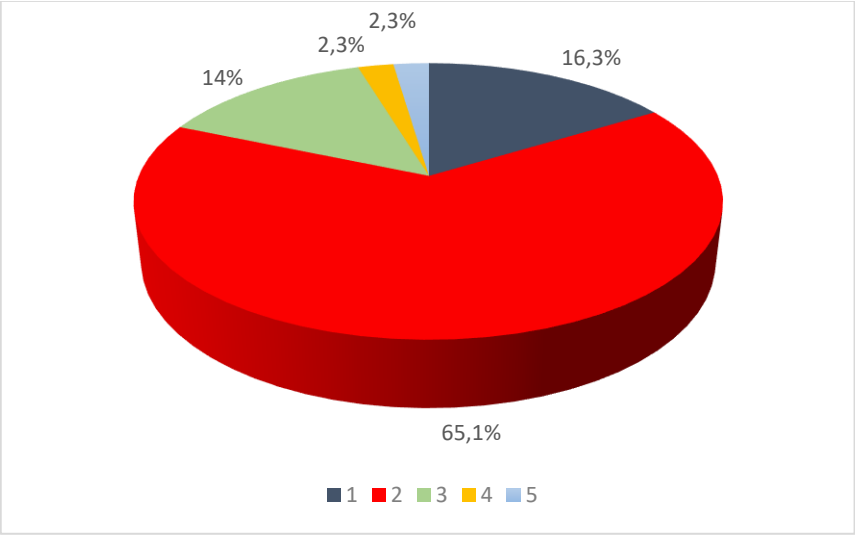
O índice de mosqueamento foi determinado em 346 animais, representando 95,1% dos animais amostrados. Os índices de mosqueamento variaram de 1 a 3, na EA1; 1 a 5 na EA2; e 1 a 4 nas demais três EAs (Figura 8.13).

Figura 8.13: Frequência dos índices de Mosqueamento (IM) em dentes incisivos de ovinos, segundo a estação amostral.



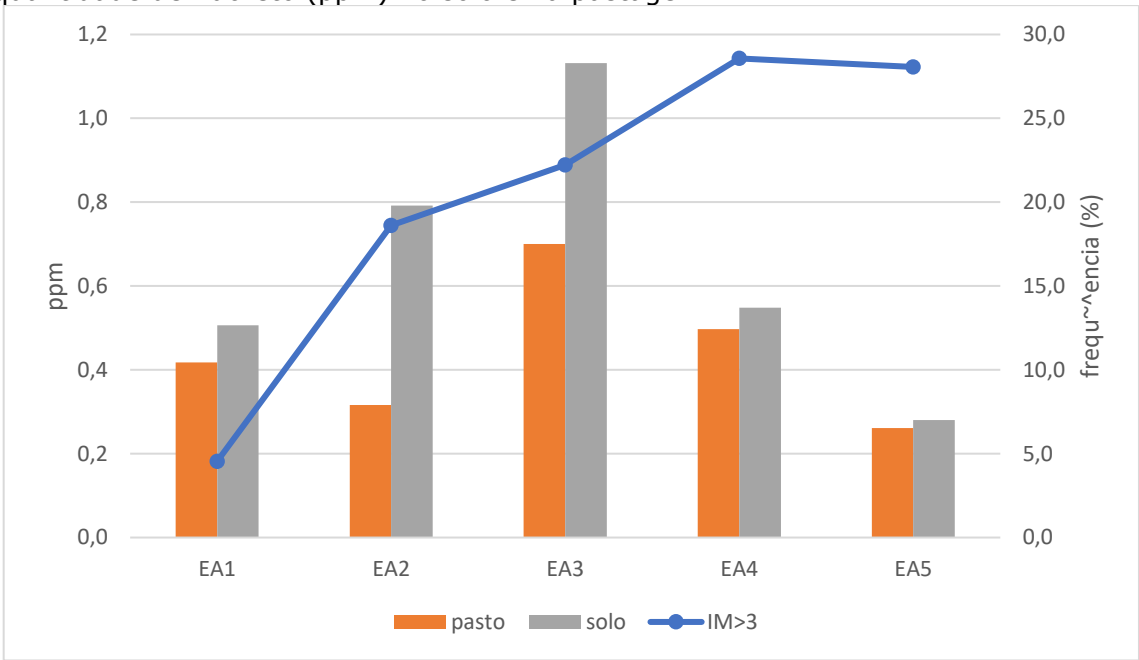
A Estação Amostral EA2 foi a única na qual foi evidenciado o índice de mosqueamento 5. Contudo, os índices 4 e 5 somaram cerca de 5% dos animais avaliados e o índice 2 foi observado na maioria dos animais (Figura 8.14).

