RELATÓRIO

**Novembro, 2017**

## RESULTADOS DA 1ª E 2ª CAMPANHAS DE MONITORAMENTO

# Plano de Monitoramento das Intervenções Prioritárias

**Preparado para:**

Fundação Renova

**Número do Relatório:** **RT-049_159-515-2282_02-B**

**Distribuição:**

01 e-cópia - Fundação Renova
01 cópia - Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.

Golder Associates

# ÍNDICE


**1.0 INTRODUÇÃO ..... 1**

**2.0 OBJETIVOS ..... 1**

2.1 Objetivo Geral ..... 1

2.2 Objetivo Específico ..... 2

**3.0 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO ..... 2**

3.1 Introdução ..... 2

3.2 Objetivos ..... 3

3.3 Histórico das Ações de Revegetação ..... 3

3.3.1 Descrição das Atividades de Revegetação ..... 4

3.4 Áreas Amostrais ..... 7

3.4.1 Suficiência Amostral ..... 8

3.4.2 Caracterização das Áreas Amostrais - Planícies ..... 8

3.4.2.1 Planície M03 - Área 3 ..... 9

3.4.2.2 Planície B36 - Área 11 ..... 12

3.4.2.3 Planície M08 – Área 10 ..... 16

3.4.2.4 Planície B65 - Área 8 ..... 18

3.4.2.5 Planície B82 - Área 5 ..... 20

3.4.2.6 Planície B98 - Área 7 ..... 22

3.4.2.7 Planície B139 - Área 9 ..... 24

3.5 Avaliação dos Percentuais de Cobertura Vegetal ..... 27

3.5.1 Metodologia ..... 27

3.5.1.1 Monitoramento da vegetação e do solo exposto para cada período ..... 28

3.5.2 Resultados ..... 31

3.5.3 Discussão ..... 35

3.6 Avaliação da Produção de Biomassa Vegetal ..... 36

3.6.1 Metodologia ..... 37

3.6.1.1 Amostragem em campo para estimativa da biomassa ..... 37

3.6.1.1.1 1ª Campanha de monitoramento - Planícies ..... 37

3.6.1.1.2 2ª Campanha de monitoramento – Tributários ..... 38

3.6.1.1.2.1 Biomassa epígea – Componente Lenhoso ..... 39

3.6.1.1.2.2 Biomassa epígea – Componente Herbáceo-arbustivo ..... 39

3.6.1.1.2.3 Biomassa hipógea ..... 41
3.6.1.2 Estimativa da Biomassa da Cobertura Vegetal nas Áreas Amostrais e Áreas Prioritárias ..... 42
3.6.2 Resultados ..... 42
3.6.2.1 1ª Campanha de monitoramento - Planícies ..... 42
3.6.2.1.1 Análises estatísticas dos dados da 1ª campanha ..... 45
3.6.2.1.2 Cobertura Vegetal e Biomassa nas Parcelas Amostrais da 1ª Campanha ..... 46
3.6.2.2 2ª Campanha de monitoramento - Tributários ..... 56
3.6.2.2.1 Análises estatísticas dos dados da 2ª campanha ..... 64
3.6.2.2.2 Cobertura Vegetal e Biomassa nas Parcelas Amostrais da 2ª Campanha ..... 70
3.6.2.3 Estimativa dos Totais de Biomassa por Área Amostral e Área Prioritária ..... 82
3.6.2.4 Áreas amostrais de Planícies e Tributários ..... 83
3.6.2.5 Áreas Prioritárias ..... 89
3.6.3 Discussão ..... 100
3.7 Caracterização do Sistema Radicular da Cobertura Vegetal Implantada ..... 101
3.7.1 Metodologia ..... 102
3.7.2 Resultados ..... 103
3.7.3 Discussão ..... 110
3.8 Caracterização de Atributos dos Solos ..... 111
3.8.1 Amostragem ..... 111
3.8.2 Características Físicas ..... 112
3.8.2.1 Metodologia ..... 112
3.8.2.2 Resultados ..... 113
3.8.2.3 Discussões ..... 115
3.8.3 Características Químicas ..... 116
3.8.3.1 Metodologia ..... 117
3.8.3.2 Resultados ..... 117
3.8.3.3 Discussões ..... 120
3.8.4 Características Microbiológicas ..... 121
3.8.4.1 Metodologia ..... 122
3.8.4.2 Resultados e Discussão ..... 123
**4.0 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO CONTROLE DE EROSÃO ..... 128**
4.1 Introdução ..... 128
4.2 Objetivos ..... 129

4.3 Sedimentação em Estruturas de Contenção ..... 129
4.3.1 Metodologia ..... 130
4.3.2 Resultados ..... 130
4.3.3 Discussões ..... 136
4.3.3.1 Estação Chuvosa ..... 136
4.3.3.2 Estação Seca ..... 140
4.4 Taxas de Erosão em Planícies de Inundação ..... 142
4.4.1 Objetivos ..... 142
4.4.2 Metodologia ..... 142
4.4.2.1 Parcelas de Monitoramento ..... 142
4.4.2.2 Equação Universal de Perdas de Solo ..... 149
4.4.3 Resultados preliminares ..... 151
4.4.3.1 Barra Longa – Área Prioritária 15 ..... 151
4.4.3.2 Ponte do Gama – Área Prioritária 10 ..... 153
4.4.3.3 Pedras – Área Prioritária 7 ..... 155
4.4.4 Discussão ..... 158
**5.0 MONITORAMENTO DE TURBIDEZ EM TRIBUTÁRIOS E RIOS PRINCIPAIS ..... 159**
5.1 Contextualização ..... 159
5.2 Objetivos ..... 169
5.3 Metodologia de Análise dos Dados de Turbidez ..... 169
5.3.1 Análise de Não Conformidade ..... 169
5.3.2 Avaliação Espacial e Temporal ..... 170
5.3.2.1 Rios Principais ..... 170
5.3.2.2 Tributários monitorados ..... 170
5.4 Resultados ..... 172
5.4.1 Análise de Não Conformidade ..... 172
5.4.2 Avaliação Espacial e Temporal ..... 174
5.4.2.1 Rios Principais ..... 174
5.4.2.2 Tributários monitorados ..... 180
5.5 Considerações Finais ..... 191
**6.0 EQUIPE TÉCNICA ..... 191**
**7.0 CONCLUSÕES ..... 192**
**8.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 193**

**TABELAS**

Tabela 1: Lista de espécies e respectivas quantidades utilizadas nos plantios. ..... 5

Tabela 2: Insumos e quantidades utilizados na hidrossemeadura. ..... 6

Tabela 3: Áreas Amostrais para monitoramento da cobertura vegetal. ..... 7

Tabela 4: Imagens de satélite utilizadas para avaliação quantitativa da cobertura vegetal. ..... 27

Tabela 5: Área de vegetação e solo exposto (hectares) no interior da área de interesse para os períodos analisados. ..... 31

Tabela 6: Evolução da área de vegetação e solo exposto no interior da área de interesse para os períodos analisados. ..... 31

Tabela 7: Biomassa vegetal aferida em planícies de inundação nas parcelas da 1ª campanha de monitoramento da vegetação. ..... 43

Tabela 8: Resultados da estimativa de biomassa epígea, biomassa hipógea, porcentagem de cobertura, altura média, porte da vegetação e espécies dominantes nas parcelas de monitoramento de tributários. ..... 57

Tabela 9: Estimativa da biomassa epígea de indivíduos do componente lenhoso presente nas parcelas de monitoramento dos tributários. ..... 59

Tabela 10: Estatísticas descritivas para variáveis pertinentes à biomassa e teor de umidade nos diferentes tributários amostrados. ..... 64

Tabela 11: Valores médios de biomassa epígea, hipógea e total para os diferentes tributários amostrados. ..... 64

Tabela 12: Matriz de correlação entre as variáveis estudadas utilizando-se o índice de correlação não paramétrico “D de Spearman” * ..... 65

Tabela 13: Estatísticas descritivas das diferentes variáveis caracterizadas para as parcelas com fisionomia arbustiva nos tributários amostrados. ..... 66

Tabela 14: Estatísticas descritivas das diferentes variáveis caracterizadas para as parcelas com fisionomia herbácea nos tributários amostrados. ..... 66

Tabela 15: Teste de Mann Whitney para equivalência de medianas aplicado às diferentes variáveis caracterizadas segundo o porte da vegetação presente nas parcelas amostradas. ..... 68

Tabela 16: Diâmetro à altura do peito (DAP) e estimativa de biomassa lenhosa para plantas vivas e mortas amostradas nos tributários TC02, TG03, TG11 e TG16. ..... 69

Tabela 17: Estimativas para a biomassa total de plantas vivas e de biomassa lenhosa para os tributários TC02, TG03, TG11 e TG16. ..... 69

Tabela 18: Dados e parâmetros do modelo de regressão linear simples obtido para a relação entre NDVI e biomassa. ..... 82

Tabela 19: Cobertura de nuvens e sombras nas Áreas Amostrais - Planícies e Tributários. ..... 84

Tabela 20: Cobertura relativa (ha) das diferentes classes de densidade de biomassa nas Áreas Amostrais / Planícies - monitoradas. ..... 85

Tabela 21: Cobertura relativa (Ha) das diferentes classes de densidade de biomassa nas Áreas Amostrais / Tributários - monitoradas. ..... 86

Tabela 22: Totais e densidade média de biomassa (t/ha) nas áreas amostrais - Planícies e Tributários – monitoradas nos meses de março a junho/2017. ..... 87

Tabela 23: Cobertura de nuvens nas áreas mapeadas. ..... 89

Tabela 24: Cobertura relativa (%) das áreas prioritárias por classe de biomassa epígea (t/ha), descontada a cobertura de nuvens e sombras. ..... 91

Tabela 25: Totais de biomassa (t) e densidade média da cobertura vegetal (t/ha) estimados para as porções mapeadas das áreas prioritárias nos meses de março e junho de 2017. ..... 92

Tabela 26: Observações e descrições dos sistemas radiculares das plantas amostradas nas planícies monitoradas. ..... 104

Tabela 27: Resultados das análises granulométricas das parcelas de monitoramento e parcelas controle. ..... 113

Tabela 28: Resultados das análises químicas de rotina das amostras de solo coletadas nas parcelas de monitoramento da vegetação. ..... 118

Tabela 29: Carbono da Biomassa Microbiana (CBM), C-CO2 acumulado em 65 horas e Quociente Metabólico (qCO2) de amostras de solo de diferentes parcelas, afetadas ou não pelo rejeito de mineração da Samarco. ..... 126

Tabela 30: Localização das réguas de monitoramento de sedimentação em estruturas de contenção instaladas entre janeiro e abril de 2017. ..... 130

Tabela 31: Localização das réguas de monitoramento de sedimentação em estruturas de contenção instaladas entre maio e agosto de 2017. ..... 132

Tabela 32: Resumo dos resultados do monitoramento de sedimentação em estruturas de contenção. ..... 134

Tabela 33: Resumo dos eventos registrados nas parcelas de monitoramento de erosão da área prioritária 15. ..... 151

Tabela 34: Resumo dos eventos registrados nas parcelas de monitoramento de erosão da área prioritária 10. ..... 154

Tabela 35: Resumo dos eventos registrados nas parcelas de monitoramento de erosão da área prioritária 7. ..... 156

Tabela 36: Informações sobre os tributários incluídos no monitoramento de qualidade de água diário desde julho de 2016. ..... 164

Tabela 37: Pontos de amostragem nos rios principais adicionados ao monitoramento a partir de 31 de julho de 2017. ..... 167

Tabela 38: Número de pares de resultados de turbidez para cada tributário, discriminado para os períodos seco, chuvoso, durante e pós-obras. ..... 171

Tabela 39: Porcentagem de resultados de turbidez acima do padrão aplicável de 100 UNT. ..... 172

Tabela 40: Resumo dos resultados da ANOVA bifatorial para os resultados de turbidez considerando os fatores Período (durante e depois das obras), Local (montante e jusante das obras) e interação entre ambos (Período x Local). ..... 184

Tabela 43: Resultados do teste t para tributários monitorados apenas antes ou após as obras durante o período chuvoso. ..... 188

Tabela 44: Equipe Técnica alocada ao programa de monitoramento. ..... 191

**FIGURAS**

Figura 1: Preparo manual do solo. ..... 4

Figura 2: Aplicação de material de empréstimo sobre os rejeitos. ..... 4

Figura 3: Adubos de plantio: superfosfato simples (acima) e NPK 04-14-08 (abaixo). ..... 5

Figura 4: Sementes de gramíneas e leguminosas que compõem o mix de espécies. ..... 5

Figura 5: Detalhe do mix de sementes. ..... 5

Figura 6: Hidrossemeadura. ..... 6

Figura 7: Aplicação de biomantas antierosivas. ..... 6

Figura 8: Plantio de milho em planície adjacente ao TG34. ..... 7

Figura 9: Aspecto geral da planície M03 a partir de sobrevoo realizado em 25/08/2016. ..... 9

Figura 10: Vista panorâmica da planície M03 em 03/08/2016. ..... 10

Figura 11: Vista panorâmica da planície M03 em 21/11/2016. ..... 10

Figura 12: Evolução da cobertura vegetal na planície M03 em 19/12/2016. ..... 10

Figura 13: denso tapete verde formado na planície M03 em meados de abril de 2017. ..... 11

Figura 14: Abertura de acesso ao maquinário (A) e reconformação topográfica da planície para realização de obras de estabilização de margens (B). ..... 11

Figura 15: Análise temporal da planície B36 evidenciando os diferentes usos e a ausência de vegetação. (A) jun/2007; (B) mai/2011; (C) out/2011; (D) mai/2013; (E) ago/2014; (F) nov/2015; (G) dez/2015; (H) abr/2016; (I) mai/2016; (J) jul/2016. Fonte: Google Earth. ..... 13

Figura 16: População de Typha dominguensis colonizando área úmida impactada por rejeitos. ..... 14

Figura 17: Lírios do brejo (Hedychium coronarium) colonizando o rejeito em área úmida. ..... 14

Figura 18: Altura média da vegetação nas planícies da área prioritária 11 ..... 14

Figura 19: Carreamento de sedimentos por erosão proveniente de planície revegetada. ..... 14

Figura 20: Vista geral da planície B36 em 12/04/2017. ..... 15

Figura 21: Evolução da cobertura vegetal na planície B36 em T0 (antes do rompimento), T1 (logo após o rompimento), T3 (março de 2016) e T4 (janeiro de 2017) ..... 15

Figura 22: Aspecto geral da planície M08 (à esquerda) em agosto de 2016. ..... 16

Figura 23: Cobertura vegetal herbácea na planície M08 (à esquerda) em março de 2017. ..... 16

Figura 24: Evolução da cobertura vegetal na planície M08 em T0 (antes do rompimento), T1 (logo após o rompimento), T3 (março de 2016) e T4 (janeiro de 2017) ..... 16

Figura 25: Planície adjacente à planície M08 evidenciando a cobertura vegetal antes do rompimento (A), logo após o rompimento (B) e em processo de regeneração natural em abril de 2017 (C). ..... 17

Figura 26: Análise temporal de imagens de satélite disponíveis na plataforma Google Earth evidenciando a cobertura vegetal e/ou sua ausência em diferentes momentos: (A) mai/2015; (B) nov/2015; (C) abr/2016; e (D) imagem obtida por VANT após os trabalhos de recuperação em abr/2017. ..... 18

Figura 27: Evolução da cobertura vegetal na planície B65 em T0 (antes do rompimento), T1 (logo após o rompimento), T3 (março de 2016) e T4 (janeiro de 2017) ..... 19

Figura 28: Imagem da Planície B65 obtida por drone em 12/04/2017. ..... 19

Figura 29: Mimosa setosa Benth – espécie que têm se alastrado ao longo das áreas impactadas. ..... 20

Figura 30: Efeito da sazonalidade sobre a vegetação e ocorrência da espécie Mimosa setosa na planície B65 em abr/2017 (A) e jul/2017 (B). ..... 20

Figura 31: Imagem aérea da planície B82 em janeiro de 2017. ..... 21

Figura 32: Evolução da cobertura vegetal na planície B82 em T0 (antes do rompimento), T1 (logo após o rompimento), T3 (março de 2016) e T4 (janeiro de 2017) ..... 21

Figura 33: Análise temporal de imagens de satélite disponíveis na plataforma Google Earth evidenciando a cobertura vegetal e/ou sua ausência na planície B98 em diferentes momentos: (A) ago/2015; (B) nov/2015; (C) ago/2016; e (D) imagem obtida por VANT após os trabalhos de recuperação em jun/2017. ..... 22

Figura 34: Imagem aérea da planície B98 feita por drone em abril de 2017 evidenciando as atividades de recuperação e a presença de indivíduos arbóreos mortos na borda do fragmento florestal remanescente ..... 23

Figura 35: Evolução da cobertura vegetal na planície B98 em T0 (antes do rompimento), T1 (logo após o rompimento), T3 (março de 2016) e T4 (janeiro de 2017) ..... 23

Figura 36: Imagem aérea feita por drone da planície B97 com cobertura vegetal de braquiária. ..... 24

Figura 37: Alteração da cobertura vegetal na planície B139 em diferentes momentos: (A) jun/2015; (B) nov/2015; (C) jul/2016; (D) mar/2017. 25

Figura 38: Planície B139 totalmente reconformada e com material de empréstimo aplicado em quase sua totalidade. 26

Figura 39: Início do desenvolvimento da vegetação na planície B139 e faixa de 10 metros ao longo do rio autorizada pelo proprietário. 26

Figura 40: Planície B139 em janeiro de 2017 com cobertura vegetal composta majoritariamente por braquiária. 26

Figura 41: Planície B139 em setembro de 2017 com a cobertura vegetal evidenciando os efeitos da sazonalidade no período de estiagem. 26

Figura 42: Evolução da cobertura vegetal na planície B139 em T0 (antes do rompimento), T1 (logo após o rompimento), T3 (março de 2016) e T4 (janeiro de 2017). 27

Figura 43: Fluxograma do processamento das imagens para obtenção do mapa no período T0. 30

Figura 44: Exemplo de um fragmento da área de interesse em imagens dos períodos T0, T1 e análise da vegetação suprimida (T1, inferior). 32

Figura 45: Exemplo de um fragmento da área de interesse em imagens dos períodos T1, T4 e análise da vegetação desenvolvida (T4, inferior). 33

Figura 46: Exemplo de um fragmento da área de interesse em imagens dos períodos T1, T4 e análise da vegetação suprimida em T1 e não regeneradas em T4 (T4, inferior). 34

Figura 47: Área de vegetação e solo exposto (hectares) no interior da área de interesse para os períodos analisados. 35

Figura 48: Evolução da área de vegetação e solo exposto no interior da área de interesse para os períodos analisados 36

Figura 49: Parcela de 1m² utilizada para coleta da biomassa aérea. 37

Figura 50: Abertura do transecto de 20 m de comprimento para alocação das parcelas, a cada 10 m. 37

Figura 51: Registro das coordenadas da parcela. 38

Figura 52: Remoção de toda a vegetação presente na parcela para obtenção do peso úmido. 38

Figura 53: Estimativa de altura média das plantas encontradas dentro da parcela de 1m² através de régua graduada 38

Figura 54: Detalhe da pesagem de toda biomassa retirada da parcela de 1 m². 38

Figura 55: Medição de CAP dos indivíduos arbóreos. 39

Figura 56: Sub-parcela de 1 m² alocada dentro de uma parcela de 25 m², em ambiente florestal. Detalhes para plântulas de espécies nativas regenerantes. 40

Figura 57: parcela de 1 m² alocada em área de influência do tributário em ambiente com predomínio de vegetação herbácea a e arbustiva. 40

Figura 58: Instalação de transecto em mancha de vegetação homogênea. 40

Figura 59: Registro de coordenadas geográficas das parcelas. 40

Figura 60: Detalhe da parcela após o corte total da parte epígea da vegetação. 41

Figura 61: Pesagem do peso úmido de toda vegetação presente na parcela de 1 m². 41

Figura 64: Distribuições de frequência para os valores de cobertura (%) (a), altura (m) (b) e biomassa (t/ha) (c) encontrados nas parcelas amostradas. 45

Figura 65: Valores médios desvios-padrão para estimativas de biomassa em parcelas com predomínio de vegetação de porte herbáceo, arbustivo e arbustivo-arbóreo. 45

Figura 66: Mancha de vegetação com predomínio de sorgo. 46

Figura 67: Mancha de vegetação com predomínio de crotalária..... 46
Figura 68: Mancha de vegetação com predomínio de feijão guandu..... 46
Figura 69: Mancha de vegetação com predomínio de estilosantes..... 46
Figura 70: Vista panorâmica da planície B36 exibindo sua cobertura vegetal..... 47
Figura 71: Área com predominância de crotalária exibindo dossel descontínuo e presença de ravinas entre as plantas..... 47
Figura 72: Área com predominância de feijão guandu onde o solo encontra-se parcialmente exposto..... 47
Figura 73: Área com predominância de calopogônio..... 47
Figura 74: Espécie de regeneração espontânea que apresenta ampla distribuição ao longo de toda área impactada..... 47
Figura 75: Aspecto geral da planície M08 com predomínio da espécie calopogônio. Em primeiro plano observam-se plantas arbustivas e em segundo plano, o tapete verde formado por calopogônio..... 48
Figura 76: Detalhe do tapete denso de calopogônio..... 48
Figura 77: Detalhe de mancha de vegetação regenerante de espécies nativas, colonizando locais mais úmido..... 48
Figura 78: Detalhe da espécie nativa cruz-de-malta (Ludwigia elegans), espécie comumente encontrada colonizando ambientes mais úmidos e associados à curso d'água, ao longo das áreas afetadas..... 49
Figura 79: Área com predominância de crotalária..... 49
Figura 80: Mancha de vegetação predominantemente de indivíduos de feijão guandu..... 49
Figura 81: Predomínio de Mimosa cf. setosa, espécie nativa com ampla distribuição na planície..... 50
Figura 82: Mancha de vegetação herbácea com predomínio de estilosantes..... 50
Figura 83: Predomínio de espécies herbáceas; destaque para o feijão de porco e o capim vaqueiro..... 50
Figura 84: Cobertura do solo insatisfatória e predomínio espécies herbáceas, como a braquiária..... 50
Figura 85: Vista panorâmica da planície B82..... 51
Figura 86: Área dominada pela crotalária..... 51
Figura 87: mancha de vegetação encontrada na planície onde há o predomínio do feijão guandu..... 51
Figura 88: Mancha de vegetação com predomínio de calopogônio e espécies espontâneas..... 51
Figura 89: Área dominada pela braquiária, semeada pelo proprietário do imóvel..... 51
Figura 90: Panorâmica da planície B98 evidenciando a cobertura vegetal incipiente..... 52
Figura 91: Detalhe da espécie Sida glaziovii, espécie nativa comumente encontrada nas áreas afetadas..... 52
Figura 92: Maciço de uma espécie indeterminada da família Malvaceae (Malvaceae 1), de ocorrência espontânea na planície B98..... 52
Figura 93: Indivíduos de Pluchea sagitallisui, espécie nativa de ocorrência espontânea nas áreas afetadas..... 53
Figura 94: Detalhe da espécie invasora capim gordura (Melinis minutiflora)..... 53
Figura 95: Vista da planície B97 dominada por braquiária (Urochloa decumbens). Paisagem comum ao longo da área afetada pelo rompimento da barragem, devido ao seu uso na formação de pastagem..... 53
Figura 96: Vista geral da planície B139 coberta em sua totalidade por braquiária..... 54
Figura 97: Detalhe da elevada produção de biomassa da braquiária..... 54
Figura 98: Mesmo sendo coberta por braquiária, a planície B139 apresenta manchas com solo exposto..... 54
Figura 99: Vista geral da planície do TG 16, área escolhida como controle para avaliação da regeneração natural..... 55

Figura 100: Detalhe da espécie nativa Commelina cf. difusa. 55
Figura 101: Indivíduo jovem de Cecropia sp. 55
Figura 102: Indivíduo de Ficus sp. encontrado na planície. 55
Figura 103: Espécie com ampla distribuição nas áreas afetadas, Schinus terebinthifolius. 55
Figura 104: Detalhe da Passiflora sp., espécie trepadeira nativa encontrada na planície. 55
Figura 105: Valores médios de biomassa epígea, hipógea e total registrados nos diferentes tributários amostrados. 65
Figura 106: Valores médios e erro padrão para as diferentes variáveis caracterizadas segundo o porte da vegetação. 67
Figura 107: Composição diamétrica das populações de plantas lenhosas vivas e mortas nas parcelas amostradas nos TGs 02, 03, 11 e 16. 69
Figura 108: Estimativas de biomassa total média para indivíduos lenhosos vivos e de biomassa lenhosa para indivíduos mortos nos tributários TG02, TG03, TG11 e TG16. Os traços representam os respectivos desvios padrão. 70
Figura 110: Detalhe das ilhas de vegetação nativa que se desenvolvem na margem esquerda. 71
Figura 112: Indivíduo regenerante de Ficus sp. 72
Figura 113: Plântula de Inga sp. 72
Figura 114: Indivíduo de Luehea sp. 72
Figura 115: Plântula de Jacaranda sp. 72
Figura 116: Em primeiro plano, indivíduo de uma espécie da família Lauraceae, (Ocotea sp); e uma plântula de Cecropia sp embaixo à esquerda. 73
Figura 117: Possivelmente um indivíduo de Nectandra sp. se regenerando sobre o rejeito. 73
Figura 118: Plântula de Sapium glandulosum se desenvolvendo bem sobre a camada de rejeito. 73
Figura 119: Em destaque, dois indivíduos de Cecropia sp. bem desenvolvidos. 73
Figura 120: Indivíduos de Ficus sp., esta espécie ocorre com significativa abundância no TG16 e no TG11. 74
Figura 121: Plântula de Tibouchina granulosa. 74
Figura 122: Espécies arbustivas e herbáceas consorciadas (crotalária, feijão guandu e braquiária semeada pelo proprietário). 74
Figura 123: Estilosantes se desenvolvendo abaixo de crotalária, garantindo a cobertura do solo por meio da diversidade de espécies. 74
Figura 124: Nesta figura evidencia-se o elevado porte da vegetação arbustiva (crotalária e feijão guandu). 75
Figura 125: Detalhe do aporte de matéria orgânica depositada no solo. 75
Figura 126: Trecho a montante do tributário com predomínio de braquiária. 75
Figura 127: Trecho com a margem recoberta por crotalária, feijão guandu e estilosantes. 75
Figura 128: Trechos com predomínio de calopogônio. Neste ponto é notável o desenvolvimento sobre o enrocamento onde toda a margem encontra-se coberta, minimizando o impacto visual causado pelas rochas e contribuindo no aporte de matéria orgânica. 76
Figura 129: Trecho recoberto por crotalária e feijão guandu. 76
Figura 130: Crista do talude com alta densidade da espécie estilosantes promovendo estabilidade física e contenção de sedimentos provenientes da planície. 76
Figura 131: Em destaque, indivíduo de Ludwigia elegans se desenvolvendo às margens do tributário. 77

Figura 132: Detalhe para a margem do TG 34 recoberta por espécies espontâneas. ..... 77
Figura 133: Trecho próximo a foz do TG 44 com o predomínio de espécies herbáceas. ..... 77
Figura 134: Trecho mais a montante do tributário evidenciando a dominância de herbáceas. ..... 77
Figura 135: Vista da margem direita do TG 44 evidenciando a regeneração natural por espécies arbustivas. ..... 78
Figura 136: Detalhe de Ludwigia elegans, espécie nativa comumente encontrada ao longo da área afetada. ..... 78
Figura 137: Presença de animais domésticos pastando nas áreas trabalhadas do tributário. ..... 78
Figura 138: Detalhe do aspecto visual de um trecho do TG 44, mostrando a transparência da água. ..... 78
Figura 139: Área dominada por mamona e outras plantas infestantes, colonizadoras de terrenos baldios. ..... 79
Figura 140: Carrapicho-redondo (Urena lobata), espécie comum no TC02 formando maciços densos abaixo das mamonas. ..... 79
Figura 141: Área revegetada apresentando desenvolvimento de nabo forrageiro. ..... 79
Figura 142: Vista aérea das margens próximas à foz evidenciando o desenvolvimento da vegetação. ..... 79
Figura 143: Vista aérea do TC02 a montante da COPASA evidenciando touceira de bambus. ..... 79
Figura 144: Baixa densidade vegetal abaixo das touceiras de bambus. ..... 79
Figura 145: Trecho afetado pelo rejeito sem sinais de mortalidade entre os indivíduos arbóreos. ..... 80
Figura 146: Regeneração natural do sub-bosque com espécies nativas. ..... 80
Figura 147: Trecho dominado por sorgo forrageiro. ..... 80
Figura 148: Detalhe para o bom desenvolvimento das plantas de sorgo, contribuindo para o aporte de matéria orgânica ao solo. ..... 80
Figura 149: Detalhe das plantas crescendo sob o dossel dominado por sorgo forrageiro que poderá garantir a cobertura do solo após o término do ciclo de vida do sorgo. Espécies como feijão guandu, crotalária, ervilhaca, nabo forrageiro e estilosantes também se fazem presentes. ..... 81
Figura 150: Duas espécies de macrófitas fixadoras se desenvolvendo em um banco de sedimento, próximo à margem. ..... 81
Figura 151: Plantas espontâneas se desenvolvendo entre o enrocamento. ..... 81
Figura 152: Cobertura vegetal nas margens minimizando o carreamento de sedimentos para o leito do curso d'água e transparência da água. ..... 81
Figura 153: Trecho a montante onde se observa cobertura do solo densa com o predomínio de braquiária, carrapicho-redondo, crotalária, mamona, Mimosa setosa, dentre outras. ..... 81
Figura 154: Ajuste do modelo de regressão linear simples para a relação entre NDVI e logarítmo da biomassa acrescido de 1 unidade (Log10(biom +1)), em toneladas por hectare. As linhas azuis representam o intervalo de confiança a 95%. ..... 82
Figura 155: Exemplo de espacialização das estimativas de biomassa através de isolinhas geradas pelo do modelo obtido para a relação entre NDVI e biomassa em março/2017. A imagem de fundo foi obtida por VANT em planícies selecionadas. As isolinhas representam biomassa em kg/m². ..... 83
Figura 156: Teores médios de umidade e respectivos desvios padrão para amostras de cobertura vegetal herbácea e arbustiva estabelecida sobre áreas de deposiçao de rejeito, entre março e junho de 2017 ..... 88
Figura 157: Perfil médio de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa estimado para as diferentes planícies-alvo, descontada a cobertura de nuvens e sombras. ..... 88
Figura 158: Perfil médio de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa estimado para os diferentes tributários, descontada a cobertura de nuvens e sombras. ..... 89

Figura 159: Densidade média da cobertura vegetal nas áreas prioritárias (t/ha) ..... 93

Figura 160: Perfil médio de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa estimado para as diferentes áreas prioritárias, descontada a cobertura de nuvens e sombras. ..... 94

Figura 161: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 3. ..... 94

Figura 162: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 4. ..... 95

Figura 163: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 13. ..... 95

Figura 164: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 11. ..... 96

Figura 165: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 10. ..... 96

Figura 166: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 8. ..... 97

Figura 167: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 5. ..... 97

Figura 168: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 7. ..... 98

Figura 169: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 9. ..... 98

Figura 170: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 6. ..... 99

Figura 171: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 14. ..... 99

Figura 172: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 15. ..... 100

Figura 173: Trincheira aberta adjacente às raízes de um agrupamento de estilosantes na planície M03, área prioritária 3. Raízes fasciculadas com desenvolvimento vertical alcançando 28 cm de profundidade. ..... 108

Figura 174: Raiz de um indivíduo de nabo forrageiro, com 26 cm de comprimento, retirado para análise, na planície M03. ..... 108

Figura 175: Trincheira aberta adjacente às raízes da espécie Mimosa cf. setosa. Raiz pivotante com desenvolvimento vertical superior a 20 cm de profundidade, planície B36, área prioritária 11. ..... 108

Figura 176: Presença de nódulos nas raízes de crotalária, planície B36. ..... 108

Figura 177: Raiz de um indivíduo de calopogônio, por volta de 14 cm de comprimento, planície B36. ..... 109

Figura 178: Raízes das espécies cruz de malta à direita e do junquinho à esquerda atingindo 29 e 23 cm de profundidade no solo, respectivamente, planície M08, área prioritária 10. ..... 109

Figura 179: Raiz de um indivíduo da Mimosa cf. setosa, por volta de 17 cm de comprimento, planície B65, área prioritária 8. ..... 109

Figura 180: Raiz de um indivíduo da Mimosa cf. setosa, por volta de 27 cm de comprimento, com crescimento lateral da raiz principal, planície B65. ..... 109

Figura 181: Presença de nódulos nas raízes de Mimosa cf. setosa, planície B65. ..... 110

Figura 182: Raiz de um indivíduo de crotalária, por volta de 14 cm de comprimento, com crescimento lateral significativo, localizado na planície B82, área prioritária 5. ..... 110

Figura 183: Grande nódulo fixador de nitrogênio presentes nas raízes da crotalária, planície B82. 110

Figura 184: Trincheira aberta com as raízes da Malvaceae 1 atingindo 32 cm de profundidade no solo, na planície B98, área prioritária 7. 110

Figura 185: Coleta das amostras de solo a partir de trado tipo holandês. 112

Figura 186: Coleta de amostras simples de solo. 112

Figura 187: Detalhe da homogeneização do solo para retirada de duas amostras compostas. 112

Figura 188: Distribuição granulométrica média das amostras de solo coletas nas parcelas de monitoramento da biomassa vegetal. 116

Figura 189: Teores médios de matéria orgânica das amostras de solo coletadas em diferentes planícies de inundação. 120

Figura 190: Valores médios de Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) das amostras de solo das diferentes planícies amostradas. 123

Figura 191: Valores médios de Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) e taxa de respiração microbiana (qCO2) nas diferentes planícies amostradas. 124

Figura 192: Similaridade das áreas quando se utilizada das características de respiração, biomassa microbiana e quociente metabólico de diferentes amostras de solo coletado ao longo do Rio Gualaxo do Norte. 125

Figura 193: Croqui apresentando instalação das réguas de monitoramento bem como exemplos de medidas a serem realizadas, altura e comprimento de sedimento acumulado. 130

Figura 194: Régua A10-R05 em quatro momentos: 03/02/17 (0 cm); 16/02/17 (8 cm); 02/03/17 (8 cm); 16/03/17 (9 cm). 138

Figura 195: Vista ampliada da área onde está instalada a régua A10-R05 em 16/03/17. 138

Figura 196: Exemplos de pontos de fuga de sedimentos identificados em estruturas de contenção. 139

Figura 197: Régua A13-R03 instalada junto a um feixe de galhadas onde não houve acúmulo de sedimentos. 139

Figura 198: Total de réguas instaladas, removidas e mantidas durante as estações chuvosa e seca de 2017. 140

Figura 199: Total de réguas que acumularam e não acumularam sedimentos durante as estações chuvosa e seca de 2017. 141

Figura 200: Modelo esquemático da parcela proposta para o monitoramento das taxas de erosão. 143

Figura 201: Conformação da planície para construção das parcelas de monitoramento da área 10. 145

Figura 202: Vista geral da construção das parcelas de monitoramento na área 10. 145

Figura 203: Conferência da declividade com inclinômetro manual. 145

Figura 204: Acompanhamento topográfico da construção das parcelas. 145

Figura 205: Aplicação do revestimento nas parcelas (adubação, semeio manual e biomanta de palha). 145

Figura 206: Vista do crescimento da vegetação em duas parcelas. 145

Figura 207: Construção das parcelas na área prioritária 7. 146

Figura 208: Levantamento topográfico das parcelas. 146

Figura 209: Conferência das medidas das parcelas com trena. 146

Figura 210: Vista Geral das parcelas da área prioritária 7. 146

Figura 211: Detalhe das leiras revestidas com biomantas. 147

Figura 212: Chapas metálicas para direcionamento de fluxo instaladas na saída das parcelas. 147

Figura 213: Vista geral das parcelas de monitoramento de taxas de erosão da área 7. 147

Figura 214: Detalhe do tratamento da parcela com retentores de sedimento, adubação e semeio manual. ..... 148
Figura 215: Escavação para instalação do sistema de direcionamento e captação do escoamento superficial ..... 148
Figura 216: Detalhe de instalação da chapa metálica para direcionamento do escoamento superficial ..... 148
Figura 217: Detalhe da caçamba basculante e caixa para coleta de sedimentos. ..... 148
Figura 218: Homogeneização do material coletado para amostragem. ..... 149
Figura 219: Amostragem de alíquotas para envio ao laboratório. ..... 149
Figura 220: Visão geral das parcelas de monitoramento de taxas de erosão na área prioritária 15. ..... 149
Figura 221: Volumes de precipitação e escoamento superficial registrados nas parcelas da área prioritária 15 ..... 152
Figura 222: Perda de solo (em t/ha) calculada nos eventos registrados na área prioritária 15. ..... 153
Figura 223: Perda de solo (em kg/ha) calculada nos eventos registrados na área prioritária 15. ..... 153
Figura 224: Volumes de precipitação e escoamento superficial registrados nas parcelas da área prioritária 10 ..... 154
Figura 225: Perda de solo (em t/ha) calculada nos eventos registrados na área prioritária 10. ..... 155
Figura 226: Volumes de precipitação e escoamento superficial registrados nas parcelas da área prioritária 7 ..... 156
Figura 227: Perda de solo (em t/ha) calculada nos eventos registrados na área prioritária 7. ..... 157
Figura 228: Erosão na parcela controle da área prioritária 7 observada após a chuva de 22/05/17 ..... 157
Figura 229: Preenchimento da erosão da parcela controle da área prioritária 7 com calda de cimento. ..... 158
Figura 230: Figura esquemática da localização dos pontos de amostragem de turbidez e SST nos tributários. ..... 159
Figura 231: Localização dos pontos de monitoramento situados entre a mina da Samarco e montante do distrito de Paracatu de Baixo. ..... 161
Figura 232: Localização dos pontos de monitoramento situados o distrito de Paracatu de Baixo e o distrito de Gesteira. ..... 162
Figura 233: Localização dos pontos de monitoramento situados o distrito de Gesteira e a cidade de Barra Longa ..... 163
Figura 234: Número de resultados de turbidez (em verde) em cada ponto e resultados acima do padrão aplicável (em laranja) antes e durante as obras nos tributários TC02, TC05, TG10, TG16, TG18, TG34, TG36, TG53A e TG55. ..... 173
Figura 235: Número de resultados de turbidez (em verde) em cada ponto e resultados acima do padrão aplicável (em laranja) após as obras nos tributários TC02, TC05, TG03, TG10, TG11, TG18, TG20, TG30B, TG30, TG34, TG36, TG38, TG48, TG49, TG55 e TG56. ..... 173
Figura 236: Resultados do monitoramento diário de turbidez no rio Gualaxo do Norte e no rio do Carmo, de 30 de novembro de 2015 a 30 de junho de 2017. ..... 175
Figura 237: Valores de turbidez (i.e., P5%, mediana e P95%) nos pontos de monitoramento situados nos rios principais a partir de 31 de julho de 2017 ..... 177
Figura 238: Valores de turbidez nos pontos de monitoramento situados nos rios principais a partir de 31 de julho de 2017, com destaque para coletas em 7 e 8 de agosto de 2017 (pontos em vermelho). ..... 178
Figura 239: Registro da atividade de garimpo no dia 08 de agosto de 2017, a montante do ponto Montante Paracatu. Valor de turbidez atingiu 622 UNT. ..... 179
Figura 240: Gráficos de séries temporais de turbidez medidos nos pontos A3TG03, A10M, Montante Paracatu e Gesteira T6b ..... 180
Figura 241: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TC02. ..... 181
Figura 242: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG36. ..... 182
Figura 243: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG34. ..... 182

Figura 244: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG30. ..... 183

Figura 245: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG38. ..... 183

Figura 246: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG49. ..... 184

Figura 247: Médias dos resultados de turbidez dos tratamentos dos tributários TC02 e TG34. ..... 186

Figura 248: Médias dos resultados de turbidez dos tratamentos dos tributários TC05 e TG36. ..... 186

Figura 249: Médias e intervalos de confiança de 95 % de turbidez para os tributários TG16, TG53A, TG10, TG18, TG30, TG38, TG48, TG49 e TG56 para o período seco. ..... 189

Figura 250: Médias e intervalos de confiança de 95 % de turbidez para os tributários TG16, TG53A, TG03, TG10, TG18, TG30, TG38, TG48, TG49, TG55 e TG56 para o período chuvoso. ..... 190

**ANEXOS**

**Anexo A**
Laudo Laboratorial de Análise de Sementes – APSEMG

**Anexo B**
Áreas Amostrais para o Monitoramento Vegetação

**Anexo C**
Localização das Parcelas de Monitoramento da Biomassa Vegetal

**Anexo D**
Localização das Estacas de Monitoramento da Sedimentação em Estruturas de Contenção

**Anexo E**
Relatório Fotográfico das Estacas de Monitoramento da Sedimentação em Estruturas de Contenção

**Anexo F**
Localização das Parcelas de Monitoramento de Taxas de Erosão

**Anexo G**
Dados de turbidez de Tributários e Rios Principais

**Anexo H**
Gráficos e Fotos de Pontos de Monitoramento de Turbidez em Tributários e Rios Principais

# 1.0 INTRODUÇÃO

Este documento apresenta os resultados da 1ª e 2ª campanhas de monitoramento conforme metodologia apresentada no Plano de Monitoramento das Intervenções Prioritárias (GOLDER, 2017 – RT-033_159-515-2282_02-B). O Plano de Monitoramento das Intervenções Prioritárias tem como intuito atender a cláusula 194 do Termo de Transição e Ajustamento de Conduta (TTAC) que especifica:

> *"Os PROGRAMAS SOCIOAMBIENTAIS e SOCIOECONÔMICOS deverão ser objeto de monitoramento, tanto para avaliação da sua efetividade como para se prevenir ou mitigar novos impactos decorrentes da própria execução desses PROGRAMAS. "*

O Plano de Monitoramento das Intervenções Prioritárias possui três componentes centrais que, analisados de forma integrada, permitirão avaliar os resultados das intervenções realizadas pela Samarco/Fundação Renova no trecho compreendido entre o dique S4 e o Reservatório de Candonga. Os três componentes são definidos a seguir:

- Programa de Monitoramento da Vegetação;
- Programa de Monitoramento dos Solos;
- Monitoramento da Turbidez em Tributários e Rios Principais.

O Ofício nº 38/2016/AP-GF-ANA, o qual corresponde à Deliberação da Câmara Interfederativa (CIF) nº 17, de 4 de novembro de 2016, denominada como "Proposta de Conteúdo Mínimo para o Programa de Monitoramento Quali-qualitativo da Água e dos Sedimentos do Rio Doce (PMQQS) – Cláusula 177 e 178 do TTAC", também contém requisitos específicos às Áreas Prioritárias (AP) para intervenções na calha dos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce. Assim, no Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo de Vigilância para Avaliação de Impactos (PMQQVAI), dessa deliberação, fica definido o número mínimo de pontos de amostragem de parâmetros de qualidade de água e sedimento, bem como as localizações e a frequência de amostragem.

Entretanto, é importante salientar que o Monitoramento da Turbidez em Tributários e Rios Principais utilizará dados de pontos específicos do *Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo de Vigilância para Avaliação de Impactos* (PMQQVAI) para, juntamente com os outros componentes do plano (vegetação e solos), avaliar a efetividade das intervenções realizadas e em curso.

De acordo com a metodologia apresentada no documento RT-033_159-515-2282_02-B (Golder, 2017), o monitoramento abrange toda a área impactada entre a barragem de Fundão e o Reservatório de Candonga, com ações específicas realizadas nas áreas prioritárias, mas que permitem analisar a eficácia das intervenções em todo o contexto da área impactada supracitada.

A seguir são apresentados os resultados obtidos em duas campanhas de monitoramento realizadas entre janeiro e junho de 2017 no âmbito dos 3 componentes monitorados.

# 2.0 OBJETIVOS

## 2.1 Objetivo Geral

O Plano de Monitoramento das Intervenções Prioritárias visa avaliar a efetividade das ações iniciais de recuperação ambiental das obras de drenagem e contenção e dos serviços em bioengenharia realizados nos tributários e rios principais, bem como fornecer subsídios para realização de análises críticas e tomada de decisões que garantam o gerenciamento adaptativo do projeto.

## 2.2 Objetivo Específico

Este documento tem como objetivo específico apresentar as atividades realizadas e resultados obtidos na primeira e segunda campanhas de monitoramento realizadas no âmbito do Plano de Monitoramento das Intervenções Prioritárias.

Considerando cada um dos componentes (i) vegetação, (ii) solos e (iii) qualidade da água, o plano tem como objetivos específicos:

- Acompanhar o desenvolvimento da cobertura vegetal e quantificar as áreas efetivamente revegetadas;
- Quantificar a produção de biomassa vegetal proveniente das atividades de plantio e da regeneração natural nas áreas prioritárias e não prioritárias;
- Avaliar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas na camada de rejeitos e seu comportamento ao atingir as camadas subjacentes;
- Diagnosticar alterações nas características físicas, químicas e microbiológicas dos solos e sua relação com a cobertura vegetal;
- Avaliar a eficiência da cobertura vegetal e das diferentes técnicas de bioengenharia adotadas na redução dos processos erosivos;
- Obter respostas de curto prazo da eficiência da retenção de sedimentos resultante das medidas de controle implementadas;
- Quantificar as taxas de erosão em parcelas de monitoramento revestidas com diferentes técnicas de bioengenharia adotadas no tratamento das planícies de inundação;
- Analisar de forma integrada os resultados dos componentes vegetação e controle de erosão com os resultados de parâmetros físico-químicos de qualidade da água.

# 3.0 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO

## 3.1 Introdução

O Programa de Monitoramento da Vegetação consiste em reunir uma base de dados capaz de subsidiar outras análises que, em conjunto, permitirão verificar a eficiência das ações implementadas para a redução dos processos erosivos e consequente melhoria da qualidade da água das áreas impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão. Adicionalmente, irá prover informações importantes acerca da capacidade produtiva do sistema solo-rejeito subsidiando ações voltadas ao programa de restauração florestal e ao retorno das atividades agrícolas ao longo das áreas diretamente afetadas.

É amplamente conhecido o papel da cobertura vegetal na minimização dos processos erosivos, atenuando os efeitos da precipitação na desagregação das partículas de solo (por meio das folhas) e reduzindo o transporte de sedimentos (por meio dos caules/troncos e raízes). Além destes benefícios, a cobertura vegetal implantada nas áreas impactadas, em sua maioria composta por adubos verdes, proporciona a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo com repercussão favorável na melhoria dos diferentes sistemas agrícolas de produção, no aumento da produção e da produtividade das culturas comerciais, na maior racionalidade no uso dos insumos externos e no maior equilíbrio ambiental. Neste sentido, diversas ações de revegetação foram implementadas visando o estabelecimento de uma cobertura vegetal densa nas áreas ocupadas pelos rejeitos dentre as quais planícies, tributários e calhas dos rios.

Dada a grande extensão das áreas contempladas com ações de revegetação emergencial (cerca de 800 ha com cobertura vegetal de gramíneas e leguminosas), em diferentes estações do ano e adotando diferentes técnicas de plantio (semeio manual, hidrossemeadura, aplicação de biomantas antierosivas), foram utilizadas técnicas modernas de geoprocessamento aliadas ao extenso conhecimento de campo da equipe da Golder, para se obter um modelo de monitoramento representativo e adequado à realidade das áreas. Neste sentido,

foram implementadas ações de monitoramento que conjugam a utilização de sensores remotos para obtenção de imagens multiespectrais e atividades de campo que juntas permitiram avaliar o desenvolvimento da cobertura vegetal em diferentes momentos e considerando as diferentes técnicas de revegetação adotadas.

No que concerne às atividades de campo, foram feitas avaliações relacionadas à biomassa vegetal acumulada acima do solo bem como ao desenvolvimento do sistema radicular das espécies plantadas. Características físicas, químicas e microbiológicas dos solos também foram avaliadas uma vez que apresentam relação direta com o status da cobertura vegetal implantada. Num segundo momento estas informações foram cruzadas com os produtos gerados pelo sensoriamento remoto que permitiram extrapolar os dados obtidos para a totalidade das áreas tratadas e avaliar, de forma ampla, os resultados das ações implementadas.

Considerando que determinados indicadores necessitam de tempo para serem obtidos em função de diversas interações ecológicas que ocorrem na natureza, a aquisição de dados dos parâmetros propostos terá sua periodicidade trimestral, com exceção dos parâmetros do solo, onde a coleta de dados terá periodicidade semestral. Este relatório de monitoramento da vegetação apresenta os primeiros resultados das ações relacionadas ao levantamento de dados da cobertura vegetal nas planícies dos tributários e dos rios principais revegetadas que, juntamente com as ações que serão implementadas nos outros programas (Controle de Erosão e Qualidade da Água), subsidiarão avaliações sobre os resultados das intervenções prioritárias.

Por fim, salienta-se que um programa de monitoramento só se faz efetivo quando as ações propostas são otimizadas na medida em que se avaliam os resultados ao longo do tempo, sendo, portanto, passível de melhorias e ajustes no curso de seu desenvolvimento.

## 3.2 Objetivos

O objetivo deste programa é avaliar o estabelecimento e desenvolvimento das espécies vegetais plantadas em diferentes sítios em recuperação.

Especificamente, o Programa de Monitoramento da Vegetação visa avaliar:

- O percentual de cobertura vegetal nas áreas amostrais;
- A produção de biomassa vegetal;
- O desenvolvimento do sistema radicular das plantas;
- Características físicas, químicas e microbiológicas dos solos e sua relação com o status da vegetação.

## 3.3 Histórico das Ações de Revegetação

Cerca de 808 ha em planícies e tributários foram inicialmente revegetados no trecho compreendido entre a barragem de Fundão e o Reservatório de Candonga entre novembro de 2015 e junho de 2016. Apesar de parte destes plantios ter sido realizada no período chuvoso 2015/2016, o substrato ainda encontrava-se com elevado teor de umidade e com condições adversas ao desenvolvimento de uma cobertura vegetal satisfatória para o controle de erosão.

No período seco de 2016 os baixos volumes de precipitação também foram responsáveis pelo desenvolvimento lento da cobertura vegetal das áreas tratadas, mesmo com todos os esforços desprendidos. Entretanto, os resultados de tais esforços vieram a ser recompensados com o advento do período chuvoso 2016/2017, no qual os volumes precipitados associados ao banco de sementes presente nas áreas, proporcionaram o desenvolvimento da cobertura vegetal. Adicionalmente, uma série de medidas de controle de erosão incluindo atividades de bioengenharia foram implantadas durante esse período, contribuindo ainda mais para o desenvolvimento da vegetação das áreas impactadas.

### 3.3.1 Descrição das Atividades de Revegetação

As especificações técnicas de tais atividades foram elaboradas pela Golder inicialmente para a revegetação de tributários e, num segundo momento, para a revegetação no contexto das obras dos rios principais. Atividades realizadas por iniciativa e terceiros também contribuíram para o estabelecimento da vegetação nas áreas impactadas. Em linhas gerais as atividades de revegetação encontram-se resumidas conforme descrição abaixo.

1) **Preparo manual do solo** – consistiu na regularização das superfícies por meio de enxadas e outras ferramentas manuais seguido do coveamento destas superfícies (**Figura 1**). As covas tiveram profundidade aproximada de 5 cm e largura de 10 cm e foram espaçadas entre si a cada 10 cm em linhas alternadas;

2) **Preparo mecanizado do solo** – consistiu na regularização das superfícies por meio de escavadeiras, tratores de esteira, tratores agrícolas e motocultivadores;

3) **Aplicação de materiais de empréstimo –** consistiu na aplicação de solo natural sobre rejeitos depositados nas planícies (**Figura 2**);

*Figura 1: Preparo manual do solo.*

*Figura 2: Aplicação de material de empréstimo sobre os rejeitos.*

4) **Adubação mineral e orgânica –** consistiu na aplicação de adubos minerais (**Figura 3**) e orgânicos sobre as superfícies coveadas nas seguintes proporções:

- 350 Kg/ha de NPK 04-14-08;
- 350 kg/ha de Superfosfato Simples;
- 2.000 Kg/ha de adubo orgânico ou esterco curtido.

5) **Semeio manual –** consistiu na aplicação do mix de gramíneas e leguminosas (**Figura 4** e **Figura 5**) na proporção de 300 kg/ha conforme espécies e quantidades descritas na **Tabela 1;**

**Tabela 1: Lista de espécies e respectivas quantidades utilizadas nos plantios.**

| Família | Nome Científico | Nome Popular | Hábito[1] | Ciclo de vida[2] | Estação[3] | Kg/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fabaceae (Leguminosae) | *Crotalaria* spp. | Chocalho de cascavel | H | An | V / I | 30 |
| | *Cajanus cajan* | Guandu | A | An | V | 35 |
| | *Pueraria phaseoloides* | Pueraria | L | P | V | 25 |
| | *Glycine wightii* | Soja-perene | L | P | V | 10 |
| | *Stylosanthes* spp. | Estilosante | H | P | V | 25 |
| | *Lupinus albus* | Tremoço branco | H | An | I | 30 |
| | *Vicia sativa* | Ervilhaca | L | An | I | 25 |
| | *Desmodium* spp. | Pega-pega | H | P | V | 10 |
| | *Trifolium repens* | Trevo-branco | H | An ou Bi | I | 10 |
| | *Lotus corniculatus* | Cornichão | H | P | I | 10 |
| | *Vigna unguiculata* | Feijão-miúdo | H | An | V | 15 |
| Poaceae (Gramineae) | *Sorghum bicolor* | Sorgo-forrageiro | H | An | V | 20 |
| | *Avena strigosa* | Aveia-preta | H | An | I | 35 |
| | *Cynodon dactylon* | Capim-vaqueiro | H | P | V | 5 |
| | *Lolium multiflorum* | Azevém | H | An | I | 15 |
| **TOTAL (Kg/ha)** | | | | | | **300** |

*Figura 3: Adubos de plantio: superfosfato simples (acima) e NPK 04-14-08 (abaixo).*

*Figura 4: Sementes de gramíneas e leguminosas que compõem o mix de espécies.*

*Figura 5: Detalhe do mix de sementes.*

6) **Hidrossemeadura –** consistiu na aplicação de adubos, mulching e sementes por via aquosa através de jateamento com mangueira (**Figura 6**). As quantidades destes insumos aplicados seguem conforme **Tabela 2;**

**Tabela 2: Insumos e quantidades utilizados na hidrossemeadura.**

| Insumo | Quantidade |
|---|---|
| NPK 04-14-08 | 50 kg |
| Superfosfato Simples | 50 kg |
| Bagaço de cana triturado | 90 kg |
| Esterco de curral curtido e peneirado | 120 kg |
| Celulose | 200 kg |
| Adesivo orgânico | 4 kg |
| Mix de sementes | 30 kg |

7) **Aplicação de biomantas antierosivas** – consiste na aplicação de biomantas antierosivas sobre as superfícies semeadas (**Figura 7**) podendo tais biomantas serem constituídas de dois tipos:

- Biomantas antierosivas de Palha Agrícola Bidimensionais - aplicadas em superfícies de taludes com declividade inferior a 12% e em áreas planas (planícies) e/ou revestindo leiras de proteção;
- Biomantas antierosivas de Fibra de Coco Bidimensionais - aplicadas em superfícies de taludes com declividade igual ou superior a 12%.

8) **Controle de formigas** cortadeiras – consiste na avaliação das áreas antes e durante os plantios com o objetivo de detectar e combater formigas cortadeiras que possam levar à redução da área foliar das plantas e consequentemente diminuição da cobertura vegetal implantada;

9) **Irrigação** – consiste na aplicação de um volume aproximado de 5 L/m² em todas as áreas tratadas com periodicidade de 2 vezes por semana. Esta atividade poderá ser suspensa mediante a ocorrência de chuvas;

10) **Adubação de cobertura** – consiste na aplicação de 200 kg/ha de sulfato de amônio 45 dias após os plantios.

*Figura 6: Hidrossemeadura.*

*Figura 7: Aplicação de biomantas antierosivas.*

*<u>Observação:</u> Ao longo dos trabalhos de revegetação algumas áreas foram semeadas pelos próprios proprietários com objetivo de formar de pastagens ou cultivar a terra com plantas de gênero alimentício, utilizando espécies diferentes daquelas propostas no projeto. Dentre as espécies mais comuns estão Brachiaria decumbens e Brachiaria humidicola para formação de pastagens e Zea mays (milho) para a produção de recurso alimentício* (**Figura 8**).

*Figura 8: Plantio de milho em planície adjacente ao TG34.*

É possível que variações nas quantidades de adubos e sementes aplicados possam ter ocorrido, uma vez que os trabalhos foram executados por empresas diferentes e devido a disponibilidade de sementes no mercado quando do início dos trabalhos. Visando obter um diagnóstico das espécies semeadas pelas empresas executoras foram coletadas amostras representativas dos mix de espécies em 4 áreas diferentes durante os trabalhos de plantio. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Sementes da APSEMG (Associação dos Produtores de Sementes do Estado de Minas Gerais – RENASEM nº MG-01938/07) para identificação das espécies e respectivos percentuais. Os resultados são apresentados no **Anexo A**.

## 3.4 Áreas Amostrais

Especificamente para o monitoramento do indicador *Produção de Biomassa Vegetal* foram selecionadas sete Áreas Amostrais (AM) para cada tipo de área tratada (planícies de inundação e tributários) com o objetivo de avaliar este indicador em escala de maior detalhe e, posteriormente, extrapolar as informações obtidas na escala das Áreas Prioritárias (AP). As Áreas Amostrais (AM) são apresentadas na **Tabela 3** a seguir e sua seleção considerou os critérios: facilidade de acesso, técnicas de revegetação utilizadas e uso do solo/cobertura vegetal do entorno.

**Tabela 3: Áreas Amostrais para monitoramento da cobertura vegetal.**

| Tipo de Área | Subárea/Estaca | Área Prioritária | Dimensões (ha) |
|---|---|---|---|
| **Planícies** | M03 | 3 | 2,33 |
| | B36 | 11 | 11,00 |
| | M08 | 10 | 5,16 |
| | B65 | 8 | 2,63 |
| | B82 | 5 | 7,23 |
| | B98 | 7 | 0,58 |
| | B139 | 6 | 12,47 |
| **Tributários** | TG03 | 3 | 3,43 |
| | TG11 | 13 | 3,43 |
| | TG16 | 11 | 9,77 |
| | TG20 | 10 | 10,10 |
| | TG34 | 7 | 4,79 |
| | TG44 | 9 | 3,22 |
| | TC02 | 15 | 9,37 |
| | TC05 | 15 | 4,65 |

Com o objetivo único de fornecer parâmetros de comparação frente aos tratamentos realizados foi selecionada uma área controle (TG16 e planícies adjacentes) onde não foram realizadas intervenções.

O **Anexo B** apresenta os mapas com as Áreas Amostrais (AM) escolhidas para realizar as avaliações e implementar o Programa de Monitoramento da Vegetação.

### 3.4.1 Suficiência Amostral

De acordo com dados publicados pelo LERF – Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal da ESALQ/USP (BELLOTTO et. al., 2009) "*é fundamental o estabelecimento de um delineamento amostral adequado e padronizado, coerente na definição da unidade amostral e no estabelecimento do tamanho ótimo da amostra (suficiência amostral)* " Neste contexto, a publicação sugere uma percentagem mínima de 0,5% da área total da unidade de avaliação, para que o monitoramento seja representativo e economicamente viável.

Com base nesta referência e em diversos outros estudos voltados ao monitoramento da vegetação, consideram-se representativos os valores de áreas amostrais sugeridos na **Tabela 3** uma vez que resultam em percentuais acima daqueles recomendados por BELLOTTO et. al., 2009:

- No que se refere às áreas de planícies impactadas entre Fundão e Candonga que somam cerca de 1.965 ha e que serão alvo de ações de revegetação, prevê-se o monitoramento em 41,40 ha, o que resulta em 2,11% de esforço amostral referente ao indicador *Produção de Biomassa Vegetal* a ser analisado. Para o indicador *Percentual de Cobertura Vegetal* será analisada a totalidade das Áreas Impactadas entre Fundão e Candonga (AIFC) que somam 2.236 há;
- Em relação aos tributários, estima-se que a área total alvo de ações de reabilitação alcançará aproximadamente 271,33 ha, sendo o monitoramento previsto em 48,76 ha, ou seja 17,97% de esforço amostral.

Considera-se, portanto, que os percentuais de amostragem ora propostos são representativos e refletem o esforço empreendido na busca do conhecimento a ser gerado nas áreas em processo de recuperação, estando alinhado às peculiaridades e nuances que envolvem o monitoramento ora proposto.

### 3.4.2 Caracterização das Áreas Amostrais - Planícies

Informações sobre a cobertura vegetal presente nas áreas revegetadas foram analisadas semanalmente durante visitas de campo realizadas desde o início das obras nas quais foram observados aspectos relacionados à diversidade de espécies, predominância de espécies, altura das plantas e cobertura vegetal a altura do solo.

A partir de diversas campanhas de campo iniciadas em julho de 2016, foi montado um acervo fotográfico das áreas prioritárias e de grande parte dos tributários compreendidos entre a barragem do Fundão e o Reservatório de Candonga. No primeiro trimestre de 2017 este acervo fotográfico foi complementado com imagens obtidas a partir de drone, e foi criteriosamente analisado com o objetivo de se avaliar a evolução da cobertura vegetal das áreas revegetadas e sua efetividade na contenção dos processos erosivos.

Na primeira campanha de monitoramento foi dado ênfase às áreas amostrais em planícies de inundação, onde se concentraram as atividades de levantamento da biomassa, avaliação do sistema radicular e caracterização dos atributos dos solos. Na segunda campanha priorizou-se as áreas amostrais de tributários com atividades voltadas ao levantamento da biomassa epígea e hipógea além da avaliação dos componentes herbáceo e arbustivo-arbóreo. Uma descrição destas áreas amostrais e uma análise temporal da sua cobertura vegetal é apresentada a seguir.

### 3.4.2.1 Planície M03 - Área 3

Em agosto de 2016 a cobertura vegetal na planície M03 era pouco representativa, sendo a maioria do substrato composta por rejeito exposto, desde a parte mais baixa até as encostas localizadas a aproximadamente 100 m da margem esquerda do Rio Gualaxo do Sul (**Figura 9**). Atividades de revegetação emergencial não haviam sido realizadas nesta planície naquela época e o volume de rejeitos depositados, associado às baixas precipitações do período seco, culminaram na baixa representatividade da cobertura vegetal. Próximo ao rio o substrato encontrava-se encharcado em consequência das variações do nível freático criando condições anaeróbicas que podem ter dificultado a regeneração de espécies não adaptadas a tais condições.

*Figura 9: Aspecto geral da planície M03 a partir de sobrevoo realizado em 25/08/2016.*

Durante os levantamentos de campo realizados no início do mês de agosto a vegetação encontrada nesta área era esparsa ocupando pequenas depressões no terreno onde o acúmulo de água era mais constante, porém com baixa eficiência na proteção do substrato e na redução dos processos erosivos (**Figura 10**). Entre setembro e novembro de 2016 uma série de atividades foram realizadas nesta planície desde a reconformação do terreno com escavadeiras, construção de dispositivos de drenagem e de contenção e atividades de revegetação e bioengenharia. No início do período chuvoso a área já apresentava uma cobertura vegetal inicial de porte baixo, mas com alguma capacidade de minimizar o impacto direto das chuvas sobre o substrato (**Figura 11**). Em meados de dezembro de 2016 já era possível observar a vegetação ocupando diversas porções da planície (**Figura 12**).

*Figura 10: Vista panorâmica da planície M03 em 03/08/2016.*

*Figura 11: Vista panorâmica da planície M03 em 21/11/2016.*

*Figura 12: Evolução da cobertura vegetal na planície M03 em 19/12/2016.*

Com o advento das chuvas do período chuvoso 2016/2017 associado à continuidade das ações de revegetação e reconformação das drenagens nesta planície, a cobertura vegetal formou um denso tapete verde (**Figura 13**) proporcionando a devida proteção do substrato contra os agentes erosivos. Condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de outras espécies anteriormente semeadas, como algumas leguminosas de verão, também contribuíram para o aumento da diversidade vegetal

*Figura 13: denso tapete verde formado na planície M03 em meados de abril de 2017.*

Apesar dos inúmeros benefícios proporcionados pela cobertura vegetal na redução dos processos erosivos na planície M03, alterações morfológicas na calha do rio em áreas à jusante, provocadas por chuvas intensas em novembro de 2016, ocasionaram a remobilização de rejeitos das partes baixas da planície para o seu leito. Tal fenômeno resultou na adoção de intervenções de engenharia nesta planície, iniciando pela abertura de acesso ao maquinário para aplicação de enrocamentos (**Figura 14A**), atividades de terraplanagem e construção de dispositivos de drenagem sobre as áreas anteriormente revegetadas (**Figura 14B**). Ao final das obras novas atividades de revegetação foram realizadas com o semeio do mix de espécies de gramíneas e leguminosas seguido da aplicação de biomantas antierosivas.

*Figura 14: Abertura de acesso ao maquinário (A) e reconformação topográfica da planície para realização de obras de estabilização de margens (B).*

### 3.4.2.2 Planície B36 - Área 11

Em meados e 2007 a atividade garimpeira ocupava algumas planícies ao longo das margens do rio Gualaxo do Norte, incluindo a planície B36. Tal atividade era responsável por uma série de impactos ambientais que incluíam a supressão da mata ciliar, o assoreamento do rio, alterações na qualidade das águas decorrente do lançamento de rejeito diretamente no leito do rio, do vazamento de óleos e graxas e de lixiviados contendo mercúrio (AMADE & LIMA, 2009) (**Figura 15**A).

Nos meses de janeiro e fevereiro de 2008 foram plantadas aproximadamente 4.600 mudas de 24 espécies arbóreas nativas da região em uma área de 4,1 ha na planície B36 (Gazel, et. al, 2009). No mês seguinte, as precipitações provocaram o alagamento de uma porção da área onde as mudas haviam sido plantadas, causando danos à parte das mesmas e reduzindo a área total plantada para 2,7 ha. Os autores deste trabalho citam que o ataque de formigas cortadeiras e a emergência de plantas arbustivas foram detectados, mas sem causar grandes danos às mudas plantadas. Espécies promissoras que vinham se desenvolvendo de forma satisfatória são recomendadas neste trabalho, porém não foram encontradas mais informações sobre o status destes plantios antes da passagem da onda de rejeitos sobre esta planície.

Analisando imagens de satélite de 2007 e 2011 (**Figura 15**A, **Figura 15**B e **Figura 15**C), percebe-se que neste último ano as atividades garimpeiras já encontravam-se cessadas na planície B36, mas a área ainda estava desprovida de cobertura vegetal. Tal condição se manteve entre os anos de 2013 e 2014 (**Figura 15**D e **Figura 15**E). Resquícios de lagoas de garimpo e de uma rede intrincada de canais ficavam sujeitas às cheias do rio e dificultavam o estabelecimento de uma cobertura vegetal de porte florestal.

Com o rompimento da barragem em novembro de 2015, a onda de rejeitos, ao chegar nesta planície, promoveu o arraste de parte do solo superficial e depositou rejeitos e sedimentos ao longo das lagoas e canais (**Figura 15**F). Em 15 de dezembro de 2015 os volumes de chuva precipitados já acumulavam 622mm desde o acidente (dados da estação meteorológica Samarco 5) e contribuíram para a formação de sulcos e ravinas sobre a camada de rejeitos depositada sobre a planície (**Figura 15**G).

Após o período chuvoso 2015/2016 e início da estação seca de 2016, o nível freático tanto do rio quanto das lagoas e canais baixou criando condições para o estabelecimento de uma vegetação hidrófila ao longo das depressões, caracterizada em sua maioria por espécies como a taboa (*Typha domingensis* - **Figura 16**), o lírio do brejo (*Hedychium coronarium* - **Figura 17**), dentre outras adaptadas a este tipo de ambiente. A cobertura vegetal, porém, ainda era modesta e com baixa capacidade de proteção do substrato (**Figura 15**H, **Figura 15**I e **Figura 15**J).

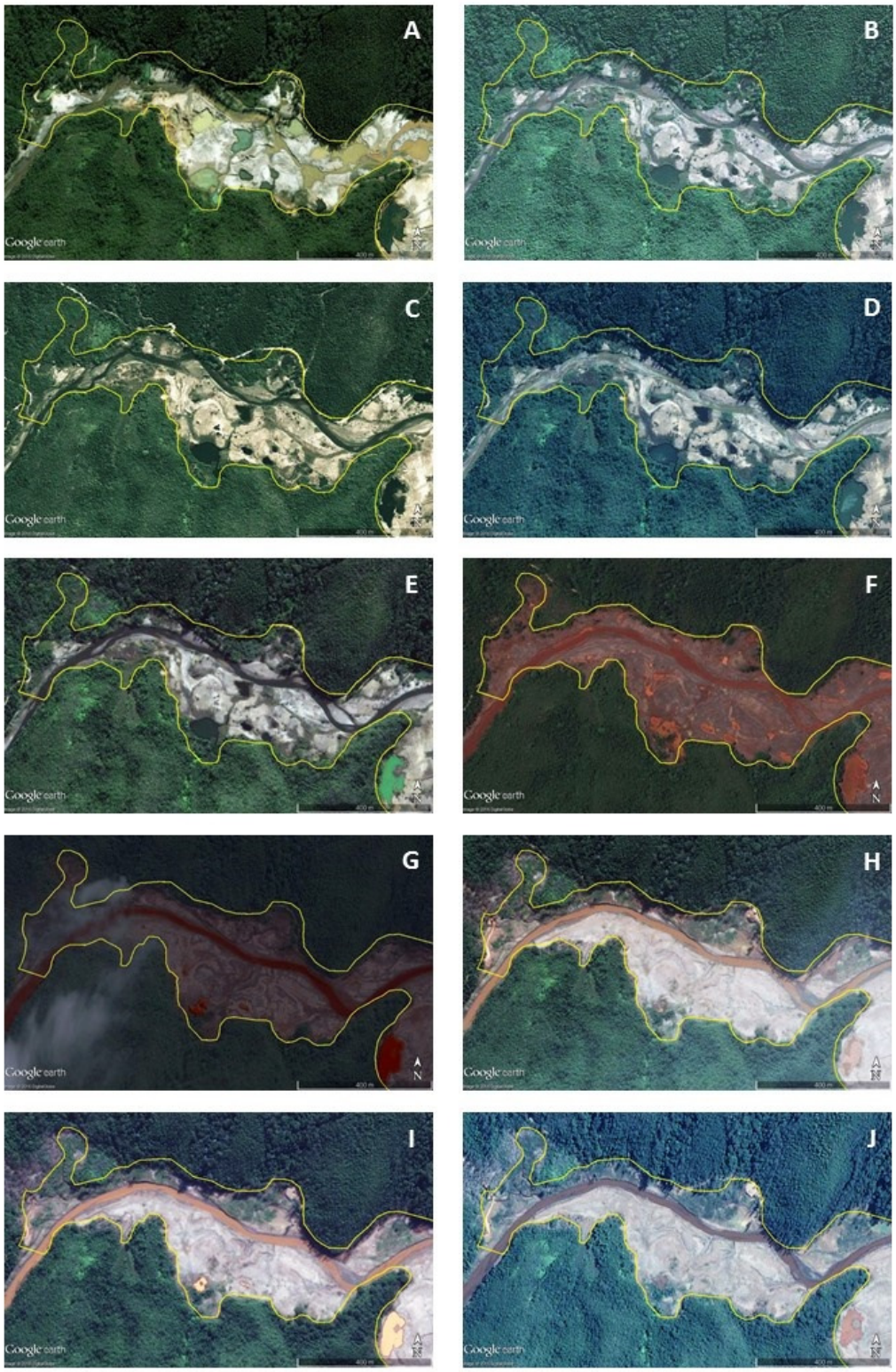



*Figura 15: Análise temporal da planície B36 evidenciando os diferentes usos e a ausência de vegetação. (A) jun/2007; (B) mai/2011; (C) out/2011; (D) mai/2013; (E) ago/2014; (F) nov/2015; (G) dez/2015; (H) abr/2016; (I) mai/2016; (J) jul/2016. Fonte: Google Earth.*

*Figura 16: População de Typha dominguensis colonizando área úmida impactada por rejeitos.*

*Figura 17: Lírios do brejo (Hedychium coronarium) colonizando o rejeito em área úmida.*

Imagens feitas com drone em janeiro de 2017 já evidenciaram uma condição diferente das anteriores em decorrência dos plantios emergenciais realizados no segundo trimestre de 2016 somados às precipitações do período chuvoso 2016/2017. Analisando a imagem é possível observar manchas de vegetação com diferentes densidades, promovendo proteção parcial do substrato ao longo da planície. Nos locais onde a vegetação não se faz presente é possível observar que a erosão encontra-se ativa (sulcos e ravinas espalhados pela planície). Tal fato chama a atenção e mostra que somente a cobertura vegetal parcial da área não é capaz de evitar o desenvolvimento dos processos erosivos. Mesmo em áreas onde aparentemente a biomassa vegetal se fazia exuberante, com plantas atingindo alturas maiores que 2m (**Figura 18**), processos erosivos encontravam-se ativos quando ainda não haviam sido realizadas atividades de reconformação da drenagem superficial do terreno (**Figura 19**).

*Figura 18: Altura média da vegetação nas planícies da área prioritária 11.*

*Figura 19: Carreamento de sedimentos por erosão proveniente de planície revegetada.*

Em abril de 2017 tais atividades foram realizadas nesta planície acompanhadas de novas atividades de revegetação (semeio manual e hidrossemeadura) o que contribuiu de sobremaneira na minimização dos processos erosivos e no aumento das áreas com cobertura vegetal (**Figura 20**). Tendo em vista o histórico de degradação nesta planície, os percentuais de cobertura vegetal apresentados em janeiro de 2017 (T4) são superiores àqueles apresentados antes do rompimento da barragem (T0), conforme dados obtidos a partir de imagens de satélite em diferentes momentos (**Figura 21**).