Figura 8.14: Frequência dos índices de Mosqueamento (IM) em dentes incisivos da EA2.



Na Figura 8.15 são apresentadas as quantificações de flúor em amostras de solo e extrato vegetal e a frequência do índice de mosqueamneto ≥3 nas EAs. Os índices de mosqueamento maior ou igual a três (≥3 – com lesão) representam fluorose grave (Riet-Correa et al., 1986).

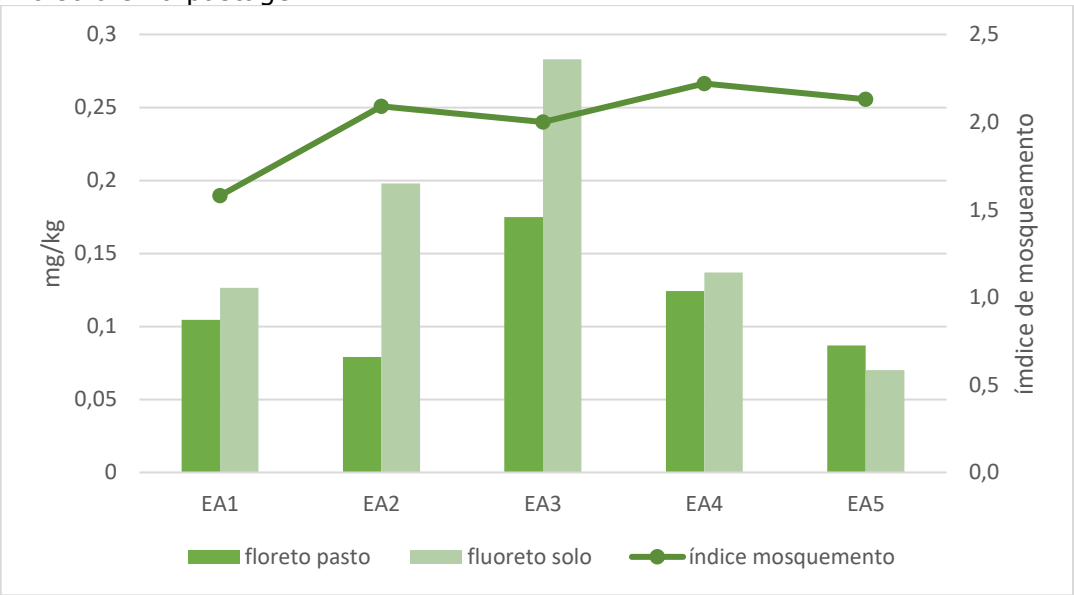
Figura 8.15: Relação entre a frequência (%) de índice de mosqueamento grave (IM≥3) e a quantidade de fluoreto (ppm) no solo e na pastagem.



Observa-se que a maior frequencia de índice de mosqueamento grave (IM ≥3) não corresponde às maiores quantificações de flúor nas amostras de solo e extrato vegetal.

Na Figura 8.16 são apresentadas as quantificações médias de flúor em amostras de solo e extrato vegetal e a frequência do índice médio de mosqueamneto nas EAs. Nesta, observa-se uma tendência positiva entre as quantificações de flúor e o índice médio de mosqueamento que foi menor (1,6 a 2,2) que o índice grave (≥3).