*Figura 20: Vista geral da planície B36 em 12/04/2017.*

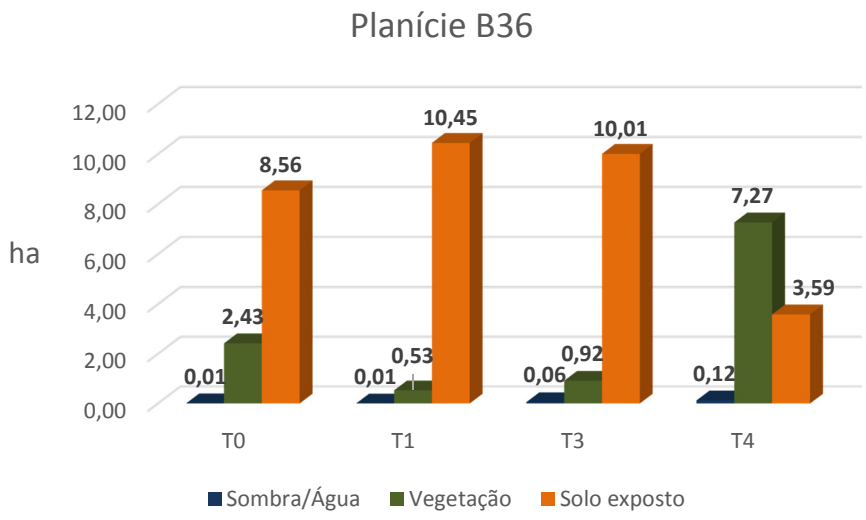



*Figura 21: Evolução da cobertura vegetal na planície B36 em T0 (antes do rompimento), T1 (logo após o rompimento), T3 (março de 2016) e T4 (janeiro de 2017).*

### 3.4.2.3 Planície M08 – Área 10

Até meados de agosto de 2016 a planície M08 encontrava-se com extensas superfícies cobertas por rejeitos (**Figura 22**), sobre as quais já haviam sido realizados semeios manuais durante as atividades de plantios emergenciais. Cabe destacar que até então atividades de reconformação do terreno ainda não haviam sido realizadas e a cobertura vegetal presente na planície acabava sendo prejudicada pelo próprio escoamento superficial, gerando novos sulcos e ravinas e dificultando o estabelecimento da vegetação. Atividades de reconformação do terreno seguidas do semeio do mix de espécies somadas à estação chuvosa 2016/2017 contribuíram para o desenvolvimento de uma cobertura vegetal herbácea nessa planície (**Figura 23**). Estimativas obtidas a partir de imagens de satélite mostram aumentos significativos da cobertura vegetal na planície M08 com consequente redução das áreas com solo exposto conforme **Figura 24**.

*Figura 22: Aspecto geral da planície M08 (à esquerda) em agosto de 2016.*

*Figura 23: Cobertura vegetal herbácea na planície M08 (à esquerda) em março de 2017.*

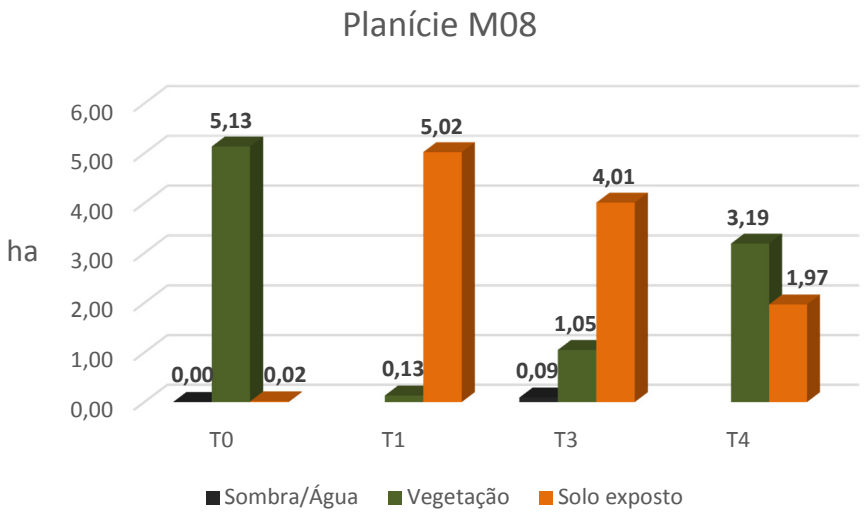



*Figura 24: Evolução da cobertura vegetal na planície M08 em T0 (antes do rompimento), T1 (logo após o rompimento), T3 (março de 2016) e T4 (janeiro de 2017).*

Entretanto, chama a atenção o status da vegetação na planície adjacente, a qual sofreu apenas intervenções emergenciais (semeio manual), mas teve a regeneração natural como um importante catalisador no desenvolvimento da cobertura vegetal desta planície. Analisando imagens temporais sugere-se que cobertura vegetal florestal pré-existente nesta planície pode ter contribuído para minimizar os efeitos do arraste do solo superficial durante a passagem da onda de rejeitos e que, após o evento, o fragmento adjacente pode ter

contribuído para o aporte de propágulos na área impactada (**Figura 25**). Além disso, observou-se grande quantidade de árvores mortas que serviram de poleiros naturais à avifauna e a outros grupos faunísticos que podem ter contribuído na dispersão de sementes e consequentemente nos processos de regeneração natural na área.

Por se tratar de uma região onde a ocorrência de fragmentos florestais adjacentes às áreas impactadas são mais expressivos, a regeneração natural dá indícios de maior eficiência no recobrimento do solo quando comparada com áreas onde atividades de reconformação e revegetação induzida foram realizadas. Ações voltadas ao conhecimento dos processos de regeneração natural ao longo das áreas impactadas deverão ser objeto de estudos específicos.

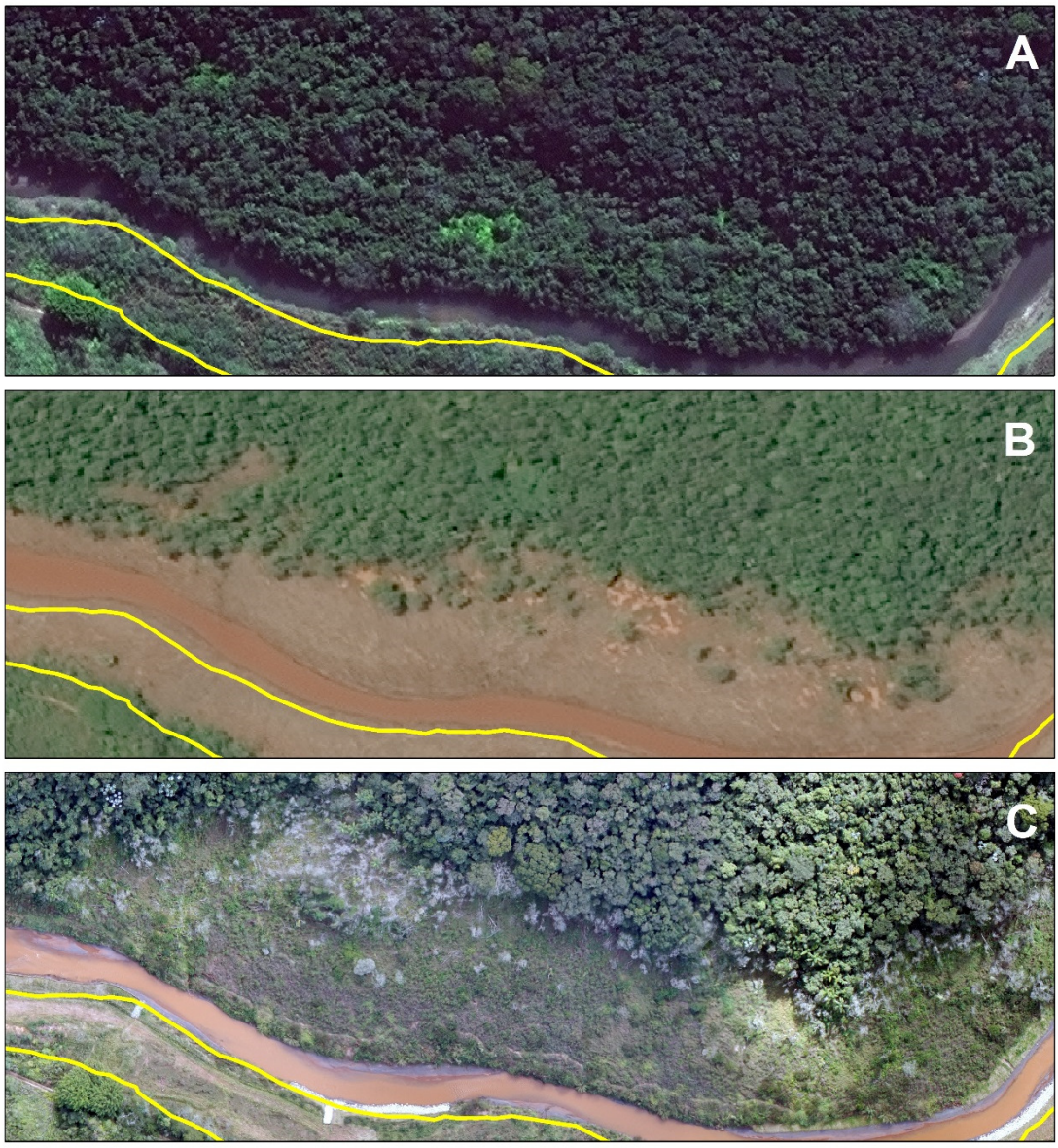



*Figura 25: Planície adjacente à planície M08 evidenciando a cobertura vegetal antes do rompimento (A), logo após o rompimento (B) e em processo de regeneração natural em abril de 2017 (C).*

### 3.4.2.4 Planície B65 - Área 8

A planície denominada B65 está localizada em trecho do rio Gualaxo do Norte caracterizado por uma curva acentuada, fazendo com que durante anos o rio depositasse sedimentos na margem interna da curva, ou seja, na planície ora analisada. Em maio de 2015 a vegetação presente nesta planície era composta por pequenas árvores e arbustos esparsos entremeados por vegetação herbácea (**Figura 26A**). Com o advento do rompimento da barragem do Fundão em novembro de 2015, a onda de rejeitos eliminou toda a vegetação presente nesta planície alterando, inclusive, pequenas depressões anteriormente ocupadas por um pequeno lago e por espécies adaptadas a ambientes alagadiços (**Figura 26B**). Atividades de reconformação foram realizadas nesta planície visando preparar a superfície para receber adubos e sementes. Em abril de 2016 a planície já encontrava-se totalmente regularizada topograficamente (**Figura 26C**), porém com solo exposto em quase a sua totalidade, uma vez que o pouco volume de chuvas observado após os plantios não foi capaz de propiciar o desenvolvimento satisfatório da vegetação. Com a estação chuvosa 2016/2017 grande parte das sementes presentes no substrato germinou e propiciou o desenvolvimento de uma vegetação de porte herbáceo-arbustivo na planície (**Figura 26D**). Pequenas áreas com sedimento exposto foram observadas, possivelmente devido a condições de encharcamento do substrato, condição está comumente observada nesta planície após chuvas intensas.

*Figura 26: Análise temporal de imagens de satélite disponíveis na plataforma Google Earth evidenciando a cobertura vegetal e/ou sua ausência em diferentes momentos: (A) mai/2015; (B) nov/2015; (C) abr/2016; e (D) imagem obtida por VANT após os trabalhos de recuperação em abr/2017.*

A partir de estimativas obtidas por imagens de satélite é possível notar a evolução da cobertura vegetal nesta planície que, em janeiro de 2017, já alcançava valores muito próximos àqueles antes do rompimento da

barragem (**Figura 27**). Após o período chuvoso 2016/2017 a cobertura vegetal já ocupava quase a totalidade da área como pode ser observado na **Figura 28**.

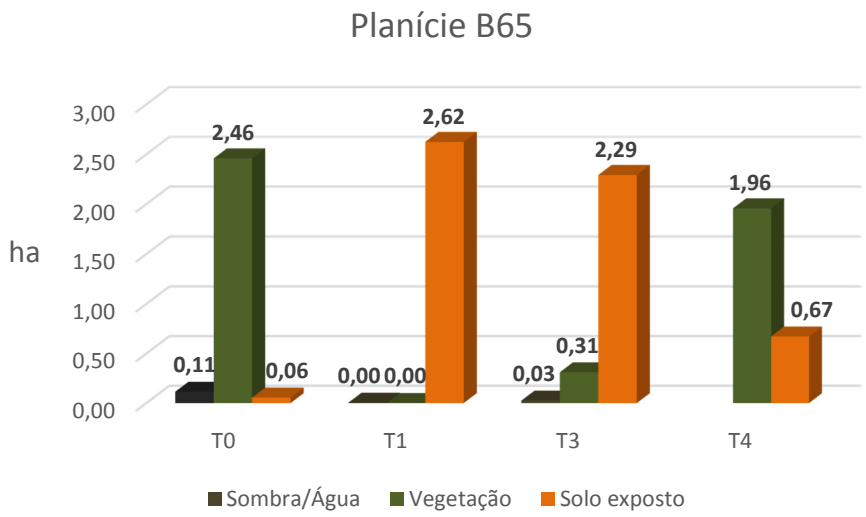



*Figura 27: Evolução da cobertura vegetal na planície B65 em T0 (antes do rompimento), T1 (logo após o rompimento), T3 (março de 2016) e T4 (janeiro de 2017).*

*Figura 28: Imagem da Planície B65 obtida por drone em 12/04/2017.*

Assim como em outras áreas, observou-se nesta planície grande quantidade de indivíduos da espécie *Mimosa setosa* Benth. (**Figura 29**) a qual tem se mostrado muito agressiva, mas de certa forma contribuindo no aporte de matéria orgânica e nitrogênio ao substrato e proporcionando proteção ao solo mesmo em períodos onde os efeitos da sazonalidade são marcantes sobre a vegetação (**Figura 30**). Esta leguminosa é amplamente

conhecida por sua rápida colonização em áreas degradadas e deverá ser objeto de manejo específico durante a etapa de restauração florestal.

*Figura 29: Mimosa setosa Benth – espécie que têm se alastrado ao longo das áreas impactadas.*

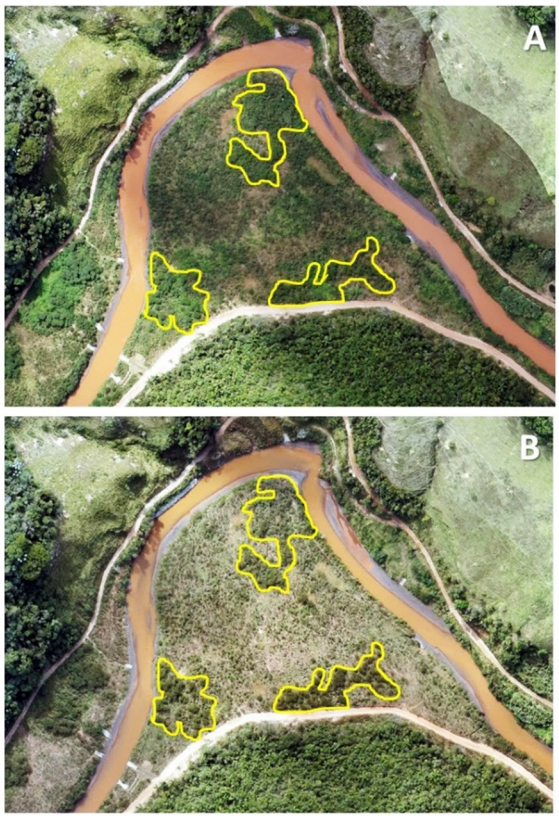



*Figura 30: Efeito da sazonalidade sobre a vegetação e ocorrência da espécie Mimosa setosa na planície B65 em abr/2017 (A) e jul/2017 (B).*

### 3.4.2.5 Planície B82 - Área 5

A planície denominada B82 está localizada nas proximidades do distrito de Paracatu de Baixo e foi alvo de ações de revegetação desde o início dos trabalhos em janeiro de 2016. A partir de imagens feitas com drone em janeiro de 2017 era possível observar o desenvolvimento de ravinas ao longo desta planície sendo uma das causas a ausência de atividades de reconformação topográfica do terreno antes das atividades de revegetação (**Figura 31**). Apesar do importante papel da cobertura vegetal na proteção imediata do solo durante as chuvas, a contribuição de águas proveniente de áreas a montante ou mesmo das drenagens dos acessos adjacentes pode promover o desenvolvimento de sulcos e ravinas no interior da planície revegetada com alguns destes processos erosivos podendo carrear sedimentos para os cursos d'água adjacentes. Soluções pontuais em bioengenharia como a aplicação de retentores de sedimentos ou a construção de paliçadas ao longo das ravinas poderiam minimizar este impacto.

*Figura 31: Imagem aérea da planície B82 em janeiro de 2017.*

Em meados de abril de 2017 atividades de bioengenharia foram retomadas nesta planície por meio da aplicação de retentores de sedimentos no sentido transversal às ravinas como forma de impedir o avanço destes processos erosivos, conter os sedimentos e permitir o desenvolvimento da vegetação. Além destas ações foi realizado o cercamento do tributário que secciona a planície B82 (denominado TG30b) o qual também foi alvo de ações específicas como o plantio de mudas de capim Vetiver, a aplicação de retentores de sedimentos e ressemeios. Um ano e meio após o início das atividades de revegetação e após duas estações chuvosas observa-se que a vegetação ocupa cerca de 97% (7,08 ha) da área total da planície, valor este superior aos 86% (6,27 ha) apresentados antes do evento (**Figura 32**) quando a planície era utilizada como pastagem.

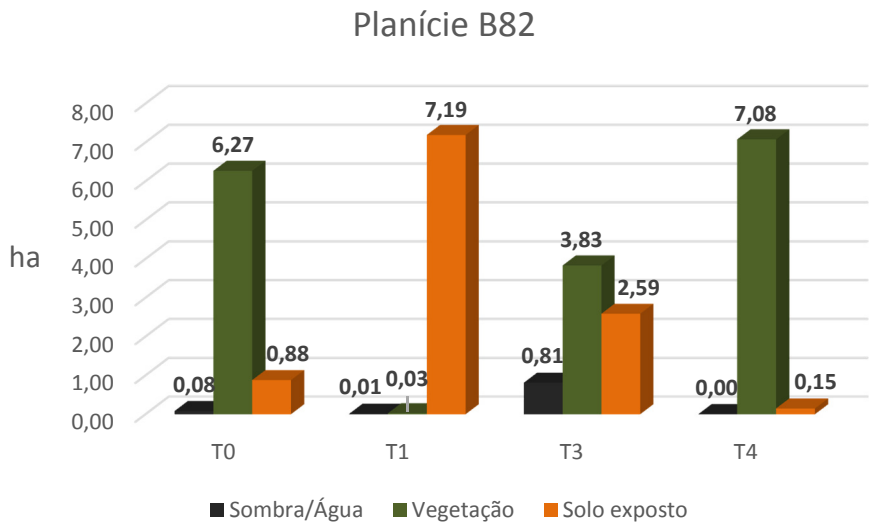



*Figura 32: Evolução da cobertura vegetal na planície B82 em T0 (antes do rompimento), T1 (logo após o rompimento), T3 (março de 2016) e T4 (janeiro de 2017).*

### 3.4.2.6 Planície B98 - Área 7

A planície B98 está localizada em um trecho do rio Gualaxo do Norte marcado por uma curva acentuada, onde o transporte fluvial erodiu, ao longo de anos, a margem direita e depositou sedimentos na margem esquerda dando origem à planície em questão. A partir da análise de imagens de satélite captadas antes do rompimento é possível observar a presença pretérita de uma cobertura vegetal florestal ocupando esta planície, em especial nas porções menos sujeitas às variações do nível d'água e onde a ação da erosão fluvial na margem esquerda era menos intensa (**Figura 33A**).

Com o advento do rompimento da barragem e da consequente passagem da onda de rejeitos sobre esta planície, parte da cobertura vegetal florestal foi removida (**Figura 33B**). Por questões relacionadas ao cronograma das obras e devido à dificuldades de acesso, em agosto de 2016 as ações de revegetação ainda não haviam se iniciado nesta planície e o que se observava era o aumento de sua área em decorrência das deposições fluviais de sedimentos (**Figura 33C**).

No segundo trimestre de 2017 atividades de reconformação topográfica, construção de dispositivos de drenagem e proteção de margens associadas a atividades de revegetação foram executadas nesta planície, alterando um cenário de degradação para um cenário promissor de restauração, tendo em vista o extenso fragmento florestal adjacente e o isolamento da área (**Figura 33D**).

*Figura 33: Análise temporal de imagens de satélite disponíveis na plataforma Google Earth evidenciando a cobertura vegetal e/ou sua ausência na planície B98 em diferentes momentos: (A) ago/2015; (B) nov/2015; (C) ago/2016; e (D) imagem obtida por VANT após os trabalhos de recuperação em jun/2017.*

Outro fato que chama a atenção é a presença de indivíduos arbóreos mortos na borda do fragmento florestal remanescente que poderá servir de poleiros naturais à fauna dispersora e acelerar os processos de regeneração natural (**Figura 34**).

Apesar das atividades de plantio na planície B98 terem sido realizadas no final do período chuvoso 2016/2017, a cobertura vegetal já apresenta indícios de bom desenvolvimento nas porções mais próximas ao fragmento

florestal. Estimativas obtidas por imagens de satélite já mostram incrementos de cobertura vegetal acima de 30% (0,18 ha) nesta planície com consequente redução nas áreas com solo exposto (**Figura 35**).

*Figura 34: Imagem aérea da planície B98 feita por drone em abril de 2017 evidenciando as atividades de recuperação e a presença de indivíduos arbóreos mortos na borda do fragmento florestal remanescente.*

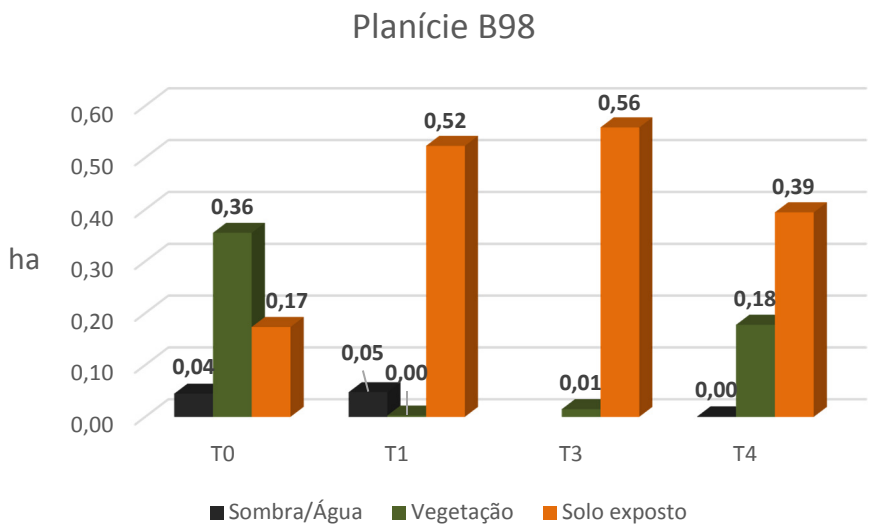



*Figura 35: Evolução da cobertura vegetal na planície B98 em T0 (antes do rompimento), T1 (logo após o rompimento), T3 (março de 2016) e T4 (janeiro de 2017).*

Paralelamente às atividades de plantio realizadas pelas empresas contratadas pela Fundação Renova, algumas planícies adjacentes à planície B98 foram alvo de plantio de gramíneas forrageiras exóticas (*Urochloa* sp.) pelos próprios proprietários com a finalidade de formar pastagens para o uso agropecuário, como é o caso da planície B97. Por se tratar de espécies muito bem adaptadas às condições climáticas da região, associadas aos volumes de chuvas precipitados na estação chuvosa 2016/2017 e à aplicação de insumos, formou-se um tapete vegetal denso bastante eficiente na proteção do substrato contra os agentes erosivos (**Figura 36**). Reitera-se, entretanto, que a utilização de tais espécies dificulta o estabelecimento da cobertura vegetal florestal nas áreas atingidas, principalmente naquelas protegidas por lei conforme determina a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Código Florestal Brasileiro) e o Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008 (Lei da Mata Atlântica).

*Figura 36: Imagem aérea feita por drone da planície B97 com cobertura vegetal de braquiária.*

### *3.4.2.7 Planície B139 - Área 9*

O histórico de ocupação da planície B139 condiciona a presença de uma vegetação de porte herbáceo, que foi ao longo dos anos modificada em função do uso agrícola e da manutenção de estradas vicinais. Analisando imagens de satélites dos últimos 10 anos nota-se que a cobertura vegetal sempre foi grandemente influenciada pelas variações sazonais uma vez que o incremento de tecnologia para o uso da terra (como adição de insumos, irrigação, etc.) era modesto. Como pode ser observado na **Figura 37A** parte da área já vinha sendo explorada em anos anteriores ao rompimento da barragem para geração de material de empréstimo, onde ações de recuperação para restabelecimento da cobertura vegetal parecem não ter sido realizadas.

Com a passagem da onda de rejeitos sobre esta planície, a cobertura vegetal existente foi totalmente removida (**Figura 37B**), restando apenas alguns indivíduos de bambu em um trecho reduzido de margem. Antes mesmo das intervenções de revegetação nesta planície, o proprietário destas terras aplicou material de empréstimo sobre a camada de rejeito depositada em praticamente metade desta planície (**Figura 37C**), vindo posteriormente a utilizá-la para a formação de pastagem (**Figura 37D**).

*Figura 37: Alteração da cobertura vegetal na planície B139 em diferentes momentos: (A) jun/2015; (B) nov/2015; (C) jul/2016; (D) mar/2017.*

Em novembro de 2016 a planície B139 já se encontrava totalmente reconformada e com material de empréstimo aplicado em quase a sua totalidade (**Figura 38**). As intervenções de plantio nesta planície foram realizadas pelo próprio proprietário o qual autorizou a realização de outras intervenções por parte da Fundação apenas numa faixa de 10 metros ao longo da margem (**Figura 39**).

Em janeiro de 2017 esta planície já se encontrava totalmente revestida por uma cobertura vegetal composta majoritariamente por braquiária (**Figura 40**) que, somada à construção de dispositivos de drenagem e dissipação, contribuiu para minimizar o carreamento de sedimentos para o rio Gualaxo do Norte neste trecho. Conforme mencionado acima, é marcante o efeito da sazonalidade na vegetação herbácea que ocupa as planícies e encostas da região (**Figura 41**), o que de certa forma altera a intensidade do uso das terras e controla a produção agropecuária nesta porção do território da bacia do Rio Doce.

*Figura 38: Planície B139 totalmente reconformada e com material de empréstimo aplicado em quase sua totalidade.*

*Figura 39: Início do desenvolvimento da vegetação na planície B139 e faixa de 10 metros ao longo do rio autorizada pelo proprietário.*

*Figura 40: Planície B139 em janeiro de 2017 com cobertura vegetal composta majoritariamente por braquiária.*

*Figura 41: Planície B139 em setembro de 2017 com a cobertura vegetal evidenciando os efeitos da sazonalidade no período de estiagem.*

A cobertura vegetal na planície B139 foi a longo de anos caracterizada pela presença de espécies voltadas à formação de pastagens, com algumas porções por vezes afetadas pela retirada de material de empréstimo para usos diversos. Antes do rompimento a cobertura vegetal ocupava cerca de 10,74 ha (86,4%), chegando a apenas 0,53 ha (3,05%) logo após o rompimento e apresentando atualmente 11,00 ha (88,58%) em função

das diversas atividades implementadas na planície por iniciativa do próprio proprietário como a aplicação de solo sobre o rejeito, adubação e plantio de braquiária (**Figura 42**).

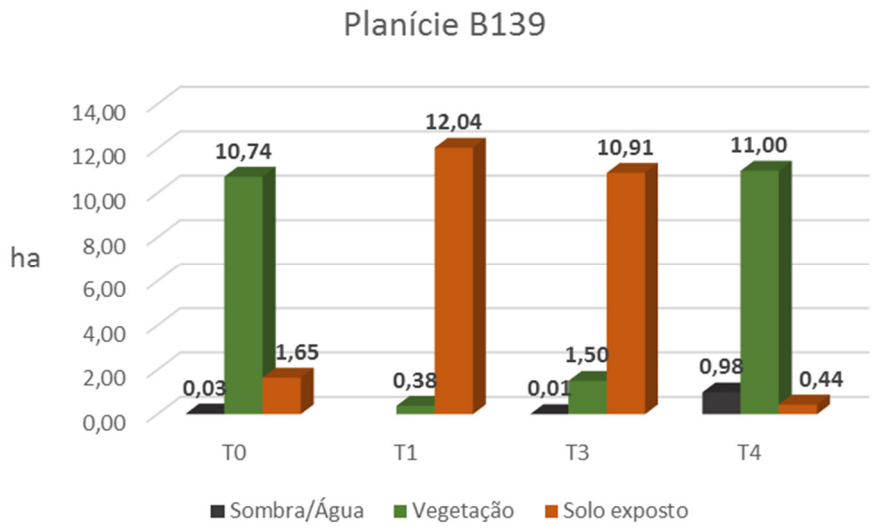



*Figura 42: Evolução da cobertura vegetal na planície B139 em T0 (antes do rompimento), T1 (logo após o rompimento), T3 (março de 2016) e T4 (janeiro de 2017).*

## 3.5 Avaliação dos Percentuais de Cobertura Vegetal

### 3.5.1 Metodologia

A avaliação dos percentuais de cobertura vegetal foi realizada por meio da compilação de informações provenientes do "*Relatório Metodológico e de Resultados da Geração dos Índices de Vegetação e Modelo de Mistura*" elaborado pela empresa Geopixel Soluções em Geotecnologia e TI (2017). Este relatório apresenta os resultados da evolução dos percentuais de cobertura vegetal das áreas impactadas a partir do processamento digital de imagens de satélite utilizando-se o índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e o Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME). A área de abrangência do trabalho foi de aproximadamente 2.236 hectares, localizados entre a Barragem de Fundão em Mariana (MG) e a Usina Hidrelétrica Risoleta Neves no município de Rio Doce.

Para tanto, foram utilizadas imagens de satélite disponibilizados pela Fundação Renova, sendo aplicado processos de controle de qualidade para validar seu uso no projeto. A **Tabela 4** apresenta os arquivos de imagens disponibilizado.

**Tabela 4: Imagens de satélite utilizadas para avaliação quantitativa da cobertura vegetal.**

| Períodos | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **T0 (jun/2014 a jul/2015)** | **T1 (nov/2015 a jan/2016)** | **T2 (fev/2016 a mar/2016)** | **T3 (mai/2016 a out/2016)** | **T4 (dez/2016 a mar/2017)** |
| P001_150721_P015_wv2 | P001_15NOV12_2020_wv3 | P001_16FEB20_2040_ge1 | P001_16MAY04_4010_wv2 | P001_17JAN08_8010_wv2 |
| P002_150614_P002_sp7 | P002_15NOV10_2010_wv2 | P001_16MAR10_2010_wv2 | P001_16OCT27_4030_wv2 | P002_16DEC31_8010_wv3 |

| Períodos | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **T0 (jun/2014 a jul/2015)** | **T1 (nov/2015 a jan/2016)** | **T2 (fev/2016 a mar/2016)** | **T3 (mai/2016 a out/2016)** | **T4 (dez/2016 a mar/2017)** |
| Q001_150721_P015_wv2 | p01_wv2pm_151110 | P001_16MAR10_2020_wv2 | P001_16SEP11_4020_wv2 | P003_17JAN08_8010_wv2 |
| Q002_150614_P002_sp7 | p02_sp6pm_151106 | P002_16FEB17_2040_wv3 | P002_16AUG18_4020_ge1 | P004_17MAR21_8010_ge1 |
| P001_14JUN01_9020_wv2 | p03_sp6pm_151106 | P002_16FEB24_2050_wv3 | P002_16MAY04_4010_wv2 | P005_17MAR13_8010_ge1 |
| P002_15JAN21_9020_ge1 | p04_sp6pm_151106 | P003_16FEB17_2040_wv3 | P002_16OCT27_4030_wv2 | |
| P003_15JUN28_9020_wv3 | p05_phrpm_151110 | q06_wv2pm_160310 | P003_16AUG10_4020_ge1 | |
| P005_15JAN21_9020_ge1 | p05_sp6pm_151106 | | P004_16AUG10_4020_ge1 | |
| P008_14AUG11_9020_wv2 | q01_wv2pm_151110 | | | |
| P010_15JUN28_9020_wv3 | q02_wv2pm_151110 | | | |
| | q03_ph1pm_151112 | | | |
| | q04_ph1pm_160101 | | | |
| | q04_sp6pm_151106 | | | |
| | q05_phrpm_151110 | | | |
| | q05_sp6pm_151106 | | | |

#### *3.5.1.1 Monitoramento da vegetação e do solo exposto para cada período*

A metodologia utilizada pela Geopixel para o monitoramento da vegetação em áreas afetadas pelo rompimento da barragem seguiu nove etapas descritas a seguir e representada no fluxograma da **Figura 43.**

### Etapa 1 – Reamostragem de imagens multiespectrais

As imagens multiespectrais em resolução inicial foram utilizadas sempre que possível, uma vez que o processo de fusão, apesar de elevar a resolução espacial, modifica consideravelmente o valor do pixel, prejudicando a análise dos dados por métodos de processamento de imagens. Para compatibilizar a base de dados, a resolução espacial de todas as imagens foi reamostrada para 2 metros.

### Etapa 2 – Recorte da área de interesse

As cenas foram recortadas de acordo com a área de interesse, utilizando o arquivo *shapefile* da área, para otimizar o processamento e diminuir o tamanho da base de dados.

### Etapa 3 – Correção atmosférica

A correção atmosférica das imagens foi realizada pelo algoritmo Quick Atmospheric Correction (QUAC), disponível no software ENVI. QUAC é um método eficiente para estimar o espectro de refletância de forma acurada (L.S. BERNSTEIN, 2012). A correção é um procedimento imprescindível para a análise multitemporal de imagens de satélite, pois a conversão dos números digitais (ND) das imagens para valores de parâmetros físicos como radiância ou reflectância, permite a caracterização espectral dos alvos e possibilita a detecção de eventuais alterações da superfície remotamente sensoriada. Essa detecção é necessária, uma vez que ao trabalhar com cenas de diferentes sensores, adquiridas em épocas distintas, os efeitos de iluminação e visada podem impactar negativamente os resultados.

## Etapa 4 – Nomalized Difference Vegetation Index (NDVI) e Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME)

As técnicas de processamento digital de imagens utilizadas na detecção de mudanças na vegetação foram os Índices de Vegetação (IVs) e o Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME). Diversos IVs foram propostos com o objetivo de explorar as propriedades espectrais da vegetação, especialmente nas regiões do visível e do infravermelho próximo. A escolha desses índices deve-se a capacidade de minimizar os efeitos de fatores externos sobre os dados espectrais e permitir a inferência de atributos da vegetação. Os IVs mais comuns são: razão simples (SR) e diferença normalizada (NDVI).

O NDVI é um índice que pode ser utilizado para analisar o status da vegetação de acordo com o seu comportamento espectral em um determinado momento. As diferenças nas respostas espectrais da vegetação são registradas na imagem na forma de variações tonais, de cores ou de densidade (UDA *et al*., 2010). Após o processamento das imagens é possível monitorar mudanças sazonais e interanuais no desenvolvimento e na atividade da vegetação em função da quantidade de radiação refletida pelas plantas e captada pelo sensor em diferentes faixas de comprimento de onda do espectro eletromagnético.

A razão simples (SR) entre o valor de reflectância na faixa do infravermelho próximo ($\rho_{ivp}$) e o correspondente à faixa do vermelho ($\rho_v$) dá-se pela equação a seguir, de acordo com Jordan (1969):

$$\mathbf{SR = \rho ivp / \rho v} \quad (1)$$

Já o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) é obtido através da normalização da razão simples para o intervalo de -1 a +1, de acordo com Rouse *et al.,* (1973):

$$\mathbf{NDVI = (\rho_{ivp} - \rho_v) / (\rho_{ivp} + \rho_v)} \quad (2)$$

Ambos os índices, SR e NDVI, realçam o contraste entre solo e vegetação e minimizam os efeitos das condições de iluminação da cena. Contudo, esses índices são sensíveis a propriedades ópticas da linha do solo - limite abaixo do qual a reflectância refere-se ao solo desnudo. Além disso, o NDVI apresenta rápida saturação, ou seja, o índice estabiliza em um patamar e o torna insensível ao aumento de biomassa vegetal a partir de determinado estágio de desenvolvimento.

Portanto, foi, também, utilizada a técnica de Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME). Esta técnica se baseia no fato de que o valor de radiância que sensibiliza o detector é a soma das radiâncias dos alvos presentes em cada pixel.

O MLME assume que a resposta espectral de cada pixel pode ser modelada por uma combinação linear das respostas espectrais de suas componentes, ponderada pela fração da área ocupada pelas mesmas (HAERTEL, SHIMABUKURO, 2005). Essas componentes estão relacionadas aos tipos de cobertura da terra presentes na cena, normalmente vegetação, solo e sombra/água. Nessas condições, para qualquer imagem, e sendo as respostas espectrais das componentes conhecidas, suas proporções podem ser estimadas, de forma individual, por meio da geração de Imagens Fração (SHIMABUKURO; SMITH, 1991). Este modelo estima as frações das componentes de mistura de cada pixel da imagem de acordo com a equação a seguir (HAERTEL, SHIMABUKURO, 2005):

$$r_i = \sum_{j=1}^{m} a_{i,j} x_j + v_i$$

Onde:

**ri** representa a reflectância média na banda espectral i;

**ai**,j é a reflectância espectral do componente j da banda espectral i;

**xj** é a proporção do componente j dentro do pixel e;

**v**i é o resíduo da banda espectral i.

## Etapas 5 e 6 – Limiares de NDVI e fração vegetação para detecção de solo exposto e vegetação

O NDVI foi utilizado no presente trabalho para mapeamento de áreas de solo exposto, uma vez que testes iniciais mostraram que o estabelecimento de um limiar único de NDVI para detecção da vegetação ao longo de toda área de interesse não é viável. Entretanto, um baixo limiar desse índice que varia de -1 a 1, se mostrou eficaz no mapeamento de áreas com ausência de vegetação, sendo o limiar utilizado no intervalo de -1 a 0.3.