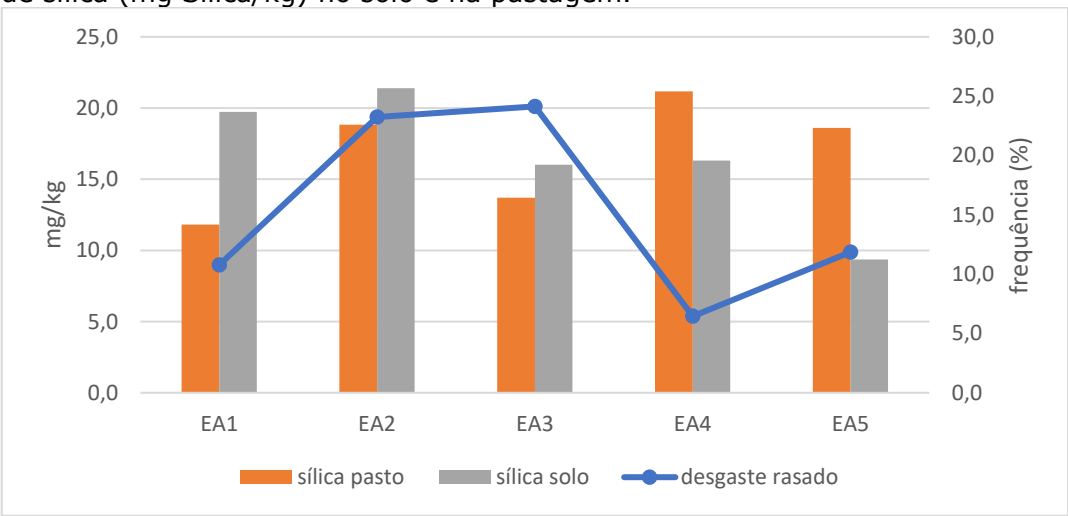
Figura 8.16: Relação entre o índice de mosqueamento e a quantidade de fluoreto (mg F/kg) no solo e na pastagem.



Na Figura 8.17 são apresentadas as quantificações totais de sílica no solo e extrato vegetal (mg/kg) e a frequência de desgaste excessivo de dentes (rasados).

Também neste gráfico não é evidenciada relação entre as quantificações de sílica e o desgaste excessivo de dentes.

Figura 8.17: Relação entre a frequência de desgaste rasado (excessivo) e a quantidade total de sílica (mg Sílica/kg) no solo e na pastagem.



Pesquisa bibliográfica

A busca por produções científicas na área de estudo: influência da poluição atmosférica por aerossóis resultantes da queima de carvão na produção animal (fluorose), resultou em 08 produções científicas sobre o flúor e 01 sobre desgaste excessivo dos dentes (Quadro 8.2).

Quadro 8.2: Produções científicas que abordam fluorose ou toxicidade por flúor, encontradas em bancos de dados de pesquisa científica.

Autores (ano)	Tipo	Observações - Sinais/sintomas
Angmar-Månsson & Whitford (1990)	Revisão	vários fatores que podem ser responsáveis pelas diferenças individuais na ocorrência de fluorose dentária; os distúrbios ácido-base, especialmente a acidose (associada à ingestão de excesso de proteína – grãos), afeta adversamente a mineralização do esmalte de uma maneira que assemelha-se à fluorose
Choubisa (2012)	Revisão	Ingestão crônica de flúor leva à fluorose dentária e esquelética, também afeta outros órgãos e altera sua arquitetura e fisiologia: trato digestivo, o fígado, rins, cérebro e órgãos endócrinos, além do desenvolvimento do feto intrauterino
Choubisa & Choubisa (2016)	Revisão	O flúor emitido pela indústria contamina não apenas o solo circundante, o ar e a água, mas também a vegetação, as plantações e muitas outras comunidades bióticas das quais o homem e os animais geralmente dependem para se alimentar. O longo tempo de inalação ou ingestão de flúor industrial também causa sérios problemas de saúde na forma de fluorose
Cronin (2000)	Experimento	Um modelo preliminar de ciclagem F para pastagens, indicaram que ovelhas pastando obtém mais de 50% de sua dieta com F (chegando a mais 80%); a ingestão de 371-1461 µg $F.g^{-1}$ poderia causar fluorose crônica em ovelhas
Dönmez & Çinar (2003)	Observação	Em ovelhas criadas em região vulcânica observaram eletrocardiograma: Bradicardia
Fidanci & Sel (2001)	Observação	Investigaram a fluorose industrial causada pela usina de queima de carvão em MuglaYatagan, Turkia e encontraram correlações positivas entre os níveis de íon fluoreto na urina e nas plantas ($r = 0,48$, $p \leq 0,01$) e entre os níveis de íon flúor na urina e no solo ($r = 0,28$, $p \leq 0,01$).
Filappi et al. (2008)	Experimento	O grupo experimental recebeu sal iodado adicionado de fluoreto de sódio (4,7 mg F / kg peso corporal) por 150 dias; as concentrações de flúor no soro e na urina aumentaram no grupo experimental; não foram observadas alterações no fígado.
Humberto (2007)	Experimento	avaliou animais jovens e a fluorose nos dentes molares; animais com dieta suplementada com 94,5 mg de flúor proveniente do fosfato de rocha apresentaram níveis séricos de Flúor superiores ao

		grupo controle (fosfato bicálcico - 13,2 mg de flúor/Kg M.S.)
Vitor (2018)	Revisão	sobre desgaste excessivo dos dentes de ovinos: apesar do caráter multifatorial, o desgaste excessivo provoca incongruências estruturais e dinâmicas na fisiologia mastigatória, impedindo o animal de se alimentar adequadamente a ponto de provocar emagrecimento progressivo e a redução da produção de leite, lã, interrupção da prenhez, déficit imunológico e descarte prematuro de fêmeas.

Referências Bibliográficas

AGOSTINHO, S.D. Periodontite e desgaste dentário em ovinos. 2017. 78f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – UNESP – Campus Jaboticabal, SP.

ANGMAR-MÅNSSON, B.; WHITFORD, G.M. Environmental and Physiological Factors Affecting Dental Fluorosis. Journal of Dental Research. v.69, n.2, supl., p.706-713,1990.

CHOUBISA S.L. Status of Fluorosis in Animals Proc. Natl. Acad. Sci. Sect. B Biol. Sci. (July–September 2012) v.82, n.3, p.331–339, 2012.

COELHO, A.M. Amostragem de solos: a base para aplicação de corretivos e fertilizantes. Embrapa – Comunicado Técnico Nº 73, Minas Gerais, 2003.

COSTA, L.M. et al. Ocorrência de corpos silicosos em horizontes superficiais de solos de diferentes ecossistemas. Rev. Bras. Ciênc. Solo, v.34, n.3, p.871-879, 2010.

CRONIN S. J., et al. Fluoride: A review of its fate, bioavailability, and risks of fluorosis in grazed-pasture systems in New Zealand. New Zealand Journal of Agricultural Research, v.43, p. 295-321, 2000

DÖNMEZ, N.; ÇINAR, A. Effects of Chronic Fluorosis on Electrocardiogram in Sheep. Biological Trace Element Research, v.92, p.115-121, 2003.

EPIPHANIO, J.C.N. et al. Comportamento espectral de solos do estado de São Paulo. São José dos Campos/SP: INPE, 1992. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.19.23.05/doc/publicacao.pdf >.

FIDANCI, U.R.; SEL, T. The industrial fluorosis caused by coal-burning power station and its effects on shepp. The Industrial Fluorosis Caused by a Coal-Burning Power Station and its Effects on Sheep. **Turkish Journal of Veterinary Animal Science**, v.25, p.735-741, 2001.

FILAPPI, A.; PRESTES, D.; GARMATZ, B.; LOPES, S.A; CECIM, M. Influence of the chronic administration of sodium fluoride in ovine hepatic function and histology. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, v.45, n.3, p.200-205, 2008.

HUMBERTO, H.J.C. Efeitos da ingestão de flúor proveniente do fosfato de rocha e do fluoreto de sódio na fluorose dental de ovinos. 2007. 64f. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia) – USP, Pirassununda, SP.

RAIJ, B.; CAMARGO, O.A. Bragantia, v.32, p.223-236, 1073.

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.

SQUIBA, L.M.; SERRAT, B.M.; LIMA, M.R. Como coletar corretamente amostras de solo para análises. Disponível em: <http://www.soloplan.agrarias.ufpr.br/coletadesolo.htm>.

VITOR, J.S. Desgaste dentário em ovinos. 2018. 56 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Medicina Veterinária) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

O compartimento Atividade Pecuária é de responsabilidade técnica da Veterinária Dra. Verônica Schmidt.