A detecção da vegetação foi realizada com um limiar da fração vegetação oriunda do MLME, conforme mostrado no fluxograma da **Figura 43**. Analogamente ao índice acima, este varia de 0 a 1, sendo utilizado neste caso o limiar de 0.1 à 1.0 fixo para todas as cenas em cada período.

## Etapas 7 a 9 - Mosaico entre solo exposto e vegetação

Em consequência da utilização de duas técnicas para produção do mapeamento de solo exposto e vegetação, foi necessário realizar o mosaico entre os produtos para obter o mapa de cada cena. Posteriormente, esses mapas foram utilizados em outro mosaico com o intuito de gerar os mapas específicos de cada um dos quatro períodos.

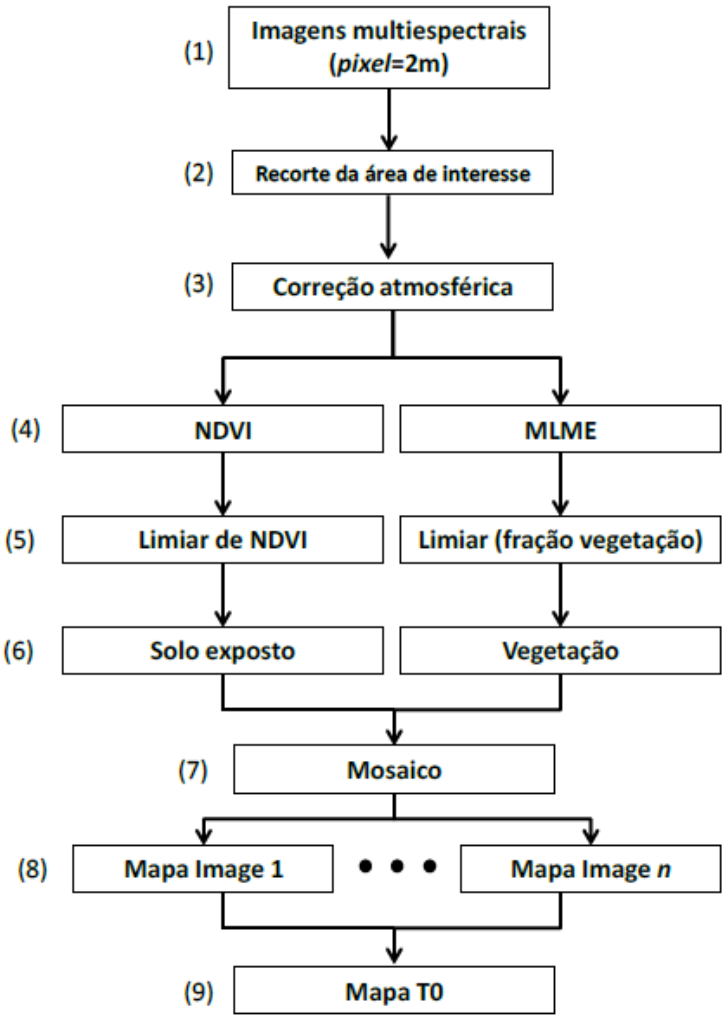



*Figura 43: Fluxograma do processamento das imagens para obtenção do mapa no período T0.*

### 3.5.2 Resultados

Através das análises do mapeamento do solo exposto e da vegetação de cada período foi possível detectar as áreas de vegetação suprimidas devido a deposição de rejeitos, bem como identificar e quantificar a vegetação que se desenvolveu durante os períodos de T1 a T4 e as áreas suprimidas onde, até o período T4, não houve crescimento de vegetação, ou seja, áreas que necessitam ser recuperadas.

Ressalta-se que a metodologia empregada apenas detecta a presença ou ausência de vegetação, não qualificando a mesma quanto ao seu porte, estagio de crescimento ou aspectos fenológicos.

Os resultados são apresentados na **Tabela 5** e na **Tabela 6.**

**Tabela 5: Área de vegetação e solo exposto (hectares) no interior da área de interesse para os períodos analisados.**

| Descrição | Períodos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | T0 (jun/2014 a jul/2015) | T1 (nov/2015 a jan/2016) | T2 (fev/2016 a mar/2016) | T3 (mai/2016 a out/2016) | T4 (dez/2016 a mar/2017) |
| | ha | ha | ha | ha | ha |
| **Vegetação** | 1327 | 256 | 373 | 521 | 1080 |
| **Não Vegetação** | 841 | 1905 | 1809 | 1613 | 1003 |
| **Sombra** | 66 | 25 | 53 | 80 | 46 |
| **Nuvem** | 2 | 50 | 0 | 21 | 106 |
| **Total** | **2236** | **2236** | **2236** | **2236** | **2236** |

**Tabela 6: Evolução da área de vegetação e solo exposto no interior da área de interesse para os períodos analisados.**

| Descrição | Períodos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | T0 (jun/2014 a jul/2015) | T1 (nov/2015 a jan/2016) | T2 (fev/2016 a mar/2016) | T3 (mai/2016 a out/2016) | T4 (dez/2016 a mar/2017) |
| | % | % | % | % | % |
| **Vegetação** | 61,21 | 11,44 | 16,70 | 23,30 | 48,31 |
| **Não Vegetação** | 38,79 | 85,23 | 80,93 | 72,16 | 44,87 |
| **Sombra** | 3,03 | 1,11 | 2,37 | 3,58 | 2,08 |
| **Nuvem** | 0,07 | 2,22 | 0,00 | 0,95 | 4,75 |
| **Total** | **100** | **100** | **100** | **100** | **100** |

Na **Figura 44** à **Figura 46**, a seguir, são apresentados mapas comparativos da cobertura vegetal nos diferentes momentos analisados, de acordo com as análises apresentadas anteriormente (GEOPIXEL, 2017).

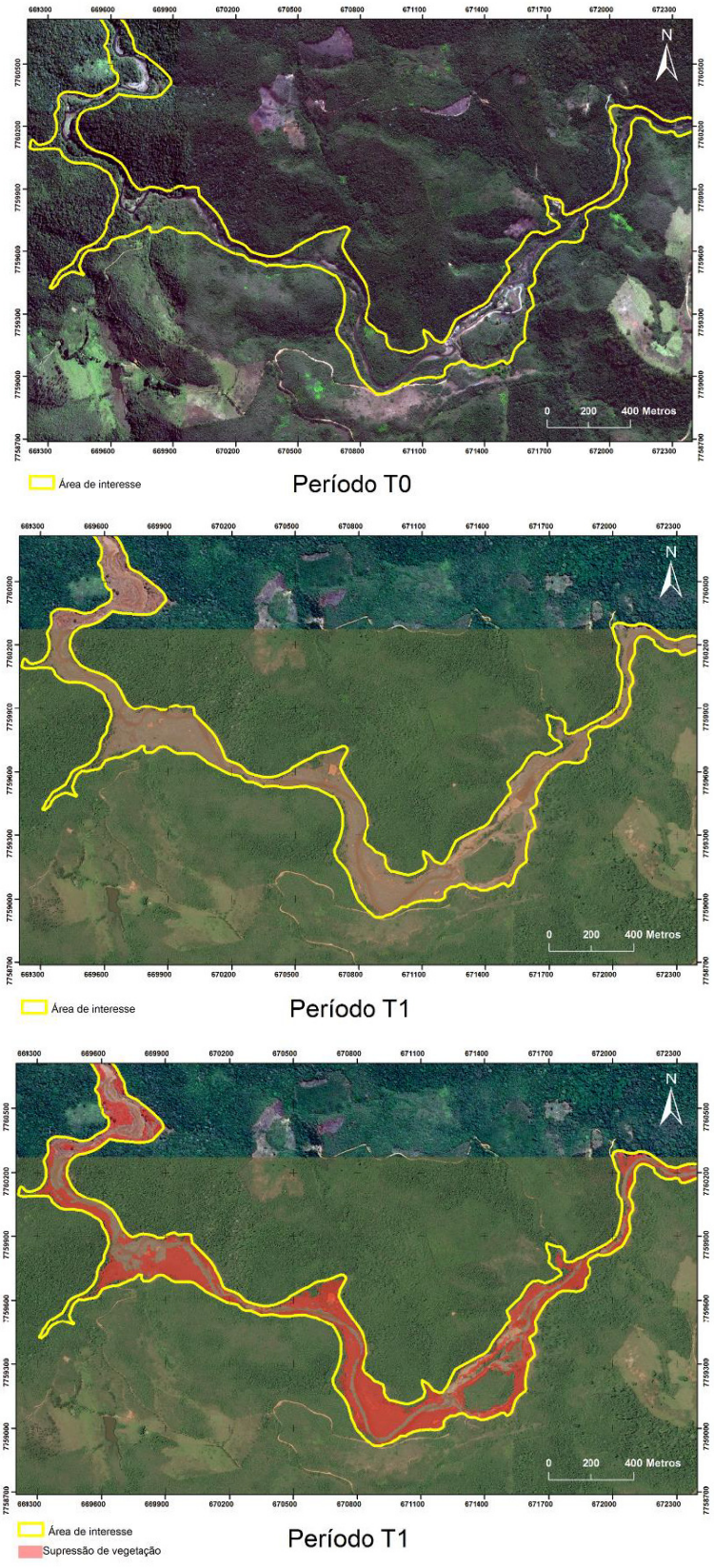



*Figura 44: Exemplo de um fragmento da área de interesse em imagens dos períodos T0, T1 e análise da vegetação suprimida (T1, inferior).*

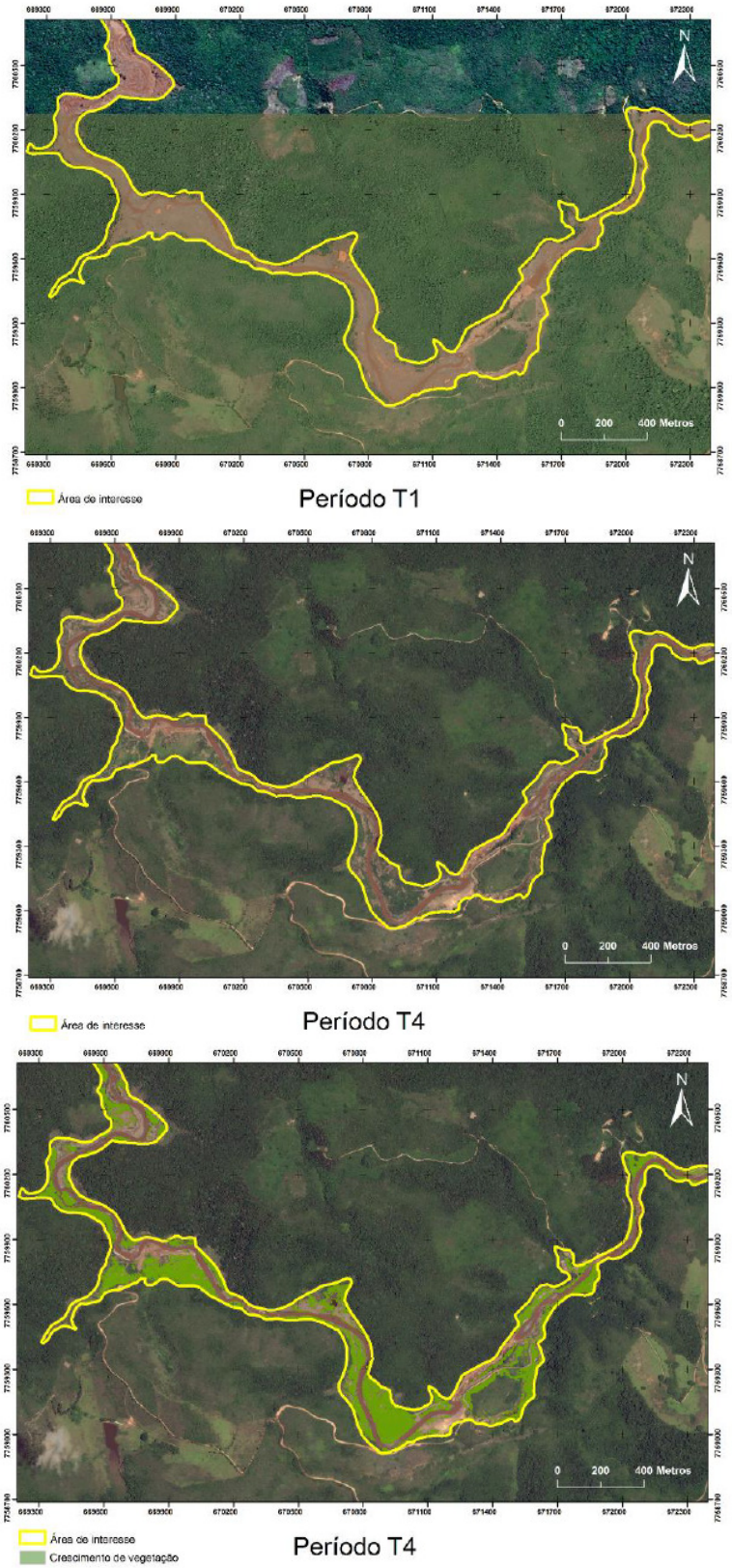



*Figura 45: Exemplo de um fragmento da área de interesse em imagens dos períodos T1, T4 e análise da vegetação desenvolvida (T4, inferior).*

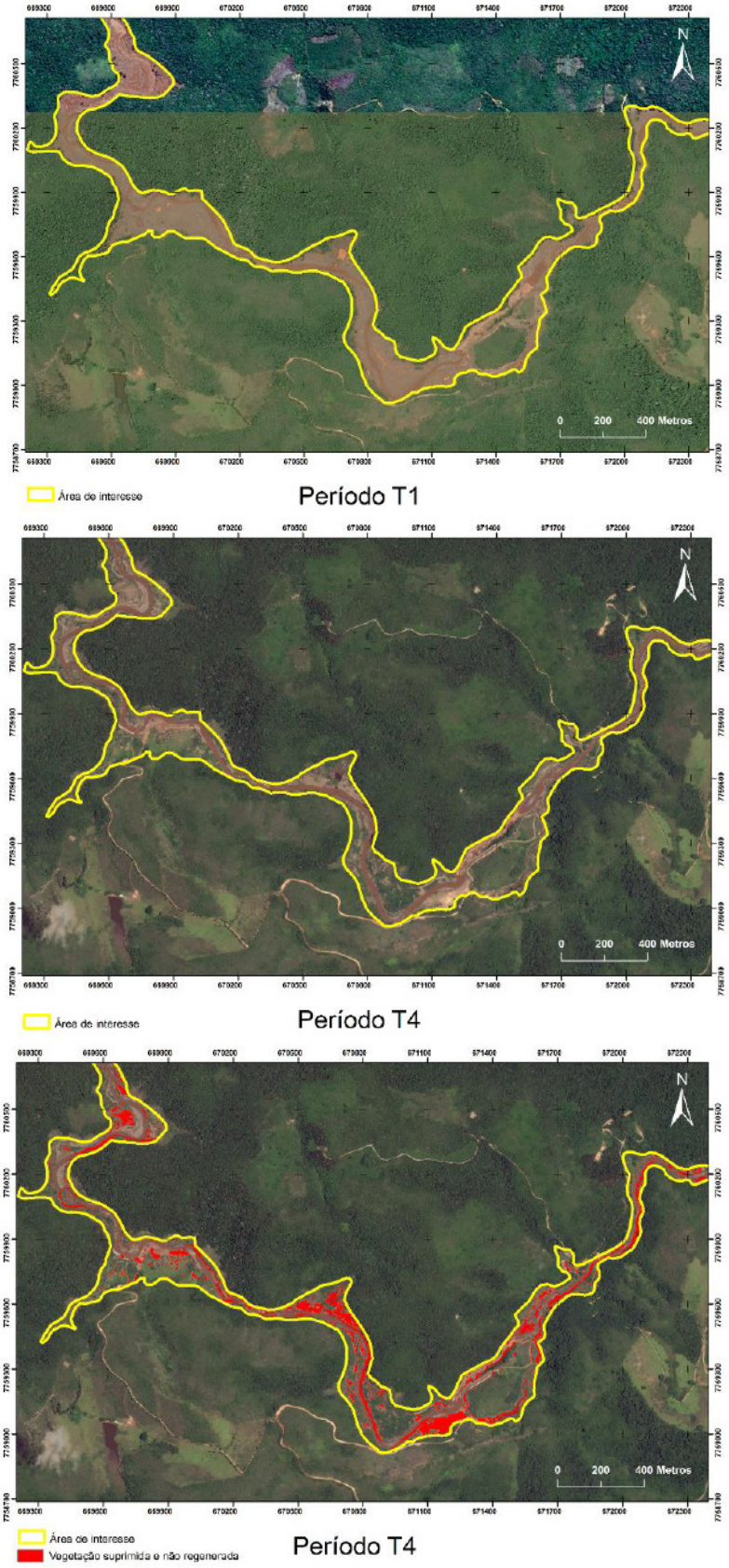



*Figura 46: Exemplo de um fragmento da área de interesse em imagens dos períodos T1, T4 e análise da vegetação suprimida em T1 e não regeneradas em T4 (T4, inferior).*

### 3.5.3 Discussão

Ao se comparar a cobertura vegetal das áreas impactadas em T1 (256 ha) e T4 (1.080 ha), observa-se que o percentual de cobertura vegetal aumentou aproximadamente 62%, em relação à cobertura vegetal existente antes do rompimento (1.327 ha). Enquanto na amostragem de T1 a área sem vegetação representa o maior percentual na área de interesse (85,23%), a amostragem de T4 demonstra que os maiores percentuais passaram a ser representados pelas áreas com cobertura vegetal, (48,31%) (**Figura 47**).

Considerando-se os períodos analisados, houve um aumento dos percentuais de cobertura vegetal (de 11,44% da área total em T1, passaram a representar 48,31% da área total em T4), um resultado positivo considerando-se que o objetivo inicial era promover o rápido crescimento da cobertura vegetal como forma de minimizar o carreamento de sedimentos nas áreas impactadas durante o período chuvoso 2016/2017.

A análise dos períodos de T1 a T4 demonstraram um aumento do crescimento da vegetação da ordem de 824 hectares em áreas previamente afetadas pelo rejeito. Esse montante, em conjunto com os 247 hectares de vegetação ainda não recuperada, somam 1.085 hectares, quantidade semelhante à vegetação que foi suprimida entre T0 e T1 (1.071 hectares).

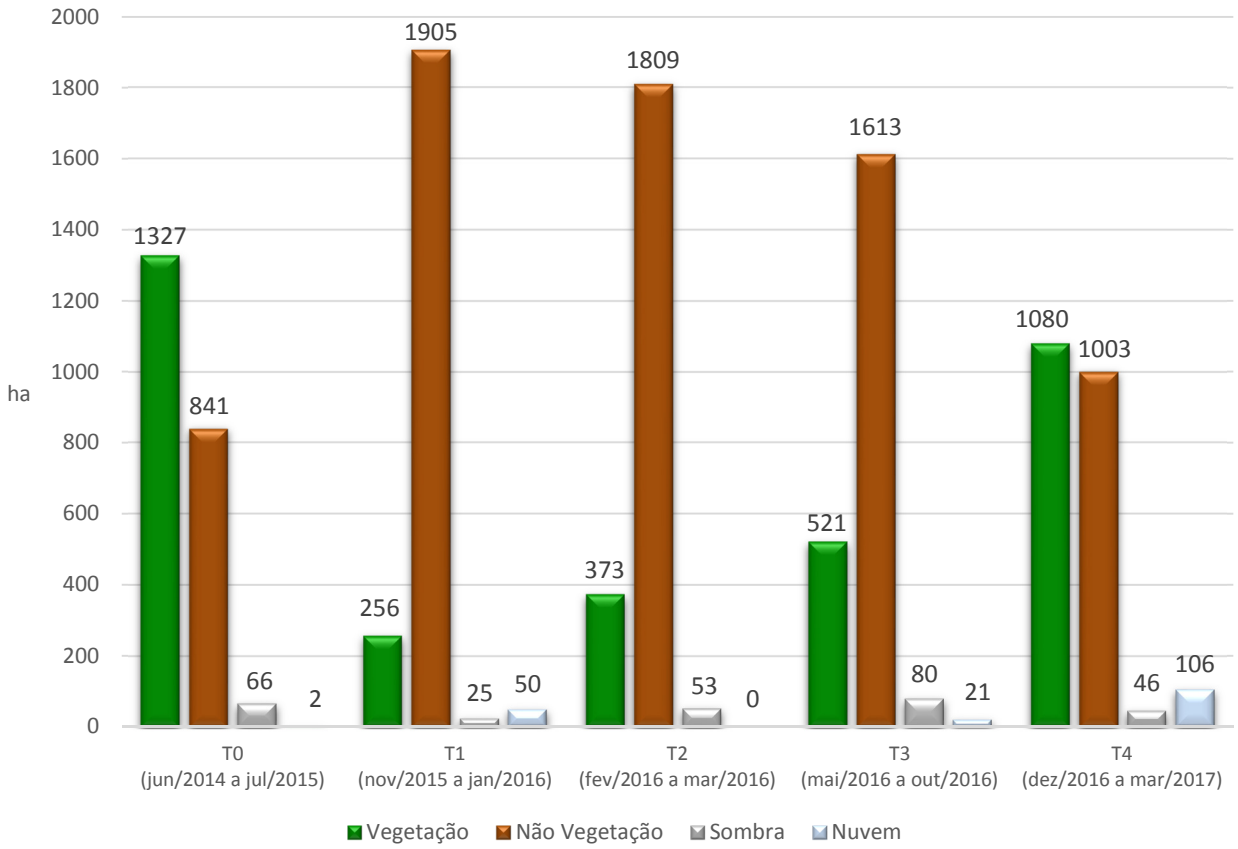



*Figura 47: Área de vegetação e solo exposto (hectares) no interior da área de interesse para os períodos analisados.*

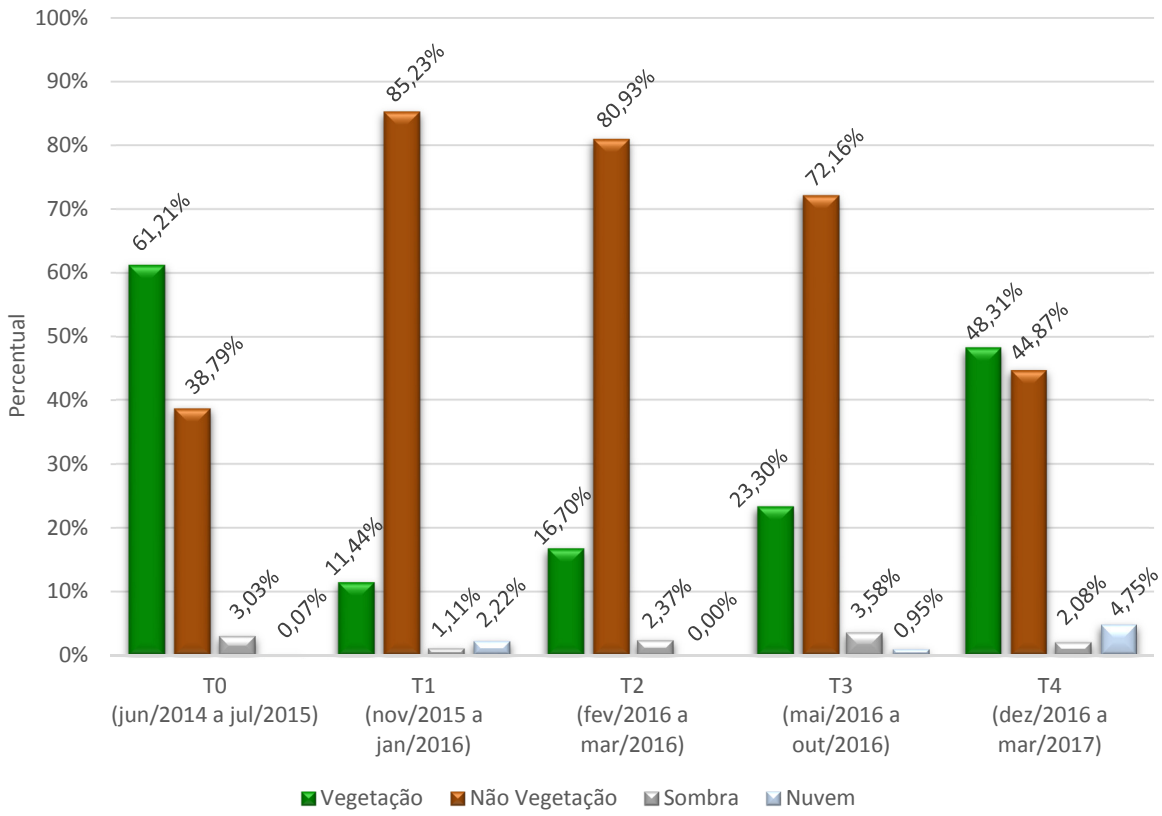



*Figura 48: Evolução da área de vegetação e solo exposto no interior da área de interesse para os períodos analisados*

Cabe ressaltar que pequenas diferenças podem ser observadas na **Tabela 5** e na **Tabela 6**, e nas **Figura 44, Figura 45** e **Figura 46.** Essas diferenças são referentes as contribuições dos pixels identificados como sombra e nuvens que variam aleatoriamente de período para período. Com isso, podemos afirmar que aproximadamente 62% de vegetação impactada pelo rejeito está em fase de recuperação e 19% (247 hectares) ainda necessitam ser recuperados (**Figura 48**).

## 3.6 Avaliação da Produção de Biomassa Vegetal

A utilização de índices de vegetação a partir de recursos de sensoriamento remoto e de ferramentas de geoprocessamento facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, biomassa e porcentagem de cobertura do solo. A aplicação destes recursos e ferramentas para obtenção de dados de índices de vegetação já é muito difundida em aplicações florestais e na agricultura, permitindo uma análise mais precisa da espacialização, densidade e dinâmica de diferentes classes de coberturas vegetais (BRAZ et al., 2015). Entre os índices mais utilizados nesses propósitos constam o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e outros – como o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) e o Índice de Área Foliar (IAF) (SANTIAGO *et al.*, 2009; BRAZ *et al.,* 2015; COLTRI *et al.*, 2011).

Os atributos destas ferramentas e recursos oferecem, dessa forma, grande potencialidade para aplicação ao contexto das necessidades de monitoramento da recuperação de áreas impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão, particularmente em face aos desafios apresentados pela complexidade de contextos – fisiográficos, de usos humanos e dos processos naturais de sucessão ecológica - ali representados; suas dinâmicas espaciais e temporais; e sua extensão.

Dessa forma, buscou-se aqui o estabelecimento de bases metodológicas para o monitoramento da recuperação sobre extensas áreas de planícies de inundação afetadas pela remoção da cobertura vegetal pretérita e pela deposição de rejeitos liberados com o rompimento da barragem. Para tanto, os trabalhos aqui referidos consistiram na obtenção de dados em campo para a caracterização da cobertura vegetal resultante dos esforços de recuperação, combinados a processos sucessionais naturais, incluindo a quantificação da fitomassa epígea (biomassa vegetal acima do solo) associada a estas formações; a obtenção de modelo para a relação entre o índice de vegetação NDVI e a biomassa vegetal dessas formações; e a espacialização e quantificação das estimativas para biomassa resultantes sobre a superfície das áreas de planícies identificadas como prioritárias.

## 3.6.1 Metodologia

### *3.6.1.1 Amostragem em campo para estimativa da biomassa*

#### 3.6.1.1.1 1ª Campanha de monitoramento - Planícies

A primeira campanha de monitoramento para estimar a biomassa da cobertura vegetal foi realizada em março de 2017 em áreas amostrais de planícies representativas pertinentes às áreas prioritárias previamente definidas. Para tanto, foram coletadas amostras em campo para determinação da biomassa através de método destrutivo, utilizando-se um gabarito de 1 m² (**Figura 49**), alocado de 10 em 10 metros ao longo de um transecto de 20 metros (**Figura 50**)**.** Os transectos foram instalados ao longo de manchas homogêneas de vegetação com características fitofisionômicas e percentual de cobertura vegetal, buscando-se a representação de todo o gradiente de evolução da cobertura vegetal resultante de ações de recuperação ou do manejo feito por proprietários nas planícies-alvo. A localização de cada parcela de monitoramento da biomassa vegetal pode ser visualizada no **Anexo C.**

Em cada parcela de 1 m² foi obtida a estimativa visual da densidade de cobertura e medida a altura média das plantas utilizando uma régua graduada (**Figura 53**), sendo registradas as respectivas coordenadas geográficas (**Figura 51**). Em seguida, toda vegetação presente dentro dos limites da parcela foi cortada com tesoura de poda (**Figura 52**), ensacada em saco plástico de peso conhecido e aferido seu peso com pesola de 5 kg $\pm$ 50 g para obtenção do peso úmido da vegetação contida na parcela (**Figura 54**). Após a obtenção do peso do material, realizou-se a homogeneização da amostra e retirou-se três alíquotas em um saco de papel de tamanho adequado e peso conhecido para obtenção do peso úmido das alíquotas, utilizando-se pesolas de 5 kg $\pm$ 50 g. Cada alíquota retirada foi identificada e levada a uma estufa para secagem em temperatura constante de 60 ºC por 36 hs, para obtenção do peso seco, utilizando-se balanças eletrônicas de precisão ($\pm$0,0001 g).

O teor de umidade de cada alíquota foi obtido subtraindo-se, do seu peso úmido, o peso seco obtido após o período de secagem em estufa. O teor médio de umidade das alíquotas foi então utilizado como estimativa do teor de umidade presente em cada amostra, sendo este subtraído do peso úmido total de cada amostra para obtenção da estimativa do seu peso seco total. Os valores de biomassa de cada parcela foram então expressos em kg/m² e posteriormente convertidos em tonelada por hectare.

*Figura 49: Parcela de 1m² utilizada para coleta da biomassa aérea.*

*Figura 50: Abertura do transecto de 20 m de comprimento para alocação das parcelas, a cada 10 m.*

*Figura 51: Registro das coordenadas da parcela.*

*Figura 52: Remoção de toda a vegetação presente na parcela para obtenção do peso úmido.*

*Figura 53: Estimativa de altura média das plantas encontradas dentro da parcela de 1m² através de régua graduada*

*Figura 54: Detalhe da pesagem de toda biomassa retirada da parcela de 1 m².*

#### 3.6.1.1.2 2ª Campanha de monitoramento – Tributários

Na 2ª campanha de monitoramento realizada em junho de 2017 a estimativa da biomassa da cobertura vegetal considerou tanto a parte aérea (biomassa epígea) quando a biomassa relacionada ao sistema radicular (biomassa hipógea) e tiveram como foco as áreas revegetadas de tributários selecionados para o monitoramento. Nestes tributários a cobertura vegetal apresentava maior heterogeneidade e as avaliações de campo consideraram a presença de plantas nativas aportadas espontaneamente às áreas em regeneração bem como a presença de plantas lenhosas de porte arbustivo e arbóreo.

Dessa forma, para as amostragens de biomassa epígea foram empregados dois níveis de abordagem, utilizando o método de parcelas, sendo o primeiro com foco em indivíduos de porte arbustivo e arbóreo do componente lenhoso, e o segundo com foco nas coberturas herbácea e arbustiva, amostradas conforme metodologia utilizada na primeira campanha, descrita acima. Para amostragem da biomassa hipógea foram realizadas coletas de solo utilizando cilindro metálico de volume conhecido.

#### 3.6.1.1.2.1 Biomassa epígea – Componente Lenhoso

Para a amostragem do componente lenhoso foram utilizadas parcelas de 5 x 5 m (25 m²), alocadas de forma aleatória ao longo de trechos afetados pelo rejeito, com a presença de indivíduos arbóreos remanescentes vivos ou mortos em pé. No interior de cada parcela foram medidos o perímetro do tronco de todos os indivíduos arbóreos com DAP ≥ 5 cm (**Figura 55**), bem como estimadas as alturas totais. Para os indivíduos que perfilharam ou bifurcaram abaixo de 1,30 metros de altura, todos os seus múltiplos troncos foram medidos e suas alturas estimadas.

*Figura 55: Medição de CAP dos indivíduos arbóreos.*

Para obter as estimativas de biomassa, incluindo a casca, utilizou-se o método não destrutivo ou indireto, utilizando-se equação alométrica ajustada por Amaro (2010), para uma Floresta Estacional Semidecidual Montana no Município de Viçosa, MG, apresentada a seguir:

$$\mathbf{BFcc = 0{,}024530 \times DAP^{2{,}443356} \times Ht^{0{,}423602}}\ (R^2 = 95{,}01;\ Sy(x) = \pm 24{,}2)$$

A biomassa dos galhos com casca (BFcc), segundo este mesmo autor, representa 25,96% da biomassa do fuste, conforme equação abaixo:

$$\mathbf{BGcc = 0{,}2596 \times BFcc}$$

A biomassa de folhas (BF) foi estimada com base no estudo realizado por Drumond (1996), em duas áreas de Mata Atlântica do médio rio Doce, correspondendo a 4,45 % da biomassa do fuste com casca (BFcc), conforme a equação abaixo:

$$\mathbf{BFO = 0{,}0445 \times BFcc}$$

Desta forma, a biomassa total acima do solo para o componente lenhoso foi obtida por meio do somatório da biomassa dos fustes, dos galhos e das folhas:

$$\mathbf{AGB = BFcc + BGcc + BFO}$$

A biomassa deste nível de abordagem foi utilizada para subsidiar as estimativas de biomassa calculadas pelo índice de vegetação NDVI.

#### 3.6.1.1.2.2 Biomassa epígea – Componente Herbáceo-arbustivo

Para a amostragem do componente herbáceo-arbustivo foram utilizadas sub-parcelas de 1 m², alocadas dentro das parcelas de 25 m² do componente lenhoso, em fitofisionomia florestal (Figura 56), e parcelas com

1 m² dispostas de 10 em 10 metros ao longo de um transecto de 20 metros, em áreas com vegetação herbácea e arbustiva (**Figura 57**). Os transectos foram instalados ao longo de manchas de vegetação com características fitofisionômicas homogêneas (**Figura 58**), buscando-se a representação da evolução da cobertura vegetal resultante de ações de recuperação nos tributários. Em cada parcela de 1 m² foi obtida a estimativa visual do percentual de cobertura e medida a altura média das plantas utilizando uma régua graduada, sendo registradas as respectivas coordenadas geográficas (**Figura 59**).

A localização de cada parcela de monitoramento da biomassa vegetal pode ser visualizada no **Anexo C**.

*Figura 56: Sub-parcela de 1 m² alocada dentro de uma parcela de 25 m², em ambiente florestal. Detalhes para plântulas de espécies nativas regenerantes.*

*Figura 57: parcela de 1 m² alocada em área de influência do tributário em ambiente com predomínio de vegetação herbácea a e arbustiva.*

*Figura 58: Instalação de transecto em mancha de vegetação homogênea.*

*Figura 59: Registro de coordenadas geográficas das parcelas.*

Na amostragem da biomassa epígea utilizou-se método direto ou destrutivo, retirando-se toda a vegetação herbácea e arbustiva na parcela. Para tanto, a vegetação presente foi cortada com tesoura de poda (**Figura 60**) e ensacada em embalagem plástica de peso conhecido, aferindo-se a massa utilizando-se pesola de 5 kg + 500 g para obtenção do peso úmido (**Figura 61**). Em seguida a amostra foi homogeneizada e três alíquotas foram retiradas, armazenadas em embalagens de papel de peso conhecido e pesadas utilizando-se pesolas de 500 kg + 50 g. Cada alíquota retirada foi identificada e seca em estufa a 60 ºC por 36 hs, para obtenção do peso seco, sendo a massa seca aferida utilizando-se pesolas de resolução de 300 g + 30 g.

O teor de umidade de cada alíquota foi obtido subtraindo-se, do seu peso úmido, o peso seco obtido após o período de secagem em estufa. O teor médio de umidade das alíquotas foi então utilizado como estimativa do teor de umidade presente em cada amostra, para obtenção da estimativa do seu peso seco total. Os valores de biomassa seca de cada parcela foram então expressos em kg/m² e posteriormente convertidos em tonelada por hectare.

*Figura 60: Detalhe da parcela após o corte total da parte epígea da vegetação.*

*Figura 61: Pesagem do peso úmido de toda vegetação presente na parcela de 1 m².*

### *3.6.1.1.2.3 Biomassa hipógea*

Para avaliação da biomassa radicular foi coletada uma amostra composta por três subamostras de solo retiradas em dois vértices opostos e no centro de cada parcela de 1 m² (**Figura 62**) referente à profundidade de 0-20 cm (**Figura 63**), utilizando-se trado metálico de 7,5 cm de diâmetro e 20 cm de comprimento.

*Figura 62: Detalhe da coleta de solo para estimativa da biomassa radicular.*

*Figura 63: As coletas de solo para estimativa de biomassa hipógea se concentraram na camada de 0-20 cm de profundidade do solo*

Em laboratório as raízes foram separadas do solo utilizando peneiras de tamização, sendo a malha superior com 2,08 mm de aresta e a inferior com 1,08 mm de aresta. Em seguida, a biomassa de raízes extraída foi

lavada, estocada em embalagens de papel e secada em estufa a 60 ºC até atingir peso constante e pesada em balança analítica, sendo os valores expressos em ton.ha$^{-1}$.

#### 3.6.1.2 Estimativa da Biomassa da Cobertura Vegetal nas Áreas Amostrais e Áreas Prioritárias

A estimativa da biomassa da cobertura vegetal na escala das áreas amostrais e áreas prioritárias foi realizada a partir de imagens multiespectrais do sensor Sentinel-2, com resolução espacial de 10 m, obtidas em 30/03/2017 e 18/06/2017, visto que estas contam com os parâmetros espectrais adequados à aplicação dos índices de vegetação para toda a extensão das áreas amostrais e áreas prioritárias.

Para tanto, foram utilizados dados das estimativas de biomassa seca obtidas em campo em março/2017 (conforme descrito na seção 3.6.1.1) e dos valores dos índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) obtidos a partir da imagem Sentinel-2 no mesmo período para os pixels correspondentes às coordenadas de cada amostra tomada em campo. A relação entre os índices de vegetação e a biomassa seca foi então explorada utilizando-se modelo de regressão linear simples.

Para auxílio na calibração dos dados, foram utilizados valores médios de biomassa e dos referidos índices de vegetação para as tréplicas amostrais colhidas em cada transecto. Ainda, foram colhidos valores dos referidos índices de vegetação em diferentes pontos desprovidos de cobertura vegetal (solos desnudos, com biomassa epígea próxima a zero) ao longo das áreas de interesse. Como técnica de linearização para obtenção dos modelos foi feita a transformação dos dados de biomassa utilizando-se raiz quadrada ou $\log_{10}$ dos valores de biomassa.

Após exercícios exploratórios com diversos modelos de regressão, o índice foliar NDVI foi escolhido para utilização no presente monitoramento da biomassa por apresentar melhor ajuste aos dados obtidos. Conforme relatado por Coltri *et. al.* (2011), o NDVI é considerado um bom estimador de biomassa e, como consequência, pode ser relacionado ao estoque de carbono nas plantas.

A equação do modelo resultante para a relação entre NDVI e biomassa seca obtida em março/2017 foi então aplicada à paisagem das áreas amostrais e áreas prioritárias com base na leitura de NDVI obtida nos meses de março e junho/2017 a partir das imagens do sensor Sentinel-2, utilizando-se recursos de geoprocessamento.

Visando permitir uma aferição visual da acurácia das estimativas de biomassa obtidas para estas áreas foram estabelecidas isolinhas referentes a diferentes intervalos de classe para biomassa seca. Estas, por sua vez, foram plotadas sobre imagens aéreas de alta resolução (10 cm) no espectro visível, obtidas por VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) nas áreas amostrais previamente definidas.

Uma vez aferida, a equação foi aplicada ao *layer* NDVI obtido para a totalidade das áreas prioritárias, visando a obtenção de uma estimativa do seu conteúdo total de biomassa por ocasião da primeira (março/2017) e segunda (junho/2017) campanhas. Neste processo, foram excluídas das estimativas as áreas de cobertura de nuvens e sombra das imagens Sentinel-2 pertinentes aos polígonos das áreas amostrais e prioritárias, evitando-se assim erros de interpretação nas leituras do índice de vegetação.

### 3.6.2 Resultados

#### 3.6.2.1 1ª Campanha de monitoramento - Planícies

Os valores de biomassa seca, percentual de cobertura e altura da cobertura vegetal obtidos nas amostragens realizadas na 1ª campanha de monitoramento para as diferentes planícies selecionadas são apresentados na **Tabela 7,** juntamente com uma indicação das categorias de porte da vegetação e das espécies dominantes, formadoras do seu aspecto fisionômico.

**Tabela 7: Biomassa vegetal aferida em planícies de inundação nas parcelas da 1ª campanha de monitoramento da vegetação.**

| Planície | Parcela | Peso úmido (g) | Teor de umidade (%) | Peso seco (g) | Biomassa vegetal (t/ha) | Porte da Vegetação | % Cobertura | Altura (m) | Espécies Predominantes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M03 | P01 | 3.380 | 80,24 | 668,05 | 6,68 | Arbustiva | 100 | 2,3 | Crotalária, sorgo, guandu |
| M03 | P02 | 3.395 | 81,84 | 616,56 | 6,17 | Arbustiva | 100 | 2 | Crotalária, guandu, soja perene, sorgo |
| M03 | P03 | 1.480 | 73,78 | 388,09 | 3,88 | Herbácea | 100 | 0,5 | Estilosantes, sorgo, crotalária |
| M03 | P04 | 880 | 84,58 | 135,71 | 1,36 | Herbácea | 60 | 0,5 | Nabo forrageiro, sorgo, estilosantes |
| M03 | P05 | 1.380 | 89,91 | 139,29 | 1,39 | Herbácea | 80 | 0,7 | Nabo forrageiro, sorgo, estilosantes, milheto |
| M03 | P06 | 455 | 81,79 | 82,85 | 0,83 | Herbácea | 50 | 0,4 | Milheto, nabo forrageiro, crotalária, girassol |
| M03 | P07 | 4.430 | 73,01 | 1.195,57 | 11,96 | Arbustiva | 100 | 2,1 | Guandu, crotalária, estilosantes, sorgo |
| M03 | P08 | 4.580 | 72,58 | 1.255,96 | 12,56 | Arbustiva | 100 | 2,2 | Guandu, crotalária, estilosantes, calopogônio |
| M03 | P09 | 3.330 | 69,17 | 1.026,75 | 10,27 | Arbustiva | 100 | 2,3 | Guandu, crotalária, sorgo, estilosantes, soja perene |
| M03 | P10 | 2.680 | 71,96 | 751,57 | 7,52 | Herbácea | 100 | 1,5 | Braquiária rasteira, *Pluchea sagitallis* |
| M03 | P11 | 2.630 | 64,27 | 939,71 | 9,40 | Herbácea | 100 | 1,9 | Sorgo, guandu, crotalária, estilosantes |
| M03 | P12 | 1.530 | 69,11 | 472,56 | 4,73 | Herbácea | 90 | 2 | Estilosantes, guandu, milheto, sorgo |
| B36 | P01 | 9.190 | 58,98 | 3.769,46 | 37,69 | Arbustivo-arbórea | 100 | 4,5 | *Mimosa* cf *setosa* |
| B36 | P02 | 8.940 | 58,10 | 3.746,29 | 37,46 | Arbustivo-arbórea | 100 | 4,5 | *Mimosa* cf *setosa* |
| B36 | P03 | 5.610 | 58,33 | 2.337,50 | 23,38 | Arbustivo-arbórea | 100 | 4,5 | *Mimosa* cf *setosa* |
| B36 | P04 | 2.180 | 69,21 | 671,30 | 6,71 | Arbustiva | 50 | 1,5 | Crotalária, calopogônio |
| B36 | P05 | 1.380 | 67,46 | 449,08 | 4,49 | Arbustiva | 30 | 1,3 | Crotalária |
| B36 | P06 | 3.180 | 65,75 | 1.089,04 | 10,89 | Arbustiva | 60 | 2 | Crotalária |
| B36 | P07 | 680 | 63,39 | 248,95 | 2,49 | Herbácea | 90 | 0,2 | Calopogônio |
| B36 | P08 | 580 | 62,19 | 219,29 | 2,19 | Herbácea | 60 | 0,2 | Calopogônio, estilosante |
| B36 | P09 | 1.030 | 68,24 | 327,18 | 3,27 | Herbácea | 100 | 0,3 | Calopogônio |
| B36 | P10 | 4.160 | 69,03 | 1.288,26 | 12,88 | Arbustiva | 80 | 2,3 | Guandu, crotalária |
| B36 | P11 | 3.280 | 63,33 | 1.202,67 | 12,03 | Arbustiva | 70 | 2,1 | Guandu |
| B36 | P12 | 3.230 | 68,36 | 1.022,03 | 10,22 | Arbustiva | 80 | 1,9 | Guandu, calopogônio, braquiária |
| M08 | P01 | 2.030 | 73,47 | 538,48 | 5,38 | Arbustiva | 70 | 1 | *Ludwigia elegans* |
| M08 | P02 | 5.060 | 72,09 | 1.412,09 | 14,12 | Arbustiva | 80 | 1,2 | *Ludwigia elegans* |
| M08 | P03 | 2.380 | 71,95 | 667,49 | 6,67 | Arbustiva | 70 | 0,8 | *Ludwigia elegans, Cyperus odoratus* |
| M08 | P04 | 2.230 | 71,22 | 641,80 | 6,42 | Arbustiva | 95 | 0,9 | Guandu, crotalária, calopogônio |
| M08 | P05 | 1.680 | 57,04 | 721,78 | 7,22 | Herbácea | 90 | 0,4 | Calopogônio/soja perene, feijão de porco, crotalária |
| M08 | P06 | 2.580 | 64,69 | 910,96 | 9,11 | Herbácea | 100 | 1,1 | Calopogônio, guandu |
| M08 | P07 | 2.630 | 75,66 | 640,13 | 6,40 | Arbustiva | 80 | 1,1 | *Ludwigia elegans*, calopogônio |
| M08 | P08 | 3.130 | 73,33 | 834,67 | 8,35 | Herbácea | 95 | 1,2 | Calopogônio, *Ludwigia elegans*, crotalária |
| M08 | P09 | 2.280 | 68,91 | 708,78 | 7,09 | Herbácea | 100 | 0,9 | Calopogônio, *Ludwigia elegans*, crotalária |
| M08 | P10 | 2.430 | 70,98 | 705,29 | 7,05 | Herbácea | 100 | 0,4 | Calopogônio |
| M08 | P11 | 2.180 | 70,00 | 654,00 | 6,54 | Herbácea | 100 | 0,4 | Calopogônio |
| M08 | P12 | 880 | 64,34 | 313,83 | 3,14 | Herbácea | 70 | 0,3 | Calopogônio, crotalária |
| B65 | P01 | 1.180 | 48,95 | 602,42 | 6,02 | Herbácea | 70 | 1,5 | Feijão de porco, crotalária, capim vaqueiro |
| B65 | P02 | 1.680 | 41,82 | 977,45 | 9,77 | Herbácea | 90 | 1,2 | *Sida* sp, estilosante, *Miconia* sp |
| B65 | P03 | 480 | 53,50 | 223,20 | 2,23 | Herbácea | 50 | 0,5 | Sorgo, *Alternanthera tenella*, espontânea 1 |
| B65 | P04 | 7.210 | 64,29 | 2.575,00 | 25,75 | Herbácea | 100 | 1,5 | Feijão de porco, guandu, crotalária, *Alternanthera tenella*, milheto |
| B65 | P05 | 4.210 | 66,43 | 1.413,36 | 14,13 | Arbustiva | 75 | 1,6 | Crotalária, apaga fogo, calopogônio, guandu |
| B65 | P06 | 880 | 70,33 | 261,07 | 2,61 | Herbácea | 45 | 0,8 | Milheto, calopogônio, crotalária, esp. espontânea, braquiária |
| B65 | P07 | 3.260 | 63,55 | 1.188,32 | 11,88 | Herbácea | 90 | 2,5 | Calopogônio, crotalária, guandu |

| Planície | Parcela | Peso úmido (g) | Teor de umidade (%) | Peso seco (g) | Biomassa vegetal (t/ha) | Porte da Vegetação | % Cobertura | Altura (m) | Espécies Predominantes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B65 | P08 | 6.260 | 65,29 | 2.172,59 | 21,73 | Herbácea | 100 | 2,4 | Cipó unha de vaca, crotalária, guandu, mimosa |
| B65 | P09 | 5.460 | 70,28 | 1.622,83 | 16,23 | Arbustiva | 100 | 2,2 | Crotalária, guandu, *Alternanthera tenella*, calopogônio |
| B65 | P10 | 5.160 | 66,32 | 1.738,11 | 17,38 | Arbustiva | 90 | 1,9 | Crotalária, guandu, *Alternanthera tenella* |
| B65 | P11 | 3.160 | 57,05 | 1.357,25 | 13,57 | Arbustiva | 100 | 1,7 | Crotalária, guandu, capim vaqueiro, calopogônio, |
| B65 | P12 | 6.360 | 65,67 | 2.183,28 | 21,83 | Arbustiva | 100 | 2,1 | Crotalária, guandu, *Alternanthera tenella* |
| B82 | P01 | 4.711 | 68,47 | 1.485,16 | 14,85 | Arbustiva | 100 | 2,5 | Crotalária, braquiária |
| B82 | P02 | 3.180 | 70,85 | 927,13 | 9,27 | Herbácea | 100 | 0,8 | Calopogônio, braquiária |
| B82 | P03 | 3.530 | 69,56 | 1.074,69 | 10,75 | Herbácea | 100 | 2 | Braquiária |
| B82 | P04 | 4.030 | 69,08 | 1.246,20 | 12,46 | Arbustiva | 80 | 1,9 | Crotalária, calopogônio, feijão guandu |
| B82 | P05 | 4.430 | 73,04 | 1.194,17 | 11,94 | Arbustiva | 70 | 2 | Crotalária |
| B82 | P06 | 1.580 | 75,96 | 379,87 | 3,80 | Arbustiva | 50 | 1,8 | Crotalária, braquiária, calopogônio |
| B82 | P07 | 2.330 | 81,39 | 433,64 | 4,34 | Herbácea | 100 | 1,6 | Calopogônio, gandu, carrapicho, braquiária |
| B82 | P08 | 2.930 | 82,43 | 514,73 | 5,15 | Herbácea | 100 | 0,8 | Calopogônio, braquiária, capim navalha |
| B82 | P09 | 2.030 | 77,73 | 452,14 | 4,52 | Herbácea | 100 | 0,7 | Calopogônio, capim navalha, dormideira, carrapicho |
| B82 | P10 | 3.430 | 72,00 | 960,40 | 9,60 | Arbustiva | 100 | 2,3 | Crotalária, guandu, capim vaqueiro, calopogônio |
| B82 | P11 | 5.060 | 76,03 | 1.212,66 | 12,13 | Arbustiva | 100 | 2,5 | Crotalária, *Ipomea* sp, feijão de porco, calopogônio, capim vaqueiro |
| B82 | P12 | 6.410 | 73,11 | 1.723,58 | 17,24 | Arbustiva | 100 | 2,3 | Guandu, crotalária, calopogônio, mucuna, braquiária |
| B97 | P01 | 3.280 | 48,15 | 1.700,55 | 17,01 | Herbácea | 100 | 1,5 | Braquiária |
| B97 | P02 | 4.010 | 46,92 | 2.128,38 | 21,28 | Herbácea | 100 | 1,5 | Braquiária |
| B97 | P03 | 5.460 | 52,63 | 2.586,68 | 25,87 | Herbácea | 100 | 1,7 | Braquiária |
| B98 | P04 | 1.530 | 75,94 | 368,09 | 3,68 | Herbácea | 85 | 0,4 | Braquiária rasteira |
| B98 | P05 | 1.180 | 73,24 | 315,77 | 3,16 | Herbácea | 50 | 0,7 | *Pluchea sagitallis* |
| B98 | P06 | 730 | 66,15 | 247,08 | 2,47 | Herbácea | 80 | 0,6 | Capim gordura, *Pluchea sagitallis*, malvaceae 1, *Sida glaziovii* |
| B98 | P07 | 4.180 | 73,06 | 1.126,14 | 11,26 | Herbácea | 100 | 1,7 | Malvaceae 1 |
| B98 | P08 | 1.780 | 58,28 | 742,57 | 7,43 | Herbácea | 70 | 1,9 | Graminea indet, malvaceae 1, braquiária rasteira |
| B98 | P09 | 2.480 | 69,45 | 757,63 | 7,58 | Herbácea | 100 | 0,9 | *Sida* sp., malvaceae 1, tiririca |
| B139 | P01 | 980 | 63,62 | 356,49 | 3,56 | Herbácea | 60 | 1,3 | Braquiária |
| B139 | P02 | 1.280 | 66,00 | 435,20 | 4,35 | Herbácea | 80 | 1 | Braquiária, milheto |
| B139 | P03 | 1.280 | 53,71 | 592,46 | 5,92 | Herbácea | 70 | 1 | Braquiária |
| B139 | P04 | 2.680 | 76,06 | 641,65 | 6,42 | Herbácea | 100 | 0,8 | Braquiária |
| B139 | P05 | 3.480 | 67,29 | 1.138,37 | 11,38 | Herbácea | 100 | 1,5 | Braquiária |
| B139 | P06 | 2.930 | 76,38 | 691,98 | 6,92 | Herbácea | 100 | 1,2 | Braquiária |
| B139 | P07 | 1.130 | 55,88 | 498,53 | 4,99 | Herbácea | 60 | 1 | Braquiária, milheto |
| B139 | P08 | 930 | 68,91 | 289,17 | 2,89 | Herbácea | 70 | 0,6 | Gramínea 1, braquiária, milheto |
| B139 | P09 | 630 | 73,73 | 165,49 | 1,65 | Herbácea | 40 | 0,5 | Braquiária |
| B139 | P10 | 1.230 | 58,33 | 512,50 | 5,13 | Herbácea | 70 | 1 | Braquiária, *Mimosa pudica* |
| B139 | P11 | 1.130 | 57,31 | 482,36 | 4,82 | Herbácea | 60 | 0,8 | Braquiária, *Mimosa pudica* |
| B139 | P12 | 880 | 69,25 | 270,57 | 2,71 | Herbácea | 50 | 0,7 | Braquiária |
| Controle Reg. | P01 | 1.930 | 71,92 | 541,96 | 5,42 | Herbácea | 60 | 1,5 | *Ludwigia elegans*, *Commelina* cf. difusa, *Rhincospora*, ciperaceae 2 |
| Controle Reg. | P02 | 2.130 | 67,65 | 688,96 | 6,89 | Herbácea | 90 | 0,6 | *Ludwigia elegans* |
| Controle Reg. | P03 | 1.230 | 74,23 | 317,01 | 3,17 | Herbácea | 90 | 0,5 | *Ludwigia elegans* |

#### 3.6.2.1.1 Análises estatísticas dos dados da 1ª campanha

De forma geral, as parcelas amostradas apresentaram cobertura predominantemente densa, sendo a classe mais frequente a de 90 a 100 %, com média de 83,87±2,07% (**Figura 64**a), e predominância de alturas nas classes de 0 a 2,5 metros de altura, com média de 1,42±0,09m (**Figura 64**b). Com relação à biomassa, observou-se ampla variação dos teores nas amostras, com um predomínio de valores para as classes de até 15 t/ha, com média de 9,32±0,79 t/ha (**Figura 64**c). Os valores de biomassa apresentaram correlação positiva significativa (correlação linear de Pearson) com a altura da vegetação nas parcelas ($r = 0,78$, $p < 0,001$), mostrando também correlação positiva significativa, porém menos robusta, com a densidade da cobertura vegetal nas parcelas ($r = 0,47$, $p = 0,002$).

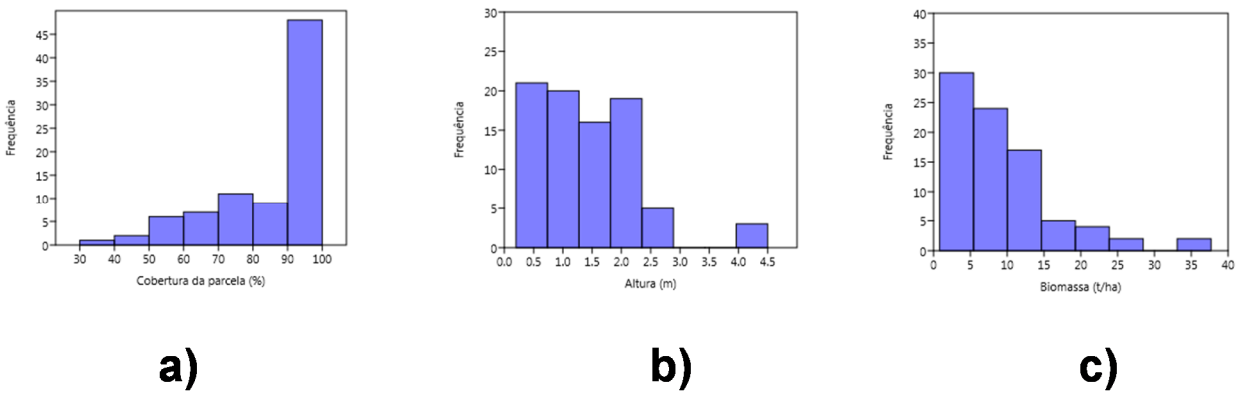



*Figura 64: Distribuições de frequência para os valores de cobertura (%) (a), altura (m) (b) e biomassa (t/ha) (c) encontrados nas parcelas amostradas.*

De forma geral, parcelas com predomínio de vegetação herbácea apresentaram valor médio de biomassa de 7,09±0,79 t/ha (n = 53), ao passo que aquelas com predomínio de porte arbustivo apresentaram valor médio de biomassa de 11,04±0,83 t/ha (n = 28). As três únicas parcelas amostradas contendo vegetação de porte arbustivo-arbóreo apresentaram valor médio de biomassa significativamente superior, de 32,84±4,73 t/ha (**Figura 65**).

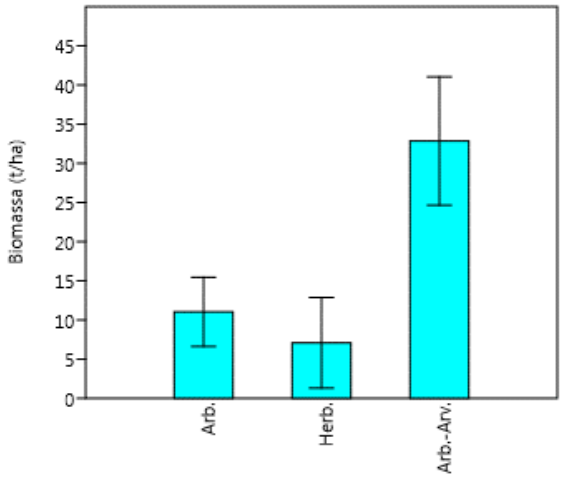



*Figura 65: Valores médios desvios-padrão para estimativas de biomassa em parcelas com predomínio de vegetação de porte herbáceo, arbustivo e arbustivo-arbóreo.*

Nos itens a seguir são descritos aspectos específicos da cobertura vegetal nas diferentes áreas-alvo do monitoramento.

#### 3.6.2.1.2 Cobertura Vegetal e Biomassa nas Parcelas Amostrais da 1ª Campanha

### Planície M03

A planície M03 se caracteriza por apresentar um mosaico vegetacional com diferentes espécies dominantes, colonizando os diversos gradientes topográficos da área e mostrando a diversidade do mix de sementes utilizado. Observam-se na área manchas com predomínio de sorgo (*Sorghum bicolor*) e milheto (*Pennisetum* sp.) (**Figura 66**), crotalaria (*Crotalaria juncea*) (**Figura 67**), feijão guandu (*Cajanus cajan*) (**Figura 68**), estilosantes (*Stylosanthes* spp.) (**Figura 69)** e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), e também da espécie invasora e não presente no mix braquiária de rama (*Urochloa humidicola*) além de espécies de regeneração espontânea se intercalando entre as dominantes.

O total de biomassa seca medida em 12 parcelas foi de 7,672 kg com média estimada em 6,39 ton/ha. As parcelas que obtiveram a maior biomassa foram aquelas onde predominou o feijão guandu em mais de 80% da cobertura vegetal, como nas parcelas P07, P08 e P09, apresentando 11,96, 12,56 e 10,27 ton/ha, respectivamente. Os 20% restantes de cobertura das parcelas foram representados pelas espécies crotalária, estilosantes, calopogônio e sorgo, conforme apresentado na **Tabela 7**.

*Figura 66: Mancha de vegetação com predomínio de sorgo.*

*Figura 67: Mancha de vegetação com predomínio de crotalária.*

*Figura 68: Mancha de vegetação com predomínio de feijão guandu.*

*Figura 69: Mancha de vegetação com predomínio de estilosantes.*

## Planície B36

Esta planície localizada na área prioritária 11, na região conhecida como Engenho Podre, tem aproximadamente 11 ha e apresenta cobertura vegetal aparentemente adensada (**Figura 70**), em sua maior parte arbustiva, de porte alto e muito ramificado na base, o que lhe confere aspecto de recobrimento e proteção significativos. Porém, o que se observa caminhando pela planície são manchas de vegetação esparsas com diferentes densidades e dossel descontínuo, promovendo proteção parcial do substrato. Foram observadas diversas ravinas e sulcos erosivos se desenvolvendo por entre a base dos caules de espécies arbustivas de crescimento ereto como a crotalária (**Figura 71**) e o feijão guandu (**Figura 72**). Estas duas espécies são predominantes nesta planície onde também observou-se a presença de calopogônio (**Figura 73**) e a nativa mimosa (*Mimosa* cf. *setosa*) que ocorre formando densas populações de porte arbóreo, conferindo-lhe elevada biomassa (**Figura 74**).

O total de biomassa seca medido em 12 parcelas foi de 16,371 kg com média estimada de 13,64 ton/ha. As parcelas que obtiveram a maior biomassa foram aquelas onde predominou a espécie nativa *Mimosa* cf. *setosa* em 100% da cobertura vegetal, como nas parcelas P1, P2 e P3, com os respectivos valores, 37,69, 37,46 e 23,38 ton/ha, conforme apresentado na **Tabela 7**.

*Figura 70: Vista panorâmica da planície B36 exibindo sua cobertura vegetal.*

*Figura 71: Área com predominância de crotalária exibindo dossel descontínuo e presença de ravinas entre as plantas.*

*Figura 72: Área com predominância de feijão guandu onde o solo encontra-se parcialmente exposto.*

*Figura 73: Área com predominância de calopogônio.*

*Figura 74: Espécie de regeneração espontânea que apresenta ampla distribuição ao longo de toda área impactada.*

## Planície M08

Na planície M08 localizada na área prioritária 10, região de Ponte do Gama, com aproximadamente 5,23 ha, a cobertura vegetal é marcada pela predominância de calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), espécie herbácea, rasteira e trepadeira, formando densa massa de folhagem sobre a superfície com rejeito (**Figura 75** e **Figura 76**). Tais características proporcionam a proteção imediata do solo contra o efeito *splash* e diminuem o *run-off*, conferindo a esta espécie certa eficiência na contenção dos sedimentos. Em alguns locais, onde a germinação do calopogônio foi menor, observa-se a presença de arbustos esparsos, de altura e densidade variadas, onde predominam indivíduos de feijão guandu, crotalária e da espécie nativa cruz-de-malta (*Ludwigia elegans*) (**Figura 77**). Esta última apresenta ampla distribuição nas áreas afetadas, colonizando principalmente locais úmidos e indicando ser uma espécie pioneira em áreas em regeneração (**Figura 78**).

O total de biomassa seca medido em 12 parcelas foi de 8,749 kg com média estimada de 7,29 ton/ha. A parcela que obteve a maior biomassa foi a P2, com percentual de cobertura de 80% e domínio da espécie cruz-de-malta, apresentando 14,12 ton/ha, conforme apresentado na **Tabela 7**.

*Figura 75: Aspecto geral da planície M08 com predomínio da espécie calopogônio. Em primeiro plano observam-se plantas arbustivas e em segundo plano, o tapete verde formado por calopogônio.*

*Figura 76: Detalhe do tapete denso de calopogônio.*

*Figura 77: Detalhe de mancha de vegetação regenerante de espécies nativas, colonizando locais mais úmido.*

*Figura 78: Detalhe da espécie nativa cruz-de-malta (Ludwigia elegans), espécie comumente encontrada colonizando ambientes mais úmidos e associados à curso d'água, ao longo das áreas afetadas.*

## Planície B65

A planície B65 localizada na área prioritária 8, região de Paracatu de Baixo, com aproximadamente 2,64 ha, se caracteriza pelo predomínio de vegetação arbustiva e pela presença, em menor expressão, de uma vegetação de porte herbáceo. Em geral, a planície apresenta vegetação adensada formando um mosaico vegetacional com espécies arbustivas de porte alto como a crotalária (**Figura 79**), o feijão guandu (**Figura 80**) e a espécie nativa *Mimosa* cf *setosa* (**Figura 81**), entremeadas entre manchas de espécies herbáceas como o calopogônio, estilosantes (**Figura 82**), feijão de porco (**Figura 83**), milheto, capim vaqueiro, braquiária, dentre outras espécies de regeneração espontânea. Mesmo com a vegetação adensada, é possível observar falhas no semeio do mix realizado, sendo possível encontrar áreas desnudas (**Figura 84**).

O total de biomassa seca medido em 12 parcelas foi de 16,315 kg com média estimada de 13,60 ton/ha. A parcela que obteve maior biomassa foi P4, com percentual de cobertura de 100% e ocorrência das espécies feijão de porco, guandu, crotalária, *Alternanthera tenella* e milheto, conforme apresentado na **Tabela 7**. Ressalta-se que a espécie feijão de porco teve participação significativa nos resultados de biomassa da parcela uma vez que os indivíduos apresentavam-se bem desenvolvidos e com vagens grandes.

*Figura 79: Área com predominância de crotalária.*

*Figura 80: Mancha de vegetação predominantemente de indivíduos de feijão guandu.*

*Figura 81: Predomínio de Mimosa cf. setosa, espécie nativa com ampla distribuição na planície.*

*Figura 82: Mancha de vegetação herbácea com predomínio de estilosantes.*

*Figura 83: Predomínio de espécies herbáceas; destaque para o feijão de porco e o capim vaqueiro.*

*Figura 84: Cobertura do solo insatisfatória e predomínio espécies herbáceas, como a braquiária.*

## Planície B82

A planície B82, localizada na área prioritária 5, região de Paracatu de Baixo, com aproximadamente 7,25 ha, foi alvo de ações de revegetação desde o início dos trabalhos em janeiro de 2016. Após duas estações chuvosas observa-se a vegetação bem adensada, de porte e hábito variados, ocupando grande parte da planície (**Figura 85**). Observa-se, porém, o desenvolvimento de sulcos e ravinas ao longo desta planície que pode estar associado à ausência de atividades de reconformação topográfica do terreno antes das atividades de revegetação. A cobertura vegetal se caracteriza pela presença de manchas vegetacionais dominantes, compostas por espécies distintas, como crotalária (**Figura 86**), feijão guandu (**Figura 87**), feijão de porco, calopogônio (**Figura 88**), estilosantes, mucuna cinza e espécies invasoras (braquiária) (**Figura 89**) e nativas espontâneas.

O total de biomassa seca medida em 12 parcelas foi de 11,604 kg com média estimada de 9,67 ton/ha. A parcela que obteve a maior biomassa foi a P12, com percentual de cobertura de 100% com predominância do feijão guandu e crotalária, conforme apresenta a **Tabela 7**.

*Figura 85: Vista panorâmica da planície B82.*

*Figura 86: Área dominada pela crotalária.*

*Figura 87: mancha de vegetação encontrada na planície onde há o predomínio do feijão guandu.*

*Figura 88: Mancha de vegetação com predomínio de calopogônio e espécies espontâneas.*

*Figura 89: Área dominada pela braquiária, semeada pelo proprietário do imóvel.*

## Planície B98

A planície B98 está localizada na área prioritária 7, região de Paracatu de Baixo, com aproximadamente 0,58 ha. A pouca cobertura vegetal presente na planície (**Figura 90**) é caracterizada pela colonização de espécies nativas como *Sida glaziovii* (**Figura 91**), uma espécie indeterminada da família das Malvaceae (**Figura 92**), *Pluchea sagitallis* (**Figura 93**) além da espécie exótica *Melinis minutiflora*, invasora comumente conhecida como capim gordura (**Figura 94**).

A cobertura vegetal incipiente da planície B98 favorece o desenvolvimento de processos erosivos na forma de sulcos e ravinas. Os trabalhos de bioengenharia na planície e nas margens foram iniciados no mês de março de 2017, o que levou à supressão de parte da vegetação regenerante, devido à movimentação de máquinas e trabalhadores. Ao final das atividades de construção dos dispositivos de drenagem e da

reconformação da planície, as áreas trabalhadas foram semeadas com o mix de sementes visando seu recobrimento vegetal.

O total de biomassa seca medida em seis parcelas foi de 3,557 kg com média estimada de 5,93 ton/ha. A parcela que obteve a maior biomassa foi a P7, com percentual de cobertura de 100% e domínio de uma espécie nativa da família Malvaceae, conforme apresentado na **Tabela 7**.

Adicionalmente aos estudos de biomassa e caracterização do solo na planície B98, também foram desprendidos esforços para amostrar a planície B97 adjacente, por esta ser totalmente recoberta por braquiária (*Urochloa decumbens*) (**Figura 95**) e pela necessidade de conhecer a produção de biomassa desta espécie, sua eficiência na proteção do solo e, por fim, poder comparar com os dados obtidos em outras planícies revegetadas com o mix recomendado no projeto. Ressalta-se que a braquiária é espécie amplamente utilizada na região e tem sido historicamente plantada pelos fazendeiros para a formação de pastagens.

O total de biomassa seca medida em três parcelas foi de 6,416 kg com média estimada de 21,39 ton/ha. A parcela que obteve a maior biomassa foi a P3, com percentual de cobertura de 100% de capim braquiária, conforme apresenta a **Tabela 7**.

*Figura 90: Panorâmica da planície B98 evidenciando a cobertura vegetal incipiente.*

*Figura 91: Detalhe da espécie Sida glaziovii, espécie nativa comumente encontrada nas áreas afetadas.*

*Figura 92: Maciço de uma espécie indeterminada da família Malvaceae (Malvaceae 1), de ocorrência espontânea na planície B98.*

*Figura 93: Indivíduos de Pluchea sagitallisui, espécie nativa de ocorrência espontânea nas áreas afetadas.*

*Figura 94: Detalhe da espécie invasora capim gordura (Melinis minutiflora).*

*Figura 95: Vista da planície B97 dominada por braquiária (Urochloa decumbens). Paisagem comum ao longo da área afetada pelo rompimento da barragem, devido ao seu uso na formação de pastagem.*

## Planície B139

A planície B139 está localizada na área prioritária 6, região de Gesteira, com aproximadamente 12,5 ha. Caracteriza-se pela cobertura de braquiária (*Urochloa* decumbens) em 100% de sua área (**Figura 96**) e se destaca pela elevada produção de biomassa (**Figura 97**) e pela sua dimensão, sendo a maior planície amostral do Programa de Monitoramento da Vegetação. Por decisão de seu proprietário os trabalhos de bioengenharia se restringiram auma faixa de 10 metros a partir das margens do rio Gualaxo do Norte. A planície teve apenas sua reconformação topográfica e incorporação de solo de empréstimo sobre o rejeito. Apesar da braquiária ser uma espécie invasora e com grande potencial de colonização, em alguns locais isolados foi possível observar manchas de solo exposto (**Figura 98**).

O total de biomassa seca medida em 12 parcelas foi de 6,075 kg com média estimada de 5,06 ton/ha. A parcela que obteve a maior biomassa foi a P5, com percentual de cobertura de 100% de capim braquiária, conforme apresenta a **Tabela 7**.

*Figura 96: Vista geral da planície B139 coberta em sua totalidade por braquiária.*

*Figura 97: Detalhe da elevada produção de biomassa da braquiária.*

*Figura 98: Mesmo sendo coberta por braquiária, a planície B139 apresenta manchas com solo exposto.*

## Área controle

Foi selecionada uma área onde não serão realizadas atividades de revegetação e a regeneração natural será monitorada ao longo do tempo. Esta área de aproximadamente 4,0 ha caracteriza-se por uma planície adjacente ao tributário TG 16, na área prioritária 11, na região conhecida como Engenho Podre. Sua planície é caracterizada pela colonização por espécies nativas e sua topografia permanece inalterada após o evento (**Figura 99**).

Várias plântulas de espécies nativas foram observadas, como as dos gêneros: *Commelina* cf. *difusa* (**Figura 100**), *Cecropia sp.* (**Figura101**), *Solanum sp.*, *Ficus sp.* (**Figura 102**), *Schinus terebinthifolius* (**Figura 103**), *Mimosa sp.*, *Passiflora sp.* (**Figura 104**), entre outros.

O total de biomassa seca medida em 3 parcelas foi de 1,547 kg com média estimada de 5,16 ton/ha. A parcela que obteve a maior biomassa foi a P2, com percentual de cobertura de 90% e predomínio de *Ludwigia elegans*, conforme apresenta a **Tabela 7**.

*Figura 99: Vista geral da planície do TG 16, área escolhida como controle para avaliação da regeneração natural.*

*Figura 100: Detalhe da espécie nativa Commelina cf. difusa.*

*Figura 101: Indivíduo jovem de Cecropia sp.*

*Figura 102: Indivíduo de Ficus sp. encontrado na planície.*

*Figura 103: Espécie com ampla distribuição nas áreas afetadas, Schinus terebinthifolius.*

*Figura 104: Detalhe da Passiflora sp., espécie trepadeira nativa encontrada na planície.*

### *3.6.2.2 2ª Campanha de monitoramento - Tributários*

Os valores de biomassa seca, percentual de cobertura e altura da cobertura vegetal obtidos nas amostragens do componente herbáceo arbustivo realizadas nos diferentes tributários selecionados são apresentados na **Tabela 8**, juntamente com uma indicação das categorias de porte da vegetação e das espécies dominantes formadoras do seu aspecto fisionômico. Para o componente lenhoso são apresentadas as medidas de circunferência à altura do peito (CAP): diâmetro à altura do peito (DAP), altura do indivíduo (Ht) e estimativas de biomassa do fuste com casca (BFcc), biomassa de galhos com casca (BGcc), biomassa de folhas (BFo) e biomassa total (Bt AS) conforme apresentado na **Tabela 9**.

**Tabela 8: Resultados da estimativa de biomassa epígea, biomassa hipógea, porcentagem de cobertura, altura média, porte da vegetação e espécies dominantes nas parcelas de monitoramento de tributários.**

| Tributário | Parcela | PS epígeo[1] (g) | PS hipógea[2] (g) | PS total[3] (g) | Biomassa epígea (ton/ha) | Biomassa hipógea (ton/ha) | Porte da vegetação | Cobertura | Ht média[4] (cm) | Espécies predominantes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TG 03 | 1 | 856,27 | 259,79 | 1116,06 | 8,56 | 2,60 | Herbácea | 100 | 40 | Espontâneas, *Puchlea sagitalis* |
| TG 03 | 2 | 152,52 | 119,36 | 271,88 | 1,53 | 1,19 | Herbácea | 90 | 100 | Espontâneas, *Cyperus* cf *rotundus*, *Pluchea sagitallis,* malvaceae 1, pteridium, rubiaceae 1, *Miconia* sp. |
| TG 03 | 3 | 240,79 | 69,83 | 310,63 | 2,41 | 0,70 | Herbácea | 100 | 50 | Capim navalha, *Doryopteres* sp., *Cyperus* cf *rotundus* |
| TG 03 | 4 | 640,84 | 36,15 | 676,99 | 6,41 | 0,36 | Arbustiva | 100 | 170 | Malvaceae 1, *Cyperus* cf *rotundus*, capim navalha. |
| TG 03 | 5 | 163,05 | 51,61 | 214,66 | 1,63 | 0,52 | Herbácea | 100 | 130 | Vegetação espontânea, braquiária de rama |
| TG 11 | 1 | 600,65 | 95,09 | 695,74 | 6,01 | 0,95 | Herbácea | 100 | 20 | Espontâneas |
| TG 11 | 2 | 292,40 | 9,46 | 301,86 | 2,92 | 0,09 | Herbácea | 100 | 30 | Calopogônio |
| TG 11 | 3 | 157,48 | 40,29 | 197,77 | 1,57 | 0,40 | Herbácea | 100 | 30 | Calopogônio |
| TG 11 | 4 | 279,59 | 10,40 | 289,98 | 2,80 | 0,10 | Herbácea | 100 | 40 | Calopogônio, *Althernanthera tenella*, mucuna |
| TG 11 | 5 | 121,63 | 20,54 | 142,18 | 1,22 | 0,21 | Herbácea | 90 | 50 | Gramínea, espontâneas como *Ludwigia elegans*, *Ficus* sp., *Cecropia* sp. |
| TG 11 | 6 | 103,31 | 3,94 | 107,24 | 1,03 | 0,04 | Herbácea | 100 | 100 | Tiririca *(Cyperus* cf *rotundus*), borreria, gramíneas, *Commelina diffusa*, espontâneas |
| TG 11 | 7 | 155,99 | 8,56 | 164,55 | 1,56 | 0,09 | Herbácea | 80 | 50 | Gramínea, pteridófita, titririca (*Cyperus* cf *rotundus*), |
| TG 11 | 8 | 83,76 | 32,79 | 116,56 | 0,84 | 0,33 | Herbácea | 70 | 50 | *Cyclodium* sp., *Ficus* sp., melastomataceae trepadeira, tiririca (*Cyperus* cf *rotundus*) |
| TG 16 | 1 | 163,07 | 47,53 | 210,60 | 1,63 | 0,48 | Herbácea | 100 | 130 | *Andropogon bicolor*, *Cecropia* sp., *Ludwigia elegans* |
| TG 16 | 2 | 41,79 | 2,95 | 44,74 | 0,42 | 0,03 | Herbácea | 75 | 30 | *Ludwigia elegans*, tiririca, gramínea |
| TG 16 | 3 | 25,99 | 6,21 | 32,20 | 0,26 | 0,06 | Herbácea | 25 | 20 | Pteridófita, espontâneas |
| TG 16 | 4 | 50,11 | 4,60 | 54,70 | 0,50 | 0,05 | Herbácea | 90 | 200 | *Commelina diffusa*, outras espontâneas |
| TG 16 | 5 | 79,83 | 2,93 | 82,75 | 0,80 | 0,03 | Herbácea | 85 | 50 | Pteridófita, *Commelina diffusa* e outras espontâneas |
| TG 16 | 6 | 25,34 | 6,13 | 31,47 | 0,25 | 0,06 | Arbustiva | 80 | 60 | *Solanum* sp, *Cecropia* sp., pteridófita, calopogônio, espontâneas |
| TG 20 | 1 | 1115,74 | 14,91 | 1130,66 | 11,16 | 0,15 | Arbustiva | 100 | 250 | Braquiária de rama, crotalária e feijão guandu |
| TG 20 | 2 | 734,63 | 30,69 | 765,32 | 7,35 | 0,31 | Arbustiva | 100 | 230 | Braquiária de rama, crotalária, feijão guandu e *Althernanthera tenella* |
| TG 20 | 3 | 271,48 | 9,53 | 281,01 | 2,71 | 0,10 | Arbustiva | 100 | 180 | Feijão guandu, *Althernanthera tenella* |
| TG 20 | 4 | 685,42 | 2,30 | 687,72 | 6,85 | 0,02 | Arbustiva | 100 | 250 | A*lthernanthera tenella*, feijão guandu, crotalária |
| TG 20 | 5 | 371,69 | 2,41 | 374,10 | 3,72 | 0,02 | Arbustiva | 100 | 220 | Feijão guandu, crotalária |
| TG 20 | 6 | 287,04 | 5,29 | 292,33 | 2,87 | 0,05 | Arbustiva | 100 | 230 | Feijão guandu, crotalária |
| TG 34 | 1 | 827,75 | 31,61 | 859,36 | 8,28 | 0,32 | Arbustiva | 100 | 300 | Crotalária, feijão guandu |
| TG 34 | 2 | 498,47 | 1,89 | 500,37 | 4,98 | 0,02 | Arbustiva | 100 | 200 | Crotalária, estilosantes |
| TG 34 | 3 | 519,39 | 18,94 | 538,34 | 5,19 | 0,19 | Arbustiva | 100 | 220 | Estilosantes, crotalária |
| TG 34 | 4 | 390,68 | 29,46 | 420,14 | 3,91 | 0,29 | Herbácea | 100 | 60 | Braquiária, calopogônio |
| TG 34 | 5 | 677,72 | 48,70 | 726,42 | 6,78 | 0,49 | Herbácea | 100 | 90 | Braquiária |
| TG 34 | 6 | 513,12 | 63,88 | 577,00 | 5,13 | 0,64 | Herbácea | 100 | 70 | Braquiária |
| TG 44 | 1 | 172,41 | 21,41 | 193,81 | 1,72 | 0,21 | Herbácea | 85 | 50 | Gramínea, crotalária, espontâneas |
| TG 44 | 2 | 264,41 | 25,57 | 289,98 | 2,64 | 0,26 | Herbácea | 100 | 100 | Espécies espontâneas |
| TG 44 | 3 | 67,91 | 4,26 | 72,16 | 0,68 | 0,04 | Herbácea | 95 | 20 | *Althernanthera tenella*, rasteira convolvulaceae, |
| TG 44 | 4 | 159,30 | 75,69 | 234,99 | 1,59 | 0,76 | Arbustiva | 100 | 60 | Calopogônio, assa peixe |
| TG 44 | 5 | 134,91 | 36,20 | 171,11 | 1,35 | 0,36 | Arbustiva | 100 | 110 | Calopogônio, assa peixe |
| TG 44 | 6 | 114,96 | 7,07 | 122,03 | 1,15 | 0,07 | Herbácea | 100 | 50 | Calopogônio, assa peixe, *Commelina diffusa*, espontâneas. |
| TC 02 | 1 | 75,53 | 13,10 | 88,64 | 0,76 | 0,13 | Arbustiva | 70 | 160 | Mamona, espontâneas |
| TC 02 | 2 | 164,96 | 16,53 | 181,49 | 1,65 | 0,17 | Arbustiva | 90 | 180 | Malvaceae carrapicho, mamona |

| Tributário | Parcela | PS epígeo[1] (g) | PS hipógea[2] (g) | PS total[3] (g) | Biomassa epígea (ton/ha) | Biomassa hipógea (ton/ha) | Porte da vegetação | Cobertura | Ht média[4] (cm) | Espécies predominantes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TC 02 | 3 | 108,10 | 280,52 | 388,62 | 1,08 | 2,81 | Arbustiva | 90 | 170 | Malvaceae carrapicho, mamona |
| TC 02 | 4 | 13,99 | 24,05 | 38,04 | 0,14 | 0,24 | Herbácea | 60 | 20 | Gramínea nativa e espontânea nativa |
| TC 02 | 5 | 34,81 | 3,65 | 38,46 | 0,35 | 0,04 | Herbácea | 100 | 120 | Espontâneas nativas |
| TC 02 | 6 | 67,66 | 15,09 | 82,75 | 0,68 | 0,15 | Herbácea | 100 | 60 | Espontâneas nativas, calopogônio |
| TC 05 | 1 | 107,51 | 31,28 | 138,79 | 1,08 | 0,31 | Herbácea | 70 | 250 | Sorgo, nabo forrageiro, feijão guandu, calopogônio com baixa densidade |
| TC 05 | 2 | 164,43 | 13,32 | 177,75 | 1,64 | 0,13 | Herbácea | 90 | 250 | Sorgo, nabo forrageiro, feijão guandu, calopogônio com baixa densidade |
| TC 05 | 3 | 270,66 | 12,33 | 282,99 | 2,71 | 0,12 | Herbácea | 90 | 230 | Sorgo, nabo forrageiro, feijão guandu, calopogônio e ervilhaca com baixa densidade. |
| TC 05 | 4 | 540,77 | 14,89 | 555,66 | 5,41 | 0,15 | Herbácea | 100 | 100 | Espontânea com carrapicho, feijão guandu, gramínea |
| TC 05 | 5 | 465,64 | 20,95 | 486,59 | 4,66 | 0,21 | Herbácea | 100 | 90 | Braquiária espontânea carrapicho, feijão guandu |
| TC 05 | 6 | 237,23 | 34,42 | 271,65 | 2,37 | 0,34 | Herbácea | 100 | 60 | F. guandu, braquiária, sorgo, espontânea com carrapicho, estilosantes e calopogônio |

Legenda:
1 - PS epígeo: Peso seco total da parte epígea na parcela de 1 m²;
2 - PS hipógea: Peso seco total da parte hipógea na parcela de 1 m²;
3 - PS total: Peso seco total na parcela de 1 m²;
4 - Ht média: Altura média das plantas na parcela de 1 m².

**Tabela 9: Estimativa da biomassa epígea de indivíduos do componente lenhoso presente nas parcelas de monitoramento dos tributários.**

| Tributário | Parcela | Espécie | CAP [1] (cm) | DAP [2] (cm) | Ht [3] (m) | BFcc [4] | BGcc [5] | BFo [6] | Bt AS [7] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TG 03 | 1 | *Sapium* sp. | | 0,45 | 0,92 | 0,0033 | 0,0009 | 0,0001 | 0,0043 |
| TG 03 | 1 | *Cecropia* sp. | | 0,38 | 0,90 | 0,0022 | 0,0006 | 0,0001 | 0,0029 |
| TG 03 | 1 | *Guarea guidona* | 40,60 | 12,92 | 5,00 | 25,1924 | 6,5400 | 1,1211 | 32,8535 |
| TG 03 | 1 | *Guarea guidona* | 15,70 | 5,00 | 3,00 | 1,9911 | 0,5169 | 0,0886 | 2,5966 |
| TG 03 | 1 | *Sapium* sp. | | 0,22 | 0,41 | 0,0004 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0006 |
| TG 03 | 1 | *Guarea guidona* | 12,60 | 4,01 | 3,00 | 1,1633 | 0,3020 | 0,0518 | 1,5171 |
| TG 03 | 1 | *Guarea guidona* | 6,60 | 2,10 | 3,00 | 0,2396 | 0,0622 | 0,0107 | 0,3125 |
| TG 03 | 1 | *Guarea guidona* | 17,00 | 5,41 | 3,50 | 2,5815 | 0,6702 | 0,1149 | 3,3666 |
| TG 03 | 1 | *Guarea guidona* | 7,80 | 2,48 | 3,00 | 0,3604 | 0,0936 | 0,0160 | 0,4700 |
| TG 03 | 1 | *Guarea guidona* | 13,80 | 4,39 | 3,00 | 1,4529 | 0,3772 | 0,0647 | 1,8947 |
| TG 03 | 1 | *Sapium* sp. | | 0,22 | 0,44 | 0,0004 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0006 |
| TG 03 | 1 | Lauraceae 1 | 13,20 | 4,20 | 4,50 | 1,5476 | 0,4017 | 0,0689 | 2,0182 |
| TG 03 | 1 | Indet 1 | 5,50 | 1,75 | 2,00 | 0,1293 | 0,0336 | 0,0058 | 0,1686 |
| TG 03 | 1 | Indet 1 | 3,80 | 1,21 | 2,00 | 0,0524 | 0,0136 | 0,0023 | 0,0683 |
| TG 03 | 1 | Myrtaceae 1 | 7,20 | 2,29 | 3,50 | 0,3164 | 0,0821 | 0,0141 | 0,4126 |
| TG 03 | 1 | Myrtaceae 1 | 7,00 | 2,23 | 3,50 | 0,2953 | 0,0767 | 0,0131 | 0,3852 |
| TG 03 | 1 | *Alchornea* sp. | | 0,51 | 0,85 | 0,0044 | 0,0011 | 0,0002 | 0,0057 |
| TG 03 | 1 | Morta | 7,00 | 2,23 | 3,00 | 0,2767 | 0,0718 | 0,3485 | 0,3608 |
| TG 03 | 2 | Rubiaceae 1 | | 0,67 | 2,50 | 0,0135 | 0,0035 | 0,0006 | 0,0176 |
| TG 03 | 2 | *Trichilia* sp. | 15,70 | 5,00 | 3,50 | 2,1255 | 0,5518 | 0,0946 | 2,7719 |
| TG 03 | 2 | *Trichilia* sp. | 6,00 | 1,91 | 2,50 | 0,1757 | 0,0456 | 0,0078 | 0,2292 |
| TG 03 | 2 | Indet 5 | | 0,29 | 0,80 | 0,0011 | 0,0003 | 0,0000 | 0,0014 |
| TG 03 | 2 | *Trichilia* sp. | 10,70 | 3,41 | 3,50 | 0,8329 | 0,2162 | 0,0371 | 1,0862 |
| TG 03 | 3 | Asteraceae 1 | | 2,36 | 2,00 | 0,2669 | 0,0693 | 0,0119 | 0,3481 |
| TG 03 | 3 | Myrtaceae 1 | 8,30 | 2,64 | 2,50 | 0,3883 | 0,1008 | 0,0173 | 0,5064 |
| TG 03 | 3 | Myrtaceae 1 | 6,20 | 1,97 | 3,00 | 0,2057 | 0,0534 | 0,0092 | 0,2682 |
| TG 03 | 3 | Asteraceae 1 | | 1,18 | 1,50 | 0,0434 | 0,0113 | 0,0019 | 0,0567 |
| TG 03 | 3 | Myrtaceae 1 | 6,50 | 2,07 | 2,50 | 0,2137 | 0,0555 | 0,0095 | 0,2787 |
| TG 03 | 3 | Myrtaceae 1 | 8,40 | 2,67 | 3,00 | 0,4320 | 0,1121 | 0,0192 | 0,5633 |
| TG 03 | 3 | Myrtaceae 1 | 9,70 | 3,09 | 2,50 | 0,5683 | 0,1475 | 0,0253 | 0,7411 |
| TG 03 | 3 | *Trichilia* sp. | 11,50 | 3,66 | 3,50 | 0,9934 | 0,2579 | 0,0442 | 1,2955 |
| TG 03 | 3 | *Solanum* sp. 1 | 2,40 | 2,40 | 3,00 | 0,3317 | 0,0861 | 0,0148 | 0,4326 |
| TG 03 | 3 | *Solanum* sp. 1 | 1,50 | 1,50 | 3,00 | 0,1052 | 0,0273 | 0,0047 | 0,1372 |
| TG 03 | 3 | Asteraceae 1 | | 0,86 | 1,60 | 0,0207 | 0,0054 | 0,0009 | 0,0270 |
| TG 03 | 3 | Indet 8 | | 0,25 | 1,50 | 0,0010 | 0,0003 | 0,0000 | 0,0013 |
| TG 03 | 3 | *Trichilia* sp. | 9,60 | 3,06 | 3,50 | 0,6390 | 0,1659 | 0,0284 | 0,8333 |
| TG 03 | 4 | *Myrcia splendens* | | 0,16 | 0,90 | 0,0003 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0003 |
| TG 03 | 4 | Unha de gato | | 0,10 | 0,80 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 |
| TG 03 | 4 | *Myrcia splendens* | | 0,16 | 0,85 | 0,0003 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0003 |
| TG 03 | 4 | Unha de gato | | 0,19 | 1,00 | 0,0004 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0006 |
| TG 03 | 4 | Indet 11 | 2,30 | 2,30 | 2,20 | 0,2622 | 0,0681 | 0,0117 | 0,3419 |
| TG 03 | 5 | Indet 3 | | 0,64 | 0,77 | 0,0073 | 0,0019 | 0,0003 | 0,0095 |
| TG 03 | 5 | *Ficus* sp. 1 | | 1,11 | 0,52 | 0,0242 | 0,0063 | 0,0011 | 0,0316 |

| Tributário | Parcela | Espécie | CAP [1] (cm) | DAP [2] (cm) | Ht [3] (m) | BFcc [4] | BGcc [5] | BFo [6] | Bt AS [7] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TG 03 | 5 | Morta | 41,80 | 13,31 | 9,00 | 34,6987 | 9,0078 | 43,7065 | 45,2506 |
| TG 03 | 5 | Indet 4 | | 2,23 | 1,07 | 0,1788 | 0,0464 | 0,0080 | 0,2331 |
| TG 03 | 6 | *Ficus* sp. 1 | | 0,16 | 0,51 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0003 |
| TG 03 | 6 | *Ficus* sp. 1 | | 0,22 | 0,56 | 0,0005 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0006 |
| TG 03 | 6 | Lauraceae 2 | | 0,22 | 0,68 | 0,0005 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0007 |
| TG 03 | 8 | Indet 13 | | 0,16 | 1,00 | 0,0003 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0004 |
| TG 03 | 8 | Indet 13 | | 0,13 | 1,00 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0002 |
| TG 03 | 8 | Indet 13 | | 0,13 | 1,00 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0002 |
| TG 11 | 1 | Morta | 56,60 | 18,02 | 11,00 | 79,2271 | 20,5674 | 99,7945 | 103,3201 |
| TG 11 | 1 | Myrtaceae 1 | 10,30 | 3,28 | 3,50 | 0,7589 | 0,1970 | 0,0338 | 0,9897 |
| TG 11 | 1 | *Sapium* sp. | | 0,60 | 0,33 | 0,0045 | 0,0012 | 0,0002 | 0,0059 |
| TG 11 | 1 | *Trichilia* sp. | 18,00 | 5,73 | 4,00 | 3,1412 | 0,8155 | 0,1398 | 4,0964 |
| TG 11 | 1 | Lauraceae 1 | 17,30 | 5,51 | 6,50 | 3,5021 | 0,9091 | 0,1558 | 4,5670 |
| TG 11 | 1 | Lauraceae 1 | 12,20 | 3,88 | 5,00 | 1,3348 | 0,3465 | 0,0594 | 1,7408 |
| TG 11 | 1 | Lauraceae 1 | 17,50 | 5,57 | 6,50 | 3,6018 | 0,9350 | 0,1603 | 4,6971 |
| TG 11 | 1 | Lauraceae 1 | 6,10 | 1,94 | 4,50 | 0,2347 | 0,0609 | 0,0104 | 0,3061 |
| TG 11 | 1 | Arecaeae 1 | 80,00 | 25,46 | 12,00 | 191,4490 | 49,7002 | 8,5195 | 249,6686 |
| TG 11 | 1 | Lauraceae 1 | 17,50 | 5,57 | 6,00 | 3,4817 | 0,9039 | 0,1549 | 4,5405 |
| TG 11 | 1 | Lauraceae 1 | 15,00 | 4,77 | 6,00 | 2,3890 | 0,6202 | 0,1063 | 3,1155 |
| TG 11 | 1 | *Tibouchina granulosa* | | 2,96 | 2,00 | 0,4665 | 0,1211 | 0,0208 | 0,6084 |
| TG 11 | 1 | Indet 2 | 9,40 | 2,99 | 3,50 | 0,6069 | 0,1576 | 0,0270 | 0,7915 |
| TG 11 | 1 | Myrtaceae 1 | 6,60 | 2,10 | 3,00 | 0,2396 | 0,0622 | 0,0107 | 0,3125 |
| TG 11 | 1 | *Citrus* sp. | | 1,27 | 1,20 | 0,0478 | 0,0124 | 0,0021 | 0,0624 |
| TG 11 | 1 | *Inga* sp. | 28,00 | 8,91 | 2,50 | 7,5766 | 1,9669 | 0,3372 | 9,8806 |
| TG 11 | 1 | Lauraceae 1 | 22,60 | 7,19 | 7,00 | 6,9428 | 1,8024 | 0,3090 | 9,0542 |
| TG 11 | 1 | Lauraceae 1 | 20,50 | 6,53 | 7,00 | 5,4708 | 1,4202 | 0,2435 | 7,1345 |
| TG 11 | 1 | Lauraceae 1 | 24,40 | 7,77 | 6,00 | 7,8433 | 2,0361 | 0,3490 | 10,2284 |
| TG 11 | 1 | *Inga* sp. | 13,80 | 4,39 | 5,00 | 1,8038 | 0,4683 | 0,0803 | 2,3524 |
| TG 11 | 1 | *Inga* sp. | 6,50 | 2,07 | 3,00 | 0,2308 | 0,0599 | 0,0103 | 0,3011 |
| TG 11 | 1 | *Inga* sp. | 9,60 | 3,06 | 3,00 | 0,5986 | 0,1554 | 0,0266 | 0,7806 |
| TG 11 | 1 | Lauraceae 1 | 17,70 | 5,63 | 6,50 | 3,7032 | 0,9614 | 0,1648 | 4,8294 |
| TG 11 | 1 | Myrtaceae 1 | 8,60 | 2,74 | 2,00 | 0,3853 | 0,1000 | 0,0171 | 0,5025 |
| TG 11 | 1 | Myrtaceae 1 | 9,10 | 2,90 | 2,00 | 0,4424 | 0,1148 | 0,0197 | 0,5769 |
| TG 11 | 1 | *Sapium* sp. | | 0,35 | 0,77 | 0,0017 | 0,0004 | 0,0001 | 0,0022 |
| TG 11 | 1 | Lauraceae 1 | 5,80 | 1,85 | 3,00 | 0,1748 | 0,0454 | 0,0078 | 0,2279 |
| TG 11 | 1 | Lauraceae 1 | 17,30 | 5,51 | 6,00 | 3,3853 | 0,8788 | 0,1506 | 4,4148 |
| TG 11 | 1 | Morta | 38,40 | 12,22 | 6,00 | 23,7517 | 6,1659 | 29,9177 | 30,9746 |
| TG 11 | 1 | Myrtaceae 1 | 7,30 | 2,32 | 3,00 | 0,3065 | 0,0796 | 0,0136 | 0,3998 |
| TG 11 | 1 | *Trichilia* sp. | 21,60 | 6,88 | 4,00 | 4,9041 | 1,2731 | 0,2182 | 6,3955 |
| TG 11 | 2 | Morta | 103,60 | 32,98 | 3,00 | 200,1402 | 51,9564 | 252,0966 | 261,0028 |
| TG 11 | 2 | Morta | 33,80 | 10,76 | 8,00 | 19,6436 | 5,0995 | 24,7431 | 25,6173 |
| TG 11 | 2 | Myrtaceae 1 | | 2,93 | 1,90 | 0,4446 | 0,1154 | 0,0198 | 0,5798 |
| TG 11 | 2 | *Trichilia* sp. | 15,70 | 5,00 | 4,00 | 2,2492 | 0,5839 | 0,1001 | 2,9332 |
| TG 11 | 2 | *Ludwigia* sp. | | 0,41 | 1,10 | 0,0030 | 0,0008 | 0,0001 | 0,0039 |

| Tributário | Parcela | Espécie | CAP [1] (cm) | DAP [2] (cm) | Ht [3] (m) | BFcc [4] | BGcc [5] | BFo [6] | Bt AS [7] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TG 11 | 2 | Myrtaceae 1 | 11,60 | 3,69 | 3,50 | 1,0146 | 0,2634 | 0,0452 | 1,3232 |
| TG 11 | 2 | Myrtaceae 1 | 9,00 | 2,86 | 3,50 | 0,5458 | 0,1417 | 0,0243 | 0,7117 |
| TG 11 | 2 | Indet 7 | | 0,48 | 1,10 | 0,0042 | 0,0011 | 0,0002 | 0,0055 |
| TG 11 | 2 | Myrtaceae 1 | 7,50 | 2,39 | 2,00 | 0,2758 | 0,0716 | 0,0123 | 0,3597 |
| TG 11 | 2 | Myrtaceae 1 | 7,00 | 2,23 | 2,00 | 0,2330 | 0,0605 | 0,0104 | 0,3039 |
| TG 11 | 2 | Morta | 52,00 | 16,55 | 10,00 | 61,8575 | 16,0582 | 77,9157 | 80,6684 |
| TG 11 | 2 | *Trichilia* sp. | 23,00 | 7,32 | 3,50 | 5,4030 | 1,4026 | 0,2404 | 7,0461 |
| TG 11 | 3 | Morta | 39,00 | 12,41 | 7,00 | 26,3333 | 6,8361 | 33,1695 | 34,3413 |
| TG 11 | 3 | *Solanum* sp. 1 | | 0,48 | 2,00 | 0,0054 | 0,0014 | 0,0002 | 0,0070 |
| TG 11 | 3 | Asteraceae 1 | | 1,34 | 1,90 | 0,0654 | 0,0170 | 0,0029 | 0,0853 |
| TG 11 | 3 | Arecaceae 1 | 74,00 | 23,55 | 10,00 | 146,4819 | 38,0267 | 6,5184 | 191,0270 |
| TG 11 | 3 | *Cecropia* sp. | | 0,25 | 1,10 | 0,0009 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0012 |
| TG 11 | 3 | Myrtaceae 1 | 5,70 | 1,81 | 3,00 | 0,1675 | 0,0435 | 0,0075 | 0,2184 |
| TG 11 | 3 | Asteraceae 1 | | 1,11 | 1,80 | 0,0410 | 0,0106 | 0,0018 | 0,0534 |
| TG 11 | 3 | Myrtaceae 1 | 7,50 | 2,39 | 3,00 | 0,3275 | 0,0850 | 0,0146 | 0,4271 |
| TG 11 | 3 | Indet 12 | | 1,18 | 1,60 | 0,0446 | 0,0116 | 0,0020 | 0,0582 |
| TG 11 | 3 | Myrtaceae 1 | 10,40 | 3,31 | 3,00 | 0,7279 | 0,1890 | 0,0324 | 0,9492 |
| TG 11 | 4 | *Machaerium* sp. | 27,40 | 8,72 | 8,00 | 11,7617 | 3,0533 | 0,5234 | 15,3385 |
| TG 11 | 4 | Unha de gato | | 0,22 | 0,94 | 0,0006 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0008 |
| TG 11 | 4 | Unha de gato | | 0,22 | 1,20 | 0,0007 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0009 |
| TG 11 | 4 | Indet 9 | 21,00 | 6,68 | 8,00 | 6,1403 | 1,5940 | 0,2732 | 8,0075 |
| TG 11 | 4 | Indet 9 | 44,10 | 14,04 | 12,00 | 44,6761 | 11,5979 | 1,9881 | 58,2622 |
| TG 11 | 4 | Indet 10 | 36,50 | 11,62 | 7,00 | 22,3978 | 5,8145 | 0,9967 | 29,2090 |
| TG 11 | 4 | Indet 9 | 26,50 | 8,44 | 9,00 | 11,3946 | 2,9580 | 0,5071 | 14,8597 |
| TG 11 | 5 | Morta | 45,50 | 14,48 | 9,00 | 42,6889 | 11,0820 | 53,7709 | 55,6705 |
| TG 11 | 5 | Morta | 11,80 | 3,76 | 2,50 | 0,9174 | 0,2381 | 1,1555 | 1,1963 |
| TG 11 | 5 | *Ficus* sp. 1 | | 0,70 | 0,56 | 0,0080 | 0,0021 | 0,0004 | 0,0105 |
| TG 11 | 5 | Morta | 21,60 | 6,88 | 7,00 | 6,2160 | 1,6137 | 7,8297 | 8,1063 |
| TG 11 | 6 | Indet 13 | | 0,22 | 1,70 | 0,0008 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0010 |
| TG 11 | 6 | Lauraceae 2 | | 0,16 | 0,60 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0003 |
| TG 11 | 6 | Morta | 46,90 | 14,93 | 8,00 | 43,7325 | 11,3530 | 55,0855 | 57,0316 |
| TG 11 | 6 | Lauraceae 2 | | 0,16 | 0,60 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0003 |
| TG 11 | 6 | Morta | 28,50 | 9,07 | 10,00 | 14,2328 | 3,6948 | 17,9276 | 18,5610 |
| TG 11 | 6 | Indet 13 | | 0,22 | 1,70 | 0,0008 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0010 |
| TG 11 | 6 | Morta | 27,90 | 8,88 | 6,00 | 10,8827 | 2,8251 | 13,7078 | 14,1921 |
| TG 11 | 7 | Morta | 2,40 | 2,40 | 4,00 | 0,3747 | 0,0973 | 0,4720 | 0,4887 |
| TG 11 | 7 | Morta | 19,80 | 6,30 | 2,10 | 3,0178 | 0,7834 | 3,8012 | 3,9355 |
| TG 11 | 7 | Morta | 15,70 | 5,00 | 6,50 | 2,7628 | 0,7172 | 3,4800 | 3,6029 |
| TG 11 | 7 | *Bacharis* sp. | | 0,86 | 2,30 | 0,0241 | 0,0063 | 0,0011 | 0,0314 |
| TG 11 | 7 | Lauraceae 1 | | 0,10 | 0,50 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 |
| TG 11 | 8 | Morta | 45,00 | 14,32 | 9,00 | 41,5517 | 10,7868 | 52,3386 | 54,1876 |
| TG 11 | 8 | *Solanum granuloso-leprosum* | | 0,29 | 0,93 | 0,0011 | 0,0003 | 0,0000 | 0,0015 |
| TG 11 | 8 | Morta | 38,60 | 12,29 | 8,00 | 27,1726 | 7,0540 | 34,2267 | 35,4358 |
| TG 11 | 8 | *Maclura tinctoria* | | 0,38 | 1,40 | 0,0027 | 0,0007 | 0,0001 | 0,0035 |

| Tributário | Parcela | Espécie | CAP [1] (cm) | DAP [2] (cm) | Ht [3] (m) | BFcc [4] | BGcc [5] | BFo [6] | Bt AS [7] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TG 11 | 8 | Morta | 47,80 | 15,22 | 15,00 | 59,7886 | 15,5211 | 75,3097 | 77,9703 |
| TG 11 | 8 | Morta | 78,50 | 24,99 | 15,00 | 200,9182 | 52,1584 | 253,0765 | 262,0174 |
| TG 11 | 8 | *Solanum* sp. 2 | | 0,29 | 0,50 | 0,0009 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0011 |
| TG 16 | 1 | *Acrocomia aculeata* | 82,00 | 26,10 | 12,00 | 203,3552 | 52,7910 | 9,0493 | 265,1955 |
| TG 16 | 1 | *Ficus* sp. 1 | 27,60 | 8,79 | 5,50 | 10,2154 | 2,6519 | 0,4546 | 13,3219 |
| TG 16 | 1 | *Alchornea* sp. | | 0,35 | 0,90 | 0,0018 | 0,0005 | 0,0001 | 0,0024 |
| TG 16 | 1 | *Cecropia* sp. | | 0,51 | 0,94 | 0,0046 | 0,0012 | 0,0002 | 0,0060 |
| TG 16 | 1 | *Alchornea* sp. | | 0,22 | 0,60 | 0,0005 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0007 |
| TG 16 | 1 | Morta | 98,00 | 31,19 | 15,00 | 345,5033 | 89,6927 | 435,1960 | 450,5709 |
| TG 16 | 1 | Myrtaceae 1 | 7,20 | 2,29 | 3,00 | 0,2964 | 0,0769 | 0,0132 | 0,3865 |
| TG 16 | 1 | *Protium* sp. | 7,20 | 2,29 | 3,00 | 0,2964 | 0,0769 | 0,0132 | 0,3865 |
| TG 16 | 1 | *Sapium* sp. | | 0,22 | 0,33 | 0,0004 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0005 |
| TG 16 | 1 | Fabaceae 4 | 72,50 | 23,08 | 8,50 | 130,0634 | 33,7645 | 5,7878 | 169,6157 |
| TG 16 | 1 | Indet | | 1,56 | 1,70 | 0,0910 | 0,0236 | 0,0040 | 0,1187 |
| TG 16 | 1 | *Machaerium* sp. | 38,50 | 12,25 | 8,00 | 27,0010 | 7,0094 | 1,2015 | 35,2119 |
| TG 16 | 1 | *Piptadenia gonoacantha* | 16,80 | 5,35 | 4,50 | 2,7897 | 0,7242 | 0,1241 | 3,6380 |
| TG 16 | 1 | *Alchornea* sp. | | 0,16 | 0,60 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0003 |
| TG 16 | 1 | *Schinus terebinthifolius* | | 0,29 | 1,60 | 0,0014 | 0,0004 | 0,0001 | 0,0018 |
| TG 16 | 2 | Morta | 65,00 | 20,69 | 9,00 | 102,0458 | 26,4911 | 128,5369 | 133,0779 |
| TG 16 | 2 | *Cecropia* sp. | | 0,13 | 0,47 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0002 |
| TG 16 | 2 | Myrtaceae 1 | 8,80 | 2,80 | 3,00 | 0,4839 | 0,1256 | 0,0215 | 0,6311 |
| TG 16 | 2 | Myrtaceae 1 | 11,30 | 3,60 | 3,00 | 0,8915 | 0,2314 | 0,0397 | 1,1627 |
| TG 16 | 2 | *Borreria* sp. | | 0,22 | 2,10 | 0,0009 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0011 |
| TG 16 | 2 | *Solanum* sp. 1 | | 0,16 | 0,82 | 0,0003 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0003 |
| TG 16 | 2 | *Trichilia* sp. | 17,60 | 5,60 | 3,50 | 2,8098 | 0,7294 | 0,1250 | 3,6643 |
| TG 16 | 2 | Morta | 27,80 | 8,85 | 7,00 | 11,5155 | 2,9894 | 14,5050 | 15,0174 |
| TG 16 | 2 | Myrtaceae 1 | 12,20 | 3,88 | 3,50 | 1,1477 | 0,2979 | 0,0511 | 1,4967 |
| TG 16 | 2 | Myrtaceae 1 | 17,20 | 5,47 | 3,50 | 2,6564 | 0,6896 | 0,1182 | 3,4642 |
| TG 16 | 2 | Indet 6 | | 0,57 | 1,30 | 0,0070 | 0,0018 | 0,0003 | 0,0092 |
| TG 16 | 3 | Asteraceae 1 | | 1,11 | 1,50 | 0,0379 | 0,0098 | 0,0017 | 0,0495 |
| TG 16 | 3 | *Cecropia* sp. | | 0,25 | 0,60 | 0,0007 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0009 |
| TG 16 | 3 | Asteraceae 1 | | 2,07 | 2,50 | 0,2137 | 0,0555 | 0,0095 | 0,2787 |
| TG 16 | 3 | *Cecropia* sp. | | 0,32 | 1,20 | 0,0016 | 0,0004 | 0,0001 | 0,0021 |
| TG 16 | 3 | Morta | 40,00 | 12,73 | 8,00 | 29,6440 | 7,6956 | 37,3396 | 38,6588 |
| TG 16 | 3 | Asteraceae 1 | | 2,23 | 1,70 | 0,2175 | 0,0565 | 0,0097 | 0,2837 |
| TG 16 | 3 | *Cecropia* sp. | | 0,41 | 1,75 | 0,0036 | 0,0009 | 0,0002 | 0,0047 |
| TG 16 | 3 | Indet 12 | | 0,95 | 1,50 | 0,0260 | 0,0068 | 0,0012 | 0,0339 |
| TG 16 | 3 | Morta | 67,00 | 21,33 | 12,00 | 124,1302 | 32,2242 | 156,3544 | 161,8782 |
| TG 16 | 3 | Indet 12 | | 0,95 | 1,00 | 0,0219 | 0,0057 | 0,0010 | 0,0286 |
| TG 16 | 4 | Unha de gato | | 0,16 | 1,00 | 0,0003 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0004 |
| TG 16 | 4 | Indet 10 | | 0,16 | 0,60 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0003 |
| TG 16 | 4 | Fabaceae 2 | | 0,35 | 1,50 | 0,0022 | 0,0006 | 0,0001 | 0,0029 |
| TG 16 | 4 | Unha de gato | | 0,10 | 0,80 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 |
| TG 16 | 4 | Fabaceae 1 | | 0,13 | 0,65 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0002 |

| Tributário | Parcela | Espécie | CAP [1] (cm) | DAP [2] (cm) | Ht [3] (m) | BFcc [4] | BGcc [5] | BFo [6] | Bt AS [7] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TG 16 | 4 | *Leandra* sp. | | 0,10 | 0,55 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 |
| TG 16 | 5 | *Ficus* sp. 1 | | 0,16 | 0,40 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0002 |
| TG 16 | 5 | *Ficus* sp. 1 | | 1,46 | 0,85 | 0,0581 | 0,0151 | 0,0026 | 0,0758 |
| TG 16 | 5 | *Ficus* sp. 1 | | 0,16 | 0,44 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0003 |
| TG 16 | 5 | *Cecropia* sp. | | 0,99 | 0,98 | 0,0235 | 0,0061 | 0,0010 | 0,0307 |
| TG 16 | 5 | Morta | 54,30 | 17,28 | 5,00 | 51,2628 | 13,3078 | 64,5706 | 66,8518 |
| TG 16 | 6 | Indet 13 | | 0,25 | 1,70 | 0,0011 | 0,0003 | 0,0000 | 0,0014 |
| TG 16 | 6 | Fabaceae 3 | 19,00 | 6,05 | 5,00 | 3,9402 | 1,0229 | 0,1753 | 5,1384 |
| TG 16 | 6 | *Ficus* sp. 1 | | 0,22 | 0,75 | 0,0006 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0007 |
| TG 16 | 7 | *Tibouchina granulosa* | | 0,13 | 0,40 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 |
| TG 16 | 8 | Morta | 49,00 | 15,60 | 8,00 | 48,6726 | 12,6354 | 61,3081 | 63,4740 |
| TG 16 | 8 | *Tibouchina granulosa* | | 0,29 | 0,63 | 0,0010 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0012 |
| TC02 | 1 | Lauraceae 1 | 16,70 | 5,32 | 7,00 | 3,3151 | 0,8606 | 0,1475 | 4,3233 |
| TC02 | 1 | Lauraceae 1 | 13,20 | 4,20 | 6,00 | 1,7481 | 0,4538 | 0,0778 | 2,2797 |
| TC02 | 1 | Lauraceae 1 | 15,20 | 4,84 | 5,50 | 2,3783 | 0,6174 | 0,1058 | 3,1015 |
| TC02 | 1 | *Sapium* sp. | | 0,35 | 0,40 | 0,0013 | 0,0003 | 0,0001 | 0,0017 |
| TC02 | 1 | *Sapium* sp. | | 0,32 | 1,10 | 0,0016 | 0,0004 | 0,0001 | 0,0020 |
| TC02 | 1 | *Cecropia* sp. | | 0,80 | 1,16 | 0,0149 | 0,0039 | 0,0007 | 0,0195 |
| TC02 | 1 | *Cecropia* sp. | | 0,35 | 0,70 | 0,0016 | 0,0004 | 0,0001 | 0,0021 |
| TC02 | 1 | *Croton* sp. | | 0,19 | 0,70 | 0,0004 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0005 |
| TC02 | 1 | Morta | 60,50 | 19,26 | 12,00 | 96,7363 | 25,1127 | 121,8490 | 126,1538 |
| TC02 | 1 | Myrtaceae 1 | 9,80 | 3,12 | 2,50 | 0,5827 | 0,1513 | 0,0259 | 0,7599 |
| TC02 | 2 | Morta | 26,00 | 8,28 | 6,00 | 9,1600 | 2,3779 | 11,5379 | 11,9455 |
| TC02 | 2 | *Trichilia* sp. | 12,80 | 4,07 | 3,50 | 1,2905 | 0,3350 | 0,0574 | 1,6829 |
| TC02 | 2 | Rubiaceae 1 | | 0,54 | 2,50 | 0,0081 | 0,0021 | 0,0004 | 0,0105 |
| TC02 | 2 | Morta | 17,10 | 5,44 | 9,00 | 3,9071 | 1,0143 | 4,9213 | 5,0952 |
| TC02 | 3 | Myrtaceae 1 | 6,40 | 2,04 | 2,30 | 0,1986 | 0,0516 | 0,0088 | 0,2590 |
| TC02 | 3 | *Alchornea* sp. | | 0,10 | 0,40 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 |
| TC02 | 4 | Indet 9 | 38,70 | 12,32 | 9,00 | 28,7439 | 7,4619 | 1,2791 | 37,4849 |
| TC02 | 4 | Indet 9 | 12,50 | 3,98 | 3,50 | 1,2178 | 0,3162 | 0,0542 | 1,5882 |
| TC02 | 4 | Indet 9 | 17,00 | 5,41 | 2,00 | 2,0367 | 0,5287 | 0,0906 | 2,6560 |
| TC02 | 4 | Indet 9 | 25,00 | 7,96 | 3,50 | 6,6239 | 1,7196 | 0,2948 | 8,6383 |
| TC02 | 6 | Indet 13 | | 0,32 | 1,70 | 0,0019 | 0,0005 | 0,0001 | 0,0024 |
| TC02 | 6 | Indet 13 | | 0,32 | 1,70 | 0,0019 | 0,0005 | 0,0001 | 0,0024 |

Legenda:
1 - CAP: circunferência à altura do peito;
2 - DAP: diâmetro à altura do peito;
3 - Ht: Altura do indivíduo;
4 - BFcc: Biomassa do fuste com casca;
5 - BGcc: Biomassa de galhos com casca;
6 - BFo: Biomassa de folhas;
7 - Bt AS: Biomassa total.

#### 3.6.2.2.1 Análises estatísticas dos dados da 2ª campanha

Estatísticas descritivas para as diferentes variáveis caracterizadas no conjunto dos tributários amostrados são apresentadas na **Tabela 10**. Houve diferenças expressivas entre as medidas de cada variável, visto que foram amostradas diferentes fitofisionomias nos diferentes contextos representados nas áreas marginais desses tributários.

A cobertura do solo apresentou valor médio de 92,35+2,03%, e a altura média da vegetação foi de 116,94+11,63 cm, apresentando variação expressiva (de 20cm a 3 m), de acordo com a fitofisionomia representada. O teor médio de umidade nas amostras colhidas foi de 66,38+1,41%, também apresentando variação expressiva (de 26% a 82%). Quanto à biomassa, a porção epígea teve média de 2,86+0,37 t/ha, ao passo que a porção hipógea teve média de 0,35+0,08 t/ha, e para a biomassa total 3,21+0,39 t/ha. O teor médio de umidade nas amostras colhidas foi de 66,38+1,41%.

**Tabela 10: Estatísticas descritivas para variáveis pertinentes à biomassa e teor de umidade nos diferentes tributários amostrados.**

| Parâmetro | % Cobertura | Altura (cm) | Teor de umidade (%) | Biomassa hipógea (t/ha) | Biomassa epígea (t/ha) | Biomassa Total (t/ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 49,00 | 49,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 |
| Mínimo | 25,00 | 20,00 | 0,00 | 0,02 | 0,19 | 26,27 |
| Máximo | 100,00 | 300,00 | 11,16 | 2,81 | 11,31 | 82,09 |
| Média | 92,35 | 116,94 | 2,86 | 0,35 | 3,21 | 66,38 |
| Erro Padrão | 2,03 | 11,63 | 0,37 | 0,08 | 0,39 | 1,41 |
| Variância | 201,15 | 6625,85 | 6,79 | 0,30 | 7,62 | 99,16 |
| Desvio Padrão | 14,18 | 81,40 | 2,61 | 0,54 | 2,76 | 9,96 |
| Mediana | 100,00 | 100,00 | 1,65 | 0,19 | 2,53 | 67,22 |

Os valores médios de biomassa epígea, hipógea e total para os conjuntos de amostras tomadas em cada tributário são apresentados na **Tabela 11** e ilustrados na **Figura 105**. Nota-se que o valor médio de biomassa total entre os diferentes tributários foi de 3,21 t/ha, variando entre 0,76 t/ha (TG16) e 6,04 t/ha (TG34). Assim como evidenciado a partir dos dados globais (**Tabela 8**), a biomassa epígea representou grande parte da biomassa total nas amostras, sendo que a razão entre as médias de biomassa hipógea e epígea foi de apenas 22%%, variando amplamente: de 2% a 82%.

**Tabela 11: Valores médios de biomassa epígea, hipógea e total para os diferentes tributários amostrados.**

| Tributário | Biomassa epígea média (t/ha) | Biomassa hipógea média (t/ha) | Razão biomassa média hipógea/epígea (%) | Média de Biomassa total (t/ha) |
|---|---|---|---|---|
| TC 02 | 0,78 | 0,59 | 81,91 | 1,36 |
| TC 05 | 2,98 | 0,21 | 10,59 | 3,19 |
| TG 11 | 2,24 | 0,28 | 14,21 | 2,52 |
| TG 16 | 0,64 | 0,12 | 16,19 | 0,76 |
| TG 20 | 5,78 | 0,11 | 1,98 | 5,89 |
| TG 03 | 3,42 | 0,93 | 34,98 | 4,35 |
| TG 34 | 5,71 | 0,32 | 5,84 | 6,04 |
| TG 44 | 1,52 | 0,28 | 18,14 | 1,81 |
| **Média Geral** | **2,86** | **0,35** | **22,38** | **3,21** |

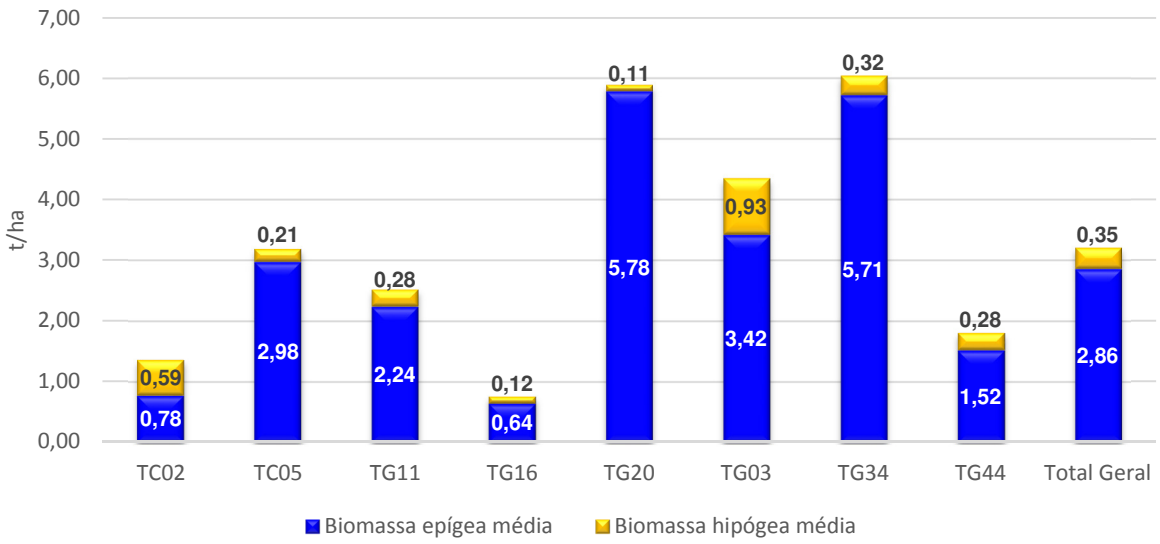



*Figura 105: Valores médios de biomassa epígea, hipógea e total registrados nos diferentes tributários amostrados.*

A existência de correlações entre as variáveis mensuradas foi investigada utilizando-se o índice não paramétrico "D de Spearman" em uma matriz de correlações, apresentada na **Tabela 12.** De forma geral observa-se, como esperado, forte interação entre variáveis descritivas do porte da vegetação, como densidade, altura e teores de biomassa. Destaca-se a não existência de correlações significativas (a $p<0,05$) entre as biomassas epígea e hipógea; entre as medidas de cobertura e altura da vegetação com a biomassa hipógea, e entre a altura da vegetação e o grau (%) de cobertura do solo.

Com base nesses resultados, depreende-se que, para o momento representado nesta etapa do monitoramento, o porte e densidade alcançados pela vegetação acima do solo ainda não implicam em forte influência sobre a biomassa de raízes. Vale destacar que as amostragens para a biomassa de raízes tiveram como principal foco as raízes secundárias da vegetação herbácea e arbustiva, restringindo-se ao solo superficial, até uma profundidade de 20 cm.

**Tabela 12: Matriz de correlação entre as variáveis estudadas utilizando-se o índice de correlação não paramétrico "D de Spearman" *.**

| Variável | % Cobertura | Altura | Biom. Epi. | Biom. Hipo. | Biom. Total |
|---|---|---|---|---|---|
| **% Cobertura** | - | 0,1816 | 0,0000 | 0,2138 | 0,0000 |
| **Altura** | 13780 | - | 0,0131 | 0,4853 | 0,0155 |
| **Biomassa Epígea** | 6014 | 12543 | - | 0,0870 | 0,0000 |
| **Biomassa Hipógea** | 14056 | 21508 | 15734 | - | 0,0095 |
| **Biomassa Total** | 6229 | 12711 | 730 | 13112 | - |

*Os valores de correlação segundo o índice D de Spearman são apresentados no triângulo inferior à linha de células diagonal, e as probabilidades (bi-caudal) de que as colunas não estejam correlacionadas são apresentadas no triângulo superior. Valores inferiores a 0,05 (em vermelho) indicam que a probabilidade de não existência de correlação é > 95%.

Os resultados apresentados acima ensejam um aprofundamento da investigação da relação entre o porte da vegetação e as demais variáveis, a partir da exploração dos dados pertinentes a parcelas tomadas por vegetação predominantemente arbustiva ou herbácea.

De fato, as diferentes variáveis caracterizadas apresentaram, na maioria, forte diferenciação conforme o porte da vegetação existente – se arbustiva ou herbácea, conforme apresentado na **Tabela 13** e **Tabela 14** e ilustrado na **Figura 106**, para os dados pertinentes à cobertura e altura, biomassas epígea, hipógea e total, e teores de umidade na vegetação.

**Tabela 13: Estatísticas descritivas das diferentes variáveis caracterizadas para as parcelas com fisionomia arbustiva nos tributários amostrados.**

| Parâmetro | Cobertura (%) | Altura (cm) | Biomassa epígea (ton/ha) | Biomassa Hipógea (ton/ha) | Biomassa total (ton/ha) | Teor de umidade (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 16,00 | 16,00 | 16,00 | 16,00 | 16,00 | 16,00 |
| Mínimo | 70,00 | 60,00 | 0,25 | 0,02 | 0,31 | 54,93 |
| Máximo | 100,00 | 300,00 | 11,16 | 2,81 | 11,31 | 82,09 |
| Média | 95,63 | 186,88 | 4,14 | 0,36 | 4,50 | 68,52 |
| Erro Padrão | 2,23 | 16,63 | 0,79 | 0,17 | 0,77 | 2,11 |
| Variância | 79,58 | 4422,92 | 10,08 | 0,46 | 9,43 | 70,95 |
| Desvio Padrão | 8,92 | 66,51 | 3,18 | 0,68 | 3,07 | 8,42 |
| Mediana | 100,00 | 190,00 | 3,30 | 0,16 | 3,82 | 67,91 |

**Tabela 14: Estatísticas descritivas das diferentes variáveis caracterizadas para as parcelas com fisionomia herbácea nos tributários amostrados.**

| Parâmetro | Cobertura (%) | Altura (cm) | Biomassa epígea (ton/ha) | Biomassa Hipógea (ton/ha) | Biomassa total (ton/ha) | Teor de umidade (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 33 | 33 | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Mínimo | 25 | 20 | 0,00 | 0,03 | 0,19 | 26,27 |
| Máximo | 100 | 250 | 8,56 | 2,60 | 11,16 | 80,60 |
| Média | 90,76 | 83,03 | 2,26 | 0,35 | 2,60 | 65,37 |
| Erro Padrão | 2,79 | 11,33 | 0,36 | 0,08 | 0,41 | 1,81 |
| Variância | 256,44 | 4234,28 | 4,33 | 0,23 | 5,84 | 111,72 |
| Desvio Padrão | 16,01 | 65,07 | 2,08 | 0,48 | 2,42 | 10,57 |
| Mediana | 100 | 60 | 1,60 | 0,21 | 1,96 | 67,225 |

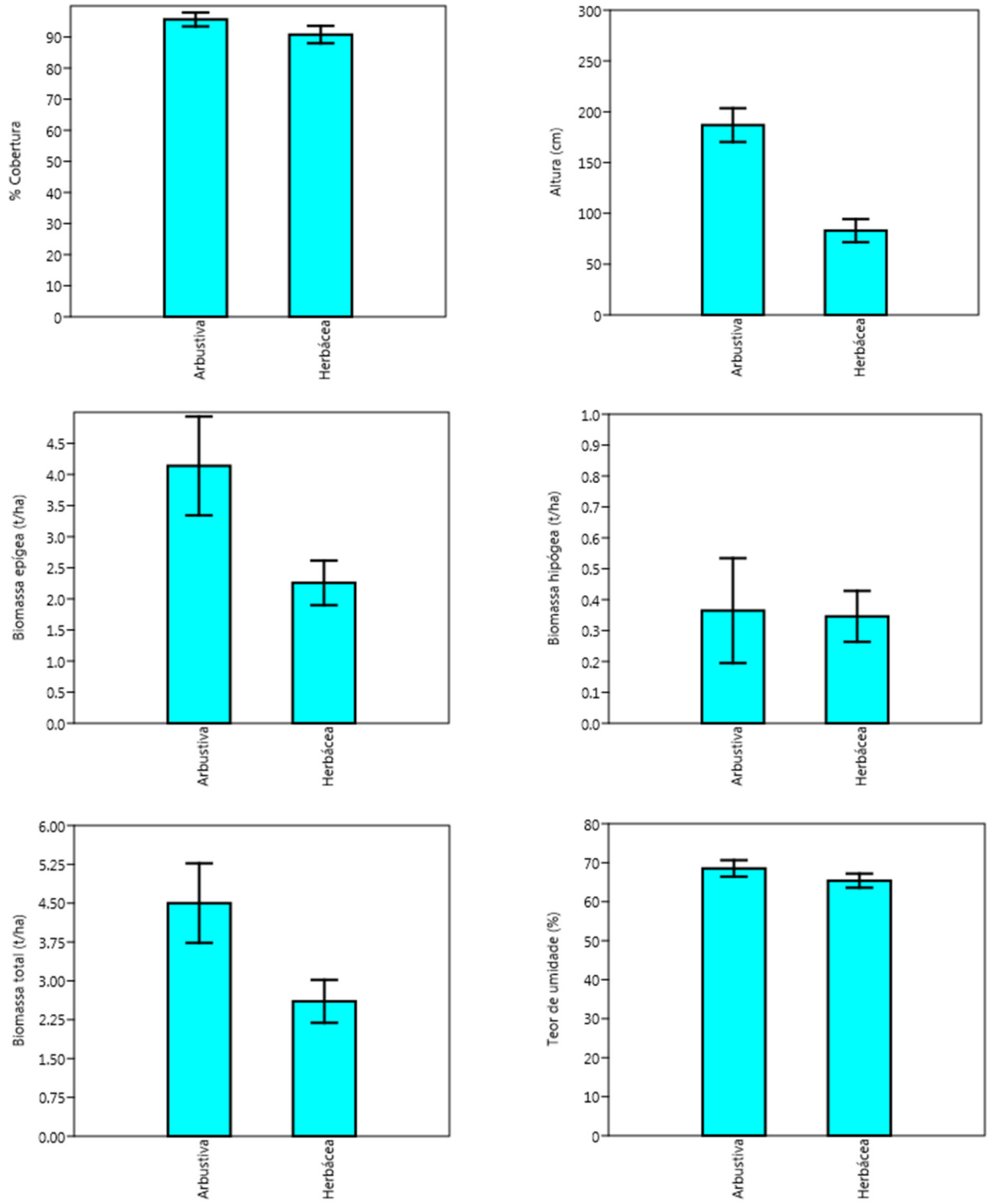



*Figura 106: Valores médios e erro padrão para as diferentes variáveis caracterizadas segundo o porte da vegetação.*

Comparações dos resultados para as variáveis mensuradas entre as amostras tomadas nessas fitofisionomias foram realizadas utilizando-se o teste não paramétrico de Mann Whitney – U (para comparação de medianas de amostras independentes), cujos resultados são apresentados na **Tabela 15**. Nota-se que o grau de cobertura, a biomassa hipógea e o teor de umidade na vegetação apresentaram valores similares para as coberturas arbustiva e herbácea, não resultando em diferenças significativas (**Tabela 15**). Já para as variáveis altura e biomassas epígea e total houve diferença significativa entre as coberturas arbustiva e herbácea.

Os dados corroboram a noção depreendida anteriormente, a partir da matriz de correlação entre as variáveis (**Tabela 12**), de que, que até a ocasião da realização das amostragens, o porte da vegetação resultante das intervenções para recuperação da cobertura nos tributários não resultou em diferenciação quanto à biomassa hipógea, muito embora a fitofisionomia arbustiva apresente biomassa epígea significativamente maior.

**Tabela 15: Teste de Mann Whitney para equivalência de medianas aplicado às diferentes variáveis caracterizadas segundo o porte da vegetação presente nas parcelas amostradas.**

| Variável | Porte | Número de obs. | Rank médio | Mann-Whitney U | z | p* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cobertura** | Arbustivo | 16 | 9,13 | 216,5 | -1,162 | 0,245 |
| | Herbáceo | 33 | 15,86 | | | |
| **Altura** | Arbustivo | 16 | 12,03 | 74,5 | -4,042 | 0,000 |
| | Herbáceo | 33 | 12,96 | | | |
| **Biomassa epígea** | Arbustivo | 16 | 10,20 | 170,0 | -2,111 | 0,035 |
| | Herbáceo | 34 | 15,30 | | | |
| **Biomassa hipógea** | Arbustivo | 16 | 7,52 | 240,0 | -0,656 | 0,512 |
| | Herbáceo | 34 | 17,98 | | | |
| **Biomassa total** | Arbustivo | 16 | 10,36 | 162,0 | -2,278 | 0,023 |
| | Herbáceo | 34 | 15,14 | | | |
| **Teor de umidade** | Arbustivo | 16 | 8,76 | 242,0 | -0,614 | 0,540 |
| | Herbáceo | 34 | 16,72 | | | |

*A hipótese nula é que as amostras provém de populações com medianas iguais. Valores de p<0,05 (em vermelho) indicam diferença significativa.

Somente foram registradas plantas lenhosas nos tributários TC02, TG03, TG11 e TG16. Nestes, foram amostradas 209 indivíduos em 12 parcelas, entre os quais 178 encontravam-se vivos e 31 encontravam-se mortos. Estatísticas descritivas referentes ao componente lenhoso da vegetação à margem dos tributários são apresentadas na **Tabela 16**.

Pode-se inferir que a grande maioria das árvores mortas amostradas, senão a totalidade, pereceu em função do rompimento da barragem de Fundão. Estas consistem em indivíduos de diferentes tamanhos, ainda em pé, porém secos, com marcas da inundação e aspecto geral similar. O diâmetro médio à altura do peito (DAP) das plantas mortas (13,47+1,35 cm) é aproximadamente quatro vezes maior que o das plantas lenhosas vivas (3,51$\pm$0,45 cm), tendo sido registrado DAP de 32,98 cm. Já a biomassa lenhosa média estimada para os indivíduos mortos é de 69,99$\pm$16,95 t/ha, cerca de 6,5 vezes superior à biomassa lenhosa média estimada para as plantas vivas (10,81$\pm$3,88 t/ha).

Estes valores expressam a composição diamétrica dos indivíduos lenhosos vivos e mortos nas parcelas amostradas, apresentada na **Figura 107.** Nota-se que para as plantas lenhosas vivas a composição diamétrica tem um perfil de “J invertido”, sendo a classe modal pertinente a plantas muito jovens, de DAP entre 0 e 2,5 cm. Já para as plantas mortas o perfil diamétrico é melhor distribuído, particularmente entre as classes entre 0 e 20 cm, com classe modal equivalente a plantas de cerca de 15 a 17,7 cm. Estes perfis podem resultar tanto da eliminação (soterramento, carreamento) de plantas lenhosas de menor porte quando da ocorrência do evento, ao passo em que as árvores maiores remanesceram, apesar de mortas, quanto da da rebrota e regeneração espontânea de plantas lenhosas.

**Tabela 16: Diâmetro à altura do peito (DAP) e estimativa de biomassa lenhosa para plantas vivas e mortas amostradas nos tributários TC02, TG03, TG11 e TG16.**

| Parâmetro | DAP (cm) | | Biomassa lenhosa (t/ha) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Plantas Vivas | Plantas Mortas | Plantas Vivas | Plantas Mortas | Plantas vivas e mortas |
| N | 178 | 31 | 178 | 31 | 209 |
| Mínimo | 0,1 | 2,23 | 0,0001 | 0,3485 | 0,0001 |
| Máximo | 26,1 | 32,98 | 256,15 | 435,12 | 435,19 |
| Média | 3,51 | 13,47 | 10,81 | 69,99 | 16,33 |
| Erro Padrão | 0,45 | 1,35 | 3,88 | 16,95 | 3,58 |
| Variância | 27,50 | 56,86 | 1655,64 | 8908,57 | 2677,36 |
| Desvio Padrão | 5,24 | 7,54 | 40,69 | 94,39 | 51,74 |
| Mediana | 1,20 | 12,73 | 0,058 | 37,34 | 0,35 |

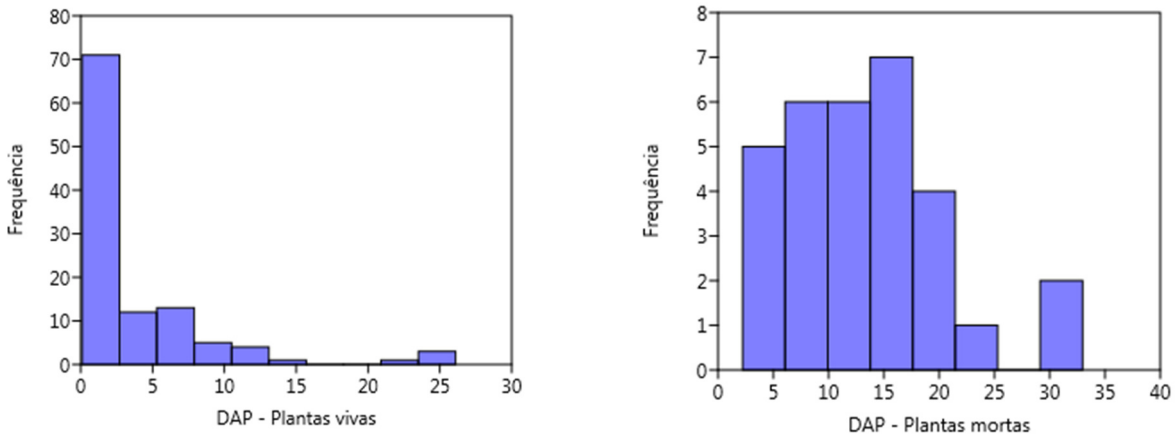



*Figura 107: Composição diamétrica das populações de plantas lenhosas vivas e mortas nas parcelas amostradas nos TGs 02, 03, 11 e 16.*

A **Tabela 17 e a Figura 108** apresentam as estimativas de biomassa total (biomassa lenhosas + biomassa de folhas) para os indivíduos vivos e de biomassa lenhosa para os indivíduos mortos nos diferentes tributários representados nas amostragens. Observa-se a biomassa total de plantas vivas e mortas variou amplamente, sendo de 1,29±0,31 t/ha no TG 03 e de 18,12±10,27 t/ha para plantas vivas no TG16 e, para as plantas mortas, de 43,65±14,55 t/ha no TG11 e de 101,99±31,76 t/ha no TG16.

**Tabela 17: Estimativas para a biomassa total de plantas vivas e de biomassa lenhosa para os tributários TC02, TG03, TG11 e TG16.**

| Parâmetro | Biomassa total de plantas vivas (Lenho + folhas, em t/ha) | | | | Biomassa do lenho de plantas mortas (t/ha) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TC02 | TG03 | TG11 | TG16 | TG11 Mortos | TG16 Mortos |
| N | 22 | 51 | 66 | 39 | 17 | 14 |
| Mínimo | 7,99E-05 | 0,026 | 7,68E-05 | 6,98E-05 | 0,349 | 4,921 |
| Máximo | 58,26 | 13,32 | 169,62 | 265,20 | 253,08 | 435,20 |

| Parâmetro | Biomassa total de plantas vivas (Lenho + folhas, em t/ha) | | | | Biomassa do lenho de plantas mortas (t/ha) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TC02 | TG03 | TG11 | TG16 | TG11 Mortos | TG16 Mortos |
| Média | 8,02 | 1,29 | 5,13 | 18,12 | 43,65 | 101,99 |
| Erro Padrão | 3,24 | 0,319 | 2,64 | 10,27 | 14,55 | 31,76 |
| Variância | 230,62 | 5,19 | 460,23 | 4114,55 | 3599,80 | 14117,86 |
| Desvio Padrão | 15,18612 | 2,28 | 21,45 | 64,14 | 59,99 | 118,82 |
| Mediana | 0,002 | 0,51 | 0,23 | 0,002 | 34,23 | 57,63 |

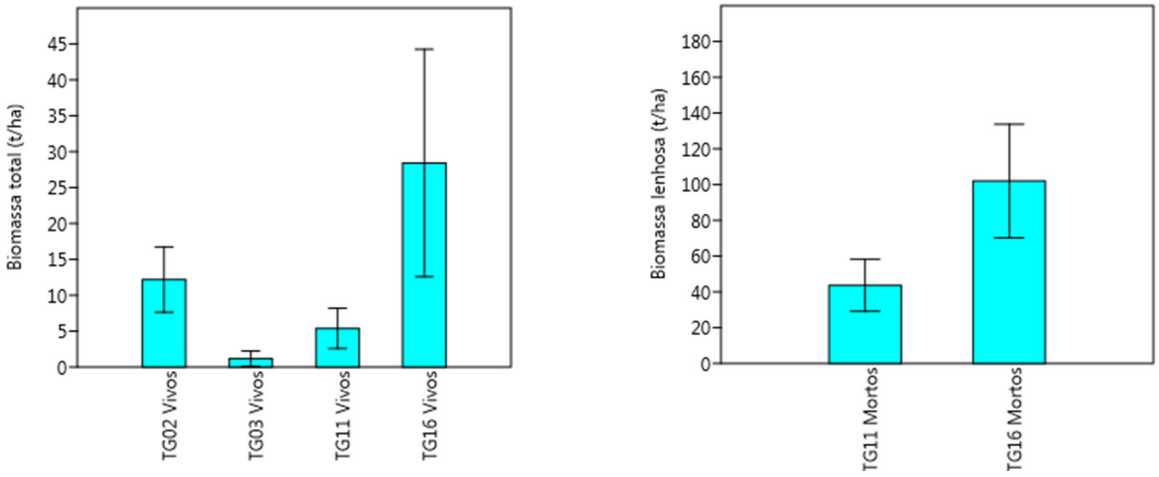



*Figura 108: Estimativas de biomassa total média para indivíduos lenhosos vivos e de biomassa lenhosa para indivíduos mortos nos tributários TG02, TG03, TG11 e TG16. Os traços representam os respectivos desvios padrão.*

Nos itens seguintes são detalhados aspectos pertinentes a cada um dos tributários amostrados.

#### 3.6.2.2.2 Cobertura Vegetal e Biomassa nas Parcelas Amostrais da 2ª Campanha

### Tributário TG 03 - Área 3

O total de biomassa seca medida em nove parcelas foi de 6172,25 g, sendo que 6142,77 g pertencem à parte aérea e 29,48 g referente às raízes. A média estimada para biomassa total foi de 13,94 ton/ha, sendo 10,24 ton/ha e 3,71 ton/ha, referentes às biomassas epígea e hipógea, respectivamente. A parcela que obteve a maior biomassa foi a P1, com percentual de cobertura de 100% e domínio de espécies de colonização espontânea, como por exemplo *Puchlea sagitalis*, conforme apresentado na **Tabela 8.**

De forma geral, o TG03 possui cobertura vegetal se desenvolvendo nas áreas acima do enrocamento e entre dispositivos de contenção **(Figura 109**) garantido estabilidade e diminuição no carreamento de sedimentos. Nestas áreas observa-se a dominância de crotalária e calopogônio. Interessante destacar a alta densidade de plantas que se desenvolvem no pé do talude, próximo e dentro do próprio curso d'água (**Figura 109**).

*Figura 109: Destaque para a cobertura vegetal das margens, acima e sobre o enrocamento, composta por espécies do mix de sementes (crotalária e calopogônio) juntamente com espécies da regeneração natural.*

É importante destacar a vegetação nativa remanescente e em regeneração neste tributário que foi mantida na planície do lado esquerdo (**Figura 110** e **Figura 111**). Nesta porção se observam pequenas ilhas de vegetação nativa com porte arbóreo em estágio inicial de sucessão que contribui substancialmente para diminuir o carreamento de sedimentos, além de exercer importante função ecológica na recolonização da área.

*Figura 110: Detalhe das ilhas de vegetação nativa que se desenvolvem na margem esquerda.*

*Figura 111: Detalhe da estrutura interna de um dos pequenos fragmentos de vegetação nativa que se desenvolve na margem esquerda do TG03.*

## Tributário TG 11 - Área 13

O total de biomassa seca medida em oito parcelas foi de 4715,98 g, sendo que 4727,70 g pertencem à parte aérea e 11,72 g referente às raízes. A média estimada para biomassa total foi de 7,00 ton/ha, sendo 5,89 ton/ha e 1,11 ton/ha, referentes às biomassas epígea e hipógea, respectivamente. A parcela que obteve a maior biomassa foi a P2, com percentual de cobertura de 100% e domínio da espécie calopogônio, conforme apresentado na **Tabela 8.**

Este tributário se destaca em relação aos outros pela abundância da regeneração natural recolonizando a área afetada pelo rejeito, principalmente em seu trecho mais a montante. Fator importante para esta condição é a proximidade de remanescentes florestais presentes em suas adjacências que servem como fontes de propágulos e a camada menos espessa de rejeito depositada no solo que, a princípio, não representa impeditivo para a germinação das sementes provenientes da chuva de sementes ou presentes no banco de sementes do solo. É possível verificar nas áreas adjacentes ao curso d'água espécies nativas do gênero *Ficus* (**Figura 112**), *Inga* (**Figura 113**), *Cecropia, Solanum, Luehea* (**Figura 114**), *Jacaranda* (**Figura 115**), *Croton, Leandra, Alchornea*, entre outros (**Figura 116** e **Figura 117**). Salienta-se a importância da realização de estudos da dinâmica da regeneração natural ao longo das áreas afetadas, pois esta regeneração sugere grande potencial na recuperação das áreas degradadas, além de ser um valioso indicador de recuperação.

*Figura 112: Indivíduo regenerante de Ficus* sp.

*Figura 113: Plântula de Inga* sp.

*Figura 114: Indivíduo de Luehea* sp.

*Figura 115: Plântula de Jacaranda* sp.

*Figura 116: Em primeiro plano, indivíduo de uma espécie da família Lauraceae, (Ocotea* sp*); e uma plântula de Cecropia* sp *embaixo à esquerda.*

*Figura 117: Possivelmente um indivíduo de Nectandra* sp. se regenerando sobre o rejeito.

## Tributário TG 16 - Área 11

O total de biomassa seca medida em seis parcelas foi de 1295,47 g, sendo que 1291,74 g pertencem à parte aérea e 3,73 g referente às raízes. A média estimada para biomassa total foi de 2,62 ton/ha, sendo 2,15 ton/ha e 0,47 ton/ha, referentes às biomassas epígea e hipógea, respectivamente. A parcela que obteve a maior biomassa foi a P1, com percentual de cobertura de 100% e domínio de espécies de colonização espontânea, como *Andropogon bicolor*, *Cecropia* sp. e *Ludwigia elegans*, conforme apresentado na **Tabela 8.**

Similarmente ao TG 11, este tributário se destaca em relação aos outros pela abundância de espécies nativas regenerantes. Durante as amostragens de campo verificou-se a presença de indivíduos dos gêneros: *Sapium* sp. **(Figura 118**), *Solanum* sp, *Cecropia* sp. (**Figura 119**), *Schinus* sp., *Ficus* sp. (**Figura 120)**, *Tibouchina granulosa* (**Figura 121**).

*Figura 118: Plântula de Sapium glandulosum se desenvolvendo bem sobre a camada de rejeito.*

*Figura 119: Em destaque, dois indivíduos de Cecropia sp. bem desenvolvidos.*

*Figura 120: Indivíduos de Ficus sp., esta espécie ocorre com significativa abundância no TG16 e no TG11.*

*Figura 121: Plântula de Tibouchina granulosa.*

## Tributário TG 20 - Área 10

O total de biomassa seca medida em seis parcelas foi de 9781,65 g, sendo que 9778,19 g pertencem à parte aérea e 3,45 g referente às raízes. A média estimada para biomassa total foi de 16,73 ton/ha, sendo 16,30 ton/ha e 0,43 ton/ha, referentes às biomassas epígea e hipógea, respectivamente. A parcela que obteve a maior biomassa foi a P1, com percentual de cobertura de 100% e domínio das espécies braquiária de rama, crotalária e feijão guandu, conforme apresentado na **Tabela 8.**

De modo geral, neste tributário observa-se espécies herbáceas e arbustivas se desenvolvendo simultaneamente, resultando em elevado aporte de biomassa acima do solo (**Figura 122 e Figura 123**). Destaque para a crotalária e o feijão guandu que apresentaram bom desenvolvimento em altura, em média acima de dois metros **(Figura 124**). As espécies que predominam são braquiária de rama, crotalária, feijão guandu e apaga fogo (*Alternanthera tenella*).

Interessante observar que em vários trechos do TG 20 as espécies herbáceas recobrem o solo abaixo dos arbustos, criando boa condição para controlar a erosão e manter a cobertura do solo com o final do ciclo da crotalária (**Figura 123**). Já é possível notar a quantidade de matéria orgânica depositada no solo como restos de folhas, frutos e galhos (**Figura 125**).

*Figura 122: Espécies arbustivas e herbáceas consorciadas (crotalária, feijão guandu e braquiária semeada pelo proprietário).*

*Figura 123: Estilosantes se desenvolvendo abaixo de crotalária, garantindo a cobertura do solo por meio da diversidade de espécies.*

*Figura 124: Nesta figura evidencia-se o elevado porte da vegetação arbustiva (crotalária e feijão guandu).*

*Figura 125: Detalhe do aporte de matéria orgânica depositada no solo.*

## Tributário TG 34 - Área 7

O total de biomassa seca medida em seis parcelas foi de 8504,11 g, sendo que 8493,80 g pertencem à parte aérea e 10,31 g referente às raízes. A média estimada para biomassa total foi de 15,45 ton/ha, sendo 14,16 ton/ha e 1,30 ton/ha, referentes às biomassas epígea e hipógea, respectivamente. A parcela que obteve a maior biomassa foi a P1, com percentual de cobertura de 100% e domínio das espécies crotalária, feijão guandu, conforme apresentado na **Tabela 8.**

De maneira geral, observa-se neste tributário a alternância entre trechos com vegetação arbustiva e, na maior parte, herbáceas. No trecho mais a montante do tributário percebe-se a predominância de braquiária (**Figura 126**), e na medida em que se aproxima da foz, no encontro com o Gualaxo do Norte, observa-se trecho coberto por crotalária, feijão guandu e estilosantes (**Figura 127**) e grande parte com calopogônio (**Figura 128**).

*Figura 126: Trecho a montante do tributário com predomínio de braquiária.*

*Figura 127: Trecho com a margem recoberta por crotalária, feijão guandu e estilosantes.*

*Figura 128: Trechos com predomínio de calopogônio. Neste ponto é notável o desenvolvimento sobre o enrocamento onde toda a margem encontra-se coberta, minimizando o impacto visual causado pelas rochas e contribuindo no aporte de matéria orgânica.*

O trecho dominado por crotalária e feijão guandu apresenta vegetação herbácea ausente ou com pouca densidade abaixo do dossel (**Figura 129**), mas com presença de matéria orgânica (frutos secos de nabo forrageiro e resíduos de crotalária) sobre a biomanta. Neste local, observa-se uma mancha adensada de estilosantes na crista do talude (**Figura 130**) que confere estabilidade física e contenção de sedimentos da planície.

Adicionalmente, verifica-se a presença de espécies espontâneas, em diversos trechos, se desenvolvendo nas margens do curso d'água e entre o enrocamento, como *Ludwigia elegans* (**Figura 131**), entre outras (**Figura 132**).

*Figura 129: Trecho recoberto por crotalária e feijão guandu.*

*Figura 130: Crista do talude com alta densidade da espécie estilosantes promovendo estabilidade física e contenção de sedimentos provenientes da planície.*

*Figura 131: Em destaque, indivíduo de Ludwigia elegans se desenvolvendo às margens do tributário.*

*Figura 132: Detalhe para a margem do TG 34 recoberta por espécies espontâneas.*

## Tributário TG 44 - Área 9

O total de biomassa seca medida em seis parcelas foi de 3095,67 g, sendo que 3086,65 g pertencem à parte aérea e 9,02 g referente às raízes. A média estimada para biomassa total foi de 6,28 ton/ha, sendo 5,14 ton/ha e 1,13 ton/ha, referentes às biomassas epígea e hipógea, respectivamente. A parcela que obteve a maior biomassa foi a P2, com percentual de cobertura de 100% e domínio de espécies de colonização espontânea, conforme apresentado na **Tabela 8.**

De forma geral, o TG 44 apresenta vegetação predominantemente herbácea, com predomínio das espécies braquiária, calopogônio, *Commelina difusa, Pluchea sagitallis, Alternanthera tenella* e algumas espécies espontâneas (**Figura 133 e Figura 134**). Na margem direita ocorrem espécies espontâneas arbustivas (**Figura 135**) como assa peixe (*Vernonia sp.*) e *Ludwigia elegans* **(Figura 136**).

Sinal negativo encontrado neste tributário foi a presença de animais domésticos (equídeos) (**Figura 137**) pastando nas margens, prejudicando o desenvolvimento das plantas e favorecendo o início de processos erosivos.

Os resultados da revegetação e regularização das margens já se refletem na qualidade da água do tributário. Considerando o aspecto visual, a água apresenta-se transparente (**Figura 138**) e foi verificado a presença de alevinos ao longo do curso d'água.

*Figura 133: Trecho próximo a foz do TG 44 com o predomínio de espécies herbáceas.*

*Figura 134: Trecho mais a montante do tributário evidenciando a dominância de herbáceas.*

*Figura 135: Vista da margem direita do TG 44 evidenciando a regeneração natural por espécies arbustivas.*

*Figura 136: Detalhe de Ludwigia elegans, espécie nativa comumente encontrada ao longo da área afetada.*

*Figura 137: Presença de animais domésticos pastando nas áreas trabalhadas do tributário.*

*Figura 138: Detalhe do aspecto visual de um trecho do TG 44, mostrando a transparência da água.*

## Tributário TC 02 - Área 15

O total de biomassa seca medida em seis parcelas foi de 2220,80 g, sendo que 2202,09 g pertencem à parte aérea e 18,71 g referente às raízes. A média estimada para biomassa total foi de 6,02 ton/ha, sendo 3,67 ton/ha e 2,35 ton/ha, referentes às biomassas epígea e hipógea, respectivamente. A parcela que obteve a maior biomassa foi a P3, com percentual de cobertura de 90% e domínio de uma espécie de carrapicho da família Malvaceae e da mamona, ambas de regeneração espontânea, conforme apresentado na **Tabela 8**.

No TC 02 a área próxima ao Rio do Carmo é recoberta predominantemente por vegetação arbustiva, com destaque para elevada densidade de indivíduos de mamonas (*Ricinus communis* - **Figura 139**). Além das mamonas, outras espécies infestantes também são encontradas na área como *Solanum* sp. e carrapicho-redondo (*Urena lobata* - **Figura 140**) dominando o estrato inferior do maciço de mamonas, dentre outras espécies herbáceas ruderais. Nesta área poucas espécies do mix de sementes se estabeleceram, sendo estilosantes, nabo forrageiro e calopogônio as espécies semeadas que mais se desenvolveram (**Figura 141**).

Na ocasião da campanha de campo, grande parte desta área apresentava solo exposto, contudo uma equipe de bioengenharia trabalhava no ressemeio a fim de garantir a cobertura do solo.

As margens apresentam densa cobertura vegetal, a partir da COPASA em direção a foz com o Rio do Carmo (**Figura 142**). Espécies como feijão guandu, crotalária e espécies espontâneas se fazem presentes.

No trecho a montante da COPASA, a margem direita é ocupada por touceiras de bambus que promovem certa estabilidade ao talude (**Figura 143**), porém, abaixo destas touceiras a superfície do talude apresenta baixa densidade de plantas (**Figura 144**). Já a margem esquerda é coberta por calopogônio em quase todo o trecho. Interessante destacar que no trecho à montante do TC02 (próximo às dependências da cachaçaria Tiara) a vegetação nativa resistiu bem ao impacto da onda de rejeito (**Figura 145**), sem sinais de mortalidade

e com presença de regeneração natural de espécies nativas (**Figura 146**), indicando mais uma vez que a proximidade com fontes de propágulos aliada a uma fina camada de rejeito favorece a regeneração natural.

*Figura 139: Área dominada por mamona e outras plantas infestantes, colonizadoras de terrenos baldios.*

*Figura 140: Carrapicho-redondo (Urena lobata), espécie comum no TC02 formando maciços densos abaixo das mamonas.*

*Figura 141: Área revegetada apresentando desenvolvimento de nabo forrageiro.*

*Figura 142: Vista aérea das margens próximas à foz evidenciando o desenvolvimento da vegetação.*

*Figura 143: Vista aérea do TC02 a montante da COPASA evidenciando touceira de bambus.*

*Figura 144: Baixa densidade vegetal abaixo das touceiras de bambus.*

*Figura 145: Trecho afetado pelo rejeito sem sinais de mortalidade entre os indivíduos arbóreos.*

*Figura 146: Regeneração natural do sub-bosque com espécies nativas.*

## Tributário TC 05 - Área 15

O total de biomassa seca medida em seis parcelas foi de 4858,44 g, sendo que 4851,70 g pertencem à parte aérea e 6,74 g referente às raízes. A média estimada para biomassa total foi de 13,94 ton/ha, sendo 10,24 ton/ha e 3,71 ton/ha, referentes às biomassas epígea e hipógea, respectivamente. A parcela que obteve a maior biomassa foi a P4, com percentual de cobertura de 100% e domínio de espécies de colonização espontânea carrapicho-redondo (*Urena lobata*), feijão guandu e uma gramínea indeterminada, conforme apresentado na **Tabela 8.**

Em geral, no TC05 a cobertura vegetal apresenta elevada produção de biomassa. Há o predomínio das espécies sorgo forrageiro, braquiária, carrapicho-redondo (*Urena lobata*), *Mimosa setosa*, nabo forrageiro, feijão guandu, calopogônio e estilosantes.

Trechos da margem direita, perto da foz com o Rio do Carmo, possuem predominância de sorgo forrageiro com excelente desenvolvimento e boa cobertura do solo (**Figura 147** e **Figura 148**). Observa-se o crescimento de outras espécies do mix de sementes abaixo do sorgo, indicando que a cobertura do solo se perpetuará após o ciclo desta, garantindo a sucessão de espécies presentes no mix. Neste trecho, observou-se as seguintes espécies se desenvolvendo sob o sorgo (**Figura 149**): ervilhaca, crotalária, feijão guandu, estilosantes, *Althernanthera tenella*; além de espécies espontâneas se desenvolvendo próximo ao curso d'água (**Figura 150**) e entre o enrocamento (**Figura 151**).

No trecho a montante do tributário a cobertura vegetal é densa, com alta produção de biomassa e nenhum sinal de erosão nas margens; no leito do tributário a água apresenta-se transparente (**Figura 152**). Neste trecho observa-se o predomínio de braquiária, associada ao carrapicho-redondo, crotalária, *Mimosa setosa*, mamona e *Alternanthera tenella*, entre outras espécies de crescimento espontâneo (**Figura 153**).

*Figura 147: Trecho dominado por sorgo forrageiro.*

*Figura 148: Detalhe para o bom desenvolvimento das plantas de sorgo, contribuindo para o aporte de matéria orgânica ao solo.*

*Figura 149: Detalhe das plantas crescendo sob o dossel dominado por sorgo forrageiro que poderá garantir a cobertura do solo após o término do ciclo de vida do sorgo. Espécies como feijão guandu, crotalária, ervilhaca, nabo forrageiro e estilosantes também se fazem presentes.*

*Figura 150: Duas espécies de macrófitas fixadoras se desenvolvendo em um banco de sedimento, próximo à margem.*

*Figura 151: Plantas espontâneas se desenvolvendo entre o enrocamento.*

*Figura 152: Cobertura vegetal nas margens minimizando o carreamento de sedimentos para o leito do curso d'água e transparência da água.*

*Figura 153: Trecho a montante onde se observa cobertura do solo densa com o predomínio de braquiária, carrapicho-redondo, crotalária, mamona, Mimosa setosa, dentre outras.*

### 3.6.2.3 Estimativa dos Totais de Biomassa por Área Amostral e Área Prioritária

O modelo de regressão linear simples obtido para a relação entre a biomassa seca (t/ha) e a leitura do índice foliar NDVI expressa uma relação positiva significativa (p<0,0001) entre estas variáveis, traduzida pela equação:

$$\mathbf{Log_{10}(Biomassa+1) = 1,5673 \times NDVI - 0,1313}$$

Os dados e parâmetros do modelo resultante são apresentados na **Tabela 18** e a relação entre as variáveis ilustrada na **Figura 154**.

**Tabela 18: Dados e parâmetros do modelo de regressão linear simples obtido para a relação entre NDVI e biomassa.**

| Dados e Parâmetros | Resultado |
|---|---|
| N | 34 |
| $r^2$ | 0,7504 |
| t | 9,808 |
| p | <0,0001 |
| Erro padrão (a) | 0,1598 |
| Erro padrão (b) | 0,0946 |
| Int. confiança a 95% (*bootstrapped*, N=1999): | Inclinação (a): (1,3238; 1,8631); |
| | Intercepto (b): (-0,3124; -0,0107) |

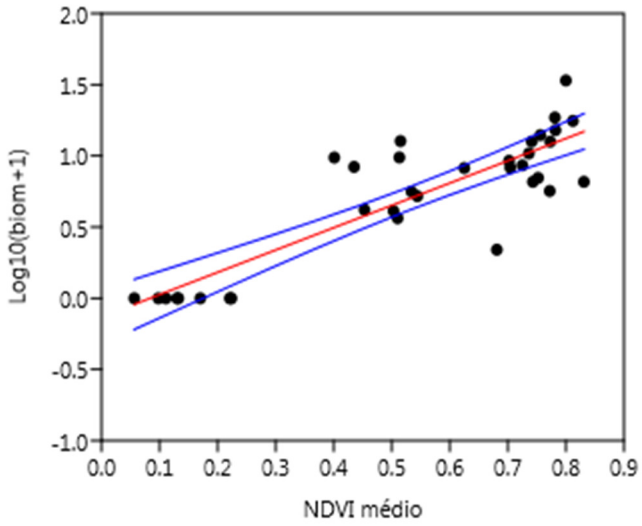



*Figura 154: Ajuste do modelo de regressão linear simples para a relação entre NDVI e logarítmo da biomassa acrescido de 1 unidade (Log10(biom +1)), em toneladas por hectare. As linhas azuis representam o intervalo de confiança a 95%.*

A espacialização das estimativas para biomassa a partir do referido modelo é ilustrada na **Figura 155** por meio de isolinhas plotadas sobre imagens aéreas de alta resolução (píxel de 10 $cm^2$) obtidas por VANT, para as planícies selecionadas. Observa-se, de forma geral, um bom ajuste espacial das estimativas, podendo-se distinguir visualmente as diferenças da densidade e porte da cobertura vegetal correspondente às isolinhas.

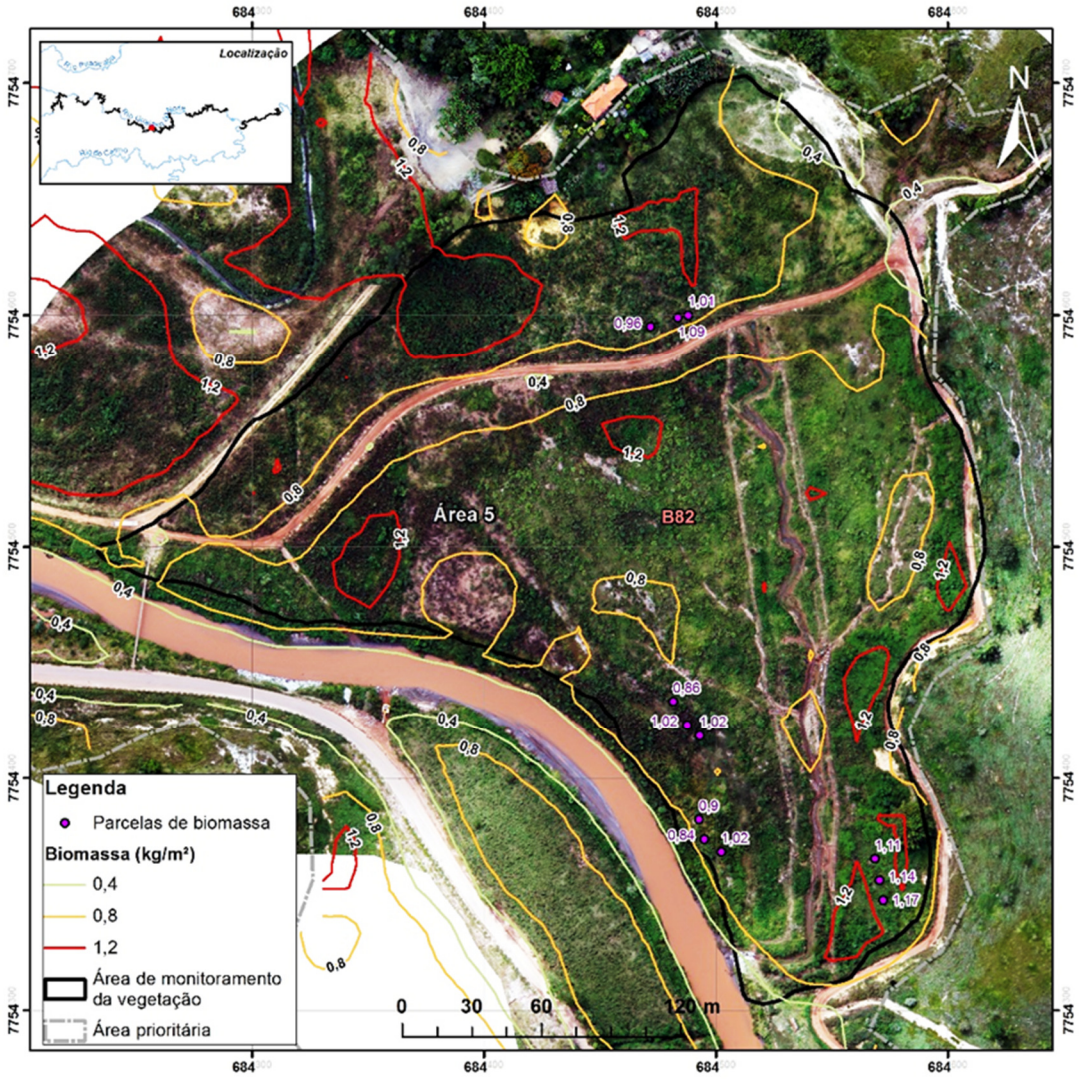



*Figura 155: Exemplo de espacialização das estimativas de biomassa através de isolinhas geradas pelo do modelo obtido para a relação entre NDVI e biomassa em março/2017. A imagem de fundo foi obtida por VANT em planícies selecionadas. As isolinhas representam biomassa em kg/m².*

### 3.6.2.4 Áreas amostrais de Planícies e Tributários

Uma vez aferida a adequação do modelo para estimativa da biomassa associada à cobertura vegetal através da leitura do índice de vegetação NDVI, obtida em março/2017, o modelo obtido foi aplicado à totalidade da superfície das áreas amostrais – planícies e tributários – nos meses de março e junho, correspondentes à 1ª e 2ª campanhas amostrais, respectivamente.

As imagens Sentinel-2 selecionadas para a estimativa da biomassa nas áreas-alvo apresentaram diferentes graus de cobertura de nuvens e sombras nos meses correspondentes à realização das campanhas de campo – respectivamente março e junho de 2017, conforme apresentado na **Tabela 19**. Dessa forma, as áreas cobertas por nuvens e sombras foram excluídas do cômputo da biomassa via índices de vegetação. Observa-se que, em março/2017, a cobertura de nuvens e sombras tomou parte expressiva das áreas amostrais dos tributários TG03 e TG20, (41,53% e 28,82%, respectivamente) e, em junho/2017, do tributário TC02 (66,28%).

**Tabela 19: Cobertura de nuvens e sombras nas Áreas Amostrais - Planícies e Tributários.**

| Áreas Amostrais | | Área Total (ha) | % nuvens Março | % nuvens Junho |
|---|---|---|---|---|
| Planícies | M03 | 2,33 | 0,00 | 0,00 |
| | B36 | 11,00 | 0,00 | 0,00 |
| | M08 | 5,16 | 0,00 | 0,00 |
| | B65 | 2,63 | 0,00 | 0,00 |
| | B82 | 7,23 | 0,00 | 0,00 |
| | B98 | 0,57 | 0,00 | 0,00 |
| | B139 | 12,43 | 0,00 | 0,00 |
| Tributários | TG03 | 3,67 | 41,53 | 0,00 |
| | TG11 | 3,93 | 0,00 | 0,00 |
| | TG20 | 8,29 | 28,82 | 0,00 |
| | TG34 | 3,83 | 0,00 | 0,00 |
| | TG44 | 2,55 | 0,00 | 0,00 |
| | TC02 | 7,47 | 0,00 | 66,28 |
| | TC05 | 4,94 | 0,00 | 6,53 |
| | TG16 | 8,97 | 0,00 | 0,00 |

As **Tabela 20** (Planícies) e **Tabela 21** (Tributários) abaixo apresentam os totais de biomassa estimados nas diferentes áreas amostrais contempladas neste monitoramento, a partir da aplicação do modelo linear obtido para a relação entre NDVI e biomassa (t/ha) nos meses de março/2017 (1ª campanha amostral) e junho/2017 (2ª campanha amostral), excluindo-se as porções tomadas por nuvens e sombras.

**Tabela 20: Cobertura relativa (ha) das diferentes classes de densidade de biomassa nas Áreas Amostrais / Planícies - monitoradas.**

| Biomassa (t/ha) | M03 | | B36 | | M08 | | B65 | | B82 | | B98 | | B139 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Março | Junho | Março | Junho | Março | Junho | Março | Junho | Março | Junho | Março | Junho | Março | Junho |
| <0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 a 1 | 0,00 | 0,07 | 0,06 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 a 2 | 0,07 | 0,61 | 0,38 | 0,15 | 0,26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,27 | 0,09 | 0,02 | 0,02 |
| 2 a 3 | 0,07 | 0,26 | 0,48 | 1,21 | 0,76 | 0,02 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 0,07 | 0,14 | 0,03 | 0,08 | 0,20 |
| 3 a 4 | 0,15 | 0,21 | 0,55 | 1,82 | 0,49 | 0,06 | 0,00 | 0,09 | 0,04 | 0,18 | 0,05 | 0,14 | 0,47 | 0,79 |
| 4 a 5 | 0,06 | 0,11 | 0,96 | 1,72 | 0,30 | 0,15 | 0,04 | 0,33 | 0,02 | 0,25 | 0,05 | 0,14 | 0,86 | 1,48 |
| 5 a 6 | 0,15 | 0,10 | 1,07 | 1,40 | 0,32 | 0,20 | 0,01 | 0,63 | 0,13 | 0,65 | 0,03 | 0,12 | 1,23 | 1,64 |
| 6 a 7 | 0,13 | 0,07 | 1,00 | 0,88 | 0,24 | 0,32 | 0,07 | 0,70 | 0,24 | 1,03 | 0,01 | 0,05 | 1,20 | 1,67 |
| 7 a 8 | 0,15 | 0,06 | 1,06 | 0,80 | 0,29 | 0,42 | 0,07 | 0,39 | 0,27 | 1,31 | 0,00 | 0,02 | 1,24 | 1,48 |
| 8 a 9 | 0,10 | 0,15 | 0,96 | 0,57 | 0,19 | 0,54 | 0,04 | 0,17 | 0,19 | 1,17 | 0,01 | 0,00 | 1,22 | 1,51 |
| 9 a 10 | 0,12 | 0,20 | 0,81 | 0,39 | 0,19 | 0,69 | 0,06 | 0,15 | 0,31 | 0,79 | 0,00 | 0,00 | 1,24 | 1,23 |
| 10 a 11 | 0,10 | 0,21 | 0,86 | 0,51 | 0,29 | 0,73 | 0,06 | 0,07 | 0,48 | 0,42 | 0,00 | 0,00 | 1,13 | 0,90 |
| 11 a 12 | 0,10 | 0,18 | 0,69 | 0,22 | 0,24 | 0,67 | 0,08 | 0,03 | 0,46 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,89 | 0,62 |
| 12 a 13 | 0,12 | 0,10 | 0,64 | 0,41 | 0,29 | 0,41 | 0,13 | 0,00 | 0,63 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,81 | 0,36 |
| 13 a 14 | 0,10 | 0,00 | 0,54 | 0,32 | 0,39 | 0,36 | 0,19 | 0,00 | 0,93 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,63 | 0,15 |
| 14 a 15 | 0,17 | 0,00 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,23 | 0,11 | 0,00 | 0,87 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,10 |
| 15 a 16 | 0,14 | 0,00 | 0,31 | 0,11 | 0,26 | 0,12 | 0,24 | 0,00 | 0,80 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,37 | 0,11 |
| 16 a 17 | 0,11 | 0,00 | 0,25 | 0,06 | 0,23 | 0,04 | 0,39 | 0,00 | 0,75 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,26 | 0,04 |
| 17 a 18 | 0,07 | 0,00 | 0,22 | 0,02 | 0,13 | 0,03 | 0,37 | 0,00 | 0,42 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 |
| 18 a 19 | 0,17 | 0,00 | 0,09 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,45 | 0,00 | 0,34 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,00 |
| 19 a 20 | 0,12 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,24 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 |
| 20 a 21 | 0,11 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,14 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21 a 22 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21 a 23 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23 a 24 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| **Área total mapeada (ha)** | 2,41 | 2,33 | 11,33 | 10,96 | 5,21 | 5,03 | 2,73 | 2,59 | 7,29 | 7,20 | 0,58 | 0,59 | 12,55 | 12,30 |

**Tabela 21: Cobertura relativa (Ha) das diferentes classes de densidade de biomassa nas Áreas Amostrais / Tributários - monitoradas.**

| Biomassa (t/ha) | TG03 | | TG11 | | TG16 | | TG20 | | TG34 | | TG44 | | TC02 | | TC05 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Março | Junho | Março | Junho | Março | Junho | Março | Junho | Março | Junho | Março | Junho | Março | Junho | Março | Junho |
| <0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 a 1 | 0,10 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,02 | 0,01 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 a 2 | 0,22 | 0,19 | 0,11 | 0,00 | 0,07 | 0,03 | 0,06 | 0,01 | 0,41 | 0,05 | 0,13 | 0,07 | 0,54 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 2 a 3 | 0,13 | 0,15 | 0,13 | 0,04 | 0,25 | 0,15 | 0,07 | 0,07 | 0,38 | 0,39 | 0,08 | 0,08 | 0,54 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| 3 a 4 | 0,12 | 0,15 | 0,06 | 0,01 | 0,73 | 0,29 | 0,10 | 0,19 | 0,28 | 0,25 | 0,07 | 0,14 | 0,32 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| 4 a 5 | 0,10 | 0,12 | 0,02 | 0,04 | 0,92 | 0,55 | 0,08 | 0,24 | 0,30 | 0,25 | 0,07 | 0,22 | 0,34 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| 5 a 6 | 0,13 | 0,18 | 0,04 | 0,05 | 0,96 | 0,89 | 0,22 | 0,26 | 0,25 | 0,16 | 0,17 | 0,28 | 0,37 | 0,32 | 0,32 | 0,32 |
| 6 a 7 | 0,16 | 0,22 | 0,06 | 0,07 | 0,68 | 0,86 | 0,20 | 0,42 | 0,30 | 0,14 | 0,16 | 0,51 | 0,49 | 0,34 | 0,34 | 0,34 |
| 7 a 8 | 0,16 | 0,22 | 0,02 | 0,06 | 0,41 | 0,71 | 0,20 | 0,36 | 0,37 | 0,18 | 0,31 | 0,53 | 0,37 | 0,66 | 0,66 | 0,66 |
| 8 a 9 | 0,11 | 0,39 | 0,05 | 0,12 | 0,54 | 0,80 | 0,21 | 0,44 | 0,27 | 0,18 | 0,20 | 0,45 | 0,61 | 0,29 | 0,29 | 0,29 |
| 9 a 10 | 0,09 | 0,40 | 0,15 | 0,17 | 0,58 | 0,85 | 0,16 | 0,79 | 0,35 | 0,21 | 0,21 | 0,12 | 0,46 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 10 a 11 | 0,17 | 0,36 | 0,18 | 0,36 | 0,47 | 0,76 | 0,16 | 1,19 | 0,28 | 0,33 | 0,23 | 0,05 | 0,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 11 a 12 | 0,13 | 0,42 | 0,22 | 0,64 | 0,41 | 0,57 | 0,27 | 1,46 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,02 | 0,50 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 12 a 13 | 0,08 | 0,31 | 0,34 | 0,70 | 0,47 | 0,45 | 0,20 | 1,12 | 0,24 | 0,21 | 0,09 | 0,03 | 0,66 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 13 a 14 | 0,16 | 0,20 | 0,28 | 0,61 | 0,46 | 0,56 | 0,29 | 0,86 | 0,07 | 0,27 | 0,11 | 0,00 | 0,63 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 14 a 15 | 0,11 | 0,12 | 0,35 | 0,56 | 0,40 | 0,38 | 0,31 | 0,44 | 0,12 | 0,27 | 0,14 | 0,00 | 0,31 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 15 a 16 | 0,09 | 0,11 | 0,39 | 0,27 | 0,45 | 0,27 | 0,30 | 0,13 | 0,07 | 0,16 | 0,08 | 0,00 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 16 a 17 | 0,08 | 0,02 | 0,34 | 0,18 | 0,42 | 0,33 | 0,48 | 0,11 | 0,04 | 0,16 | 0,16 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17 a 18 | 0,05 | 0,00 | 0,27 | 0,02 | 0,33 | 0,22 | 0,37 | 0,05 | 0,02 | 0,15 | 0,05 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 18 a 19 | 0,02 | 0,00 | 0,39 | 0,02 | 0,23 | 0,08 | 0,31 | 0,02 | 0,00 | 0,10 | 0,02 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 19 a 20 | 0,01 | 0,00 | 0,23 | 0,01 | 0,23 | 0,02 | 0,63 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20 a 21 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 0,06 | 0,04 | 0,64 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21 a 22 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21 a 23 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23 a 24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| **Área total mapeada (Ha)** | 2,22 | 3,61 | 3,99 | 3,93 | 9,10 | 8,94 | 5,98 | 8,17 | 3,90 | 3,75 | 2,53 | 2,51 | 7,58 | 2,49 | 2,49 | 2,49 |

Os totais de biomassa estimados e a densidade média da biomassa para as planícies e tributários monitorados nos meses de março e junho de 2017 são apresentados na **Tabela 22**. Nota-se que os valores de densidade média variaram amplamente: de 2,55 t/ha a 14,59 t/ha, denotando a influência da diversidade de contextos, históricos de manejo e sazonalidade sobre a biomassa relacionada à cobertura vegetal resultante nas diferentes áreas-alvo deste monitoramento.

**Tabela 22: Totais e densidade média de biomassa (t/ha) nas áreas amostrais - Planícies e Tributários – monitoradas nos meses de março a junho/2017.**

| Áreas Amostrais | | Mês | Área (ha) | Biomassa Total (t/ha) | Densidade média |
|---|---|---|---|---|---|
| Planícies | M03 | Março | 2,41 | 28,54 | 11,84 |
| | | Junho | 2,33 | 12,99 | 5,57 |
| | B36 | Março | 11,33 | 96,95 | 8,56 |
| | | Junho | 10,96 | 70,83 | 6,46 |
| | M08 | Março | 5,21 | 44,08 | 8,46 |
| | | Junho | 5,03 | 50,96 | 10,13 |
| | B65 | Março | 2,73 | 42,84 | 15,69 |
| | | Junho | 2,59 | 16,77 | 6,47 |
| | B82 | Março | 7,29 | 98,78 | 13,55 |
| | | Junho | 7,20 | 61,34 | 8,52 |
| | B98 | Março | 0,58 | 1,48 | 2,55 |
| | | Junho | 0,59 | 2,47 | 4,18 |
| | B139 | Março | 12,55 | 117,11 | 9,33 |
| | | Junho | 12,30 | 92,37 | 7,51 |
| Tributários | TG03 | Março | 2,22 | 18,51 | 8,34 |
| | | Junho | 3,61 | 31,90 | 8,84 |
| | TG11 | Março | 3,99 | 56,16 | 14,07 |
| | | Junho | 3,93 | 48,45 | 12,33 |
| | TG16 | Março | 9,10 | 88,13 | 9,68 |
| | | Junho | 8,94 | 84,06 | 9,40 |
| | TG20 | Março | 5,98 | 88,45 | 14,79 |
| | | Junho | 8,17 | 86,59 | 10,60 |
| | TG34 | Março | 3,90 | 28,06 | 7,19 |
| | | Junho | 3,75 | 35,75 | 9,53 |
| | TG44 | Março | 2,53 | 24,15 | 9,54 |
| | | Junho | 2,51 | 16,72 | 6,66 |
| | TC02 | Março | 7,58 | 68,38 | 9,02 |
| | | Junho | 2,49 | 14,83 | 5,95 |
| | TC05 | Março | 5,02 | 30,76 | 6,13 |
| | | Junho | 4,57 | 42,02 | 9,19 |

Conforme apresentado na seção **3.6.2.2.1**, os totais de biomassa epígea são fortemente relacionados ao porte da vegetação (e.g., se herbáceo, arbustivo ou arbóreo) e, em particular, influenciados pela presença de elementos lenhosos. Quanto à sazonalidade, observou-se que o teor de umidade presente na biomassa das parcelas amostradas sofreu forte redução no período entre as duas campanhas amostrais (de 67,92±0,95 %

em março/2017 para 33,62±1,41 %), equivalendo a uma redução média de 34,3% (**Figura 156**), denotando assim a expressiva deciduidade e as perdas correspondentes de biomassa verde no período.

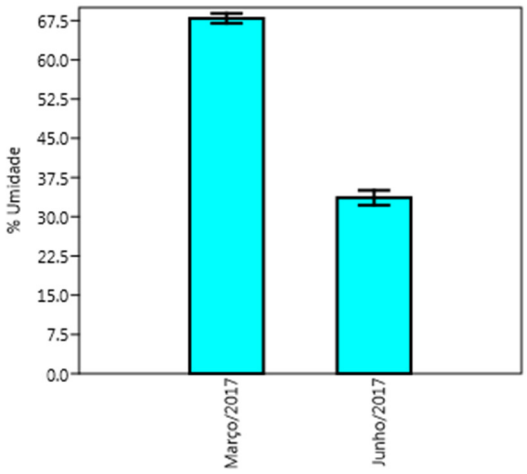



*Figura 156: Teores médios de umidade e respectivos desvios padrão para amostras de cobertura vegetal herbácea e arbustiva estabelecida sobre áreas de deposiçao de rejeito, entre março e junho de 2017*

O perfil médio de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa estimado para as diferentes áreas amostrais – planícies e tributários - são apresentados nas **Figura 157 e Figura 158.** Para o mês de março observa-se que, em ambos os casos, um perfil de distribuição de densidades de biomassa relativamente homogêneo, com totais por classe sempre inferiores a 8% no caso das planícies e inferior a 6% no caso dos tributários. Já os totais por classe no mês de junho concentram-se nas classes de 6 a 8 t/ha nas planícies e nas classes de 6 a 14 t/ha nos tributários, declinando nas classes posteriores. O deslocamento da classe modal rumo ao extremo inferior no perfil de distribuição de densidades de biomassa em junho denota com clareza a dinâmica sazonal da densidade da cobertura vegetal epígea nas áreas-alvo.

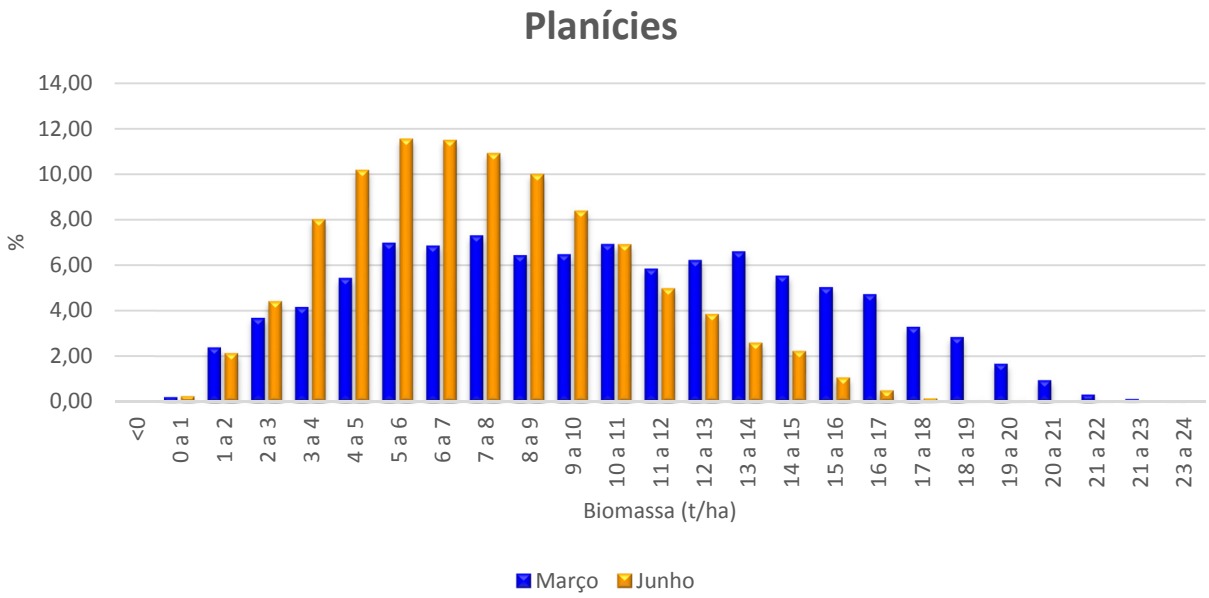



*Figura 157: Perfil médio de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa estimado para as diferentes planícies-alvo, descontada a cobertura de nuvens e sombras.*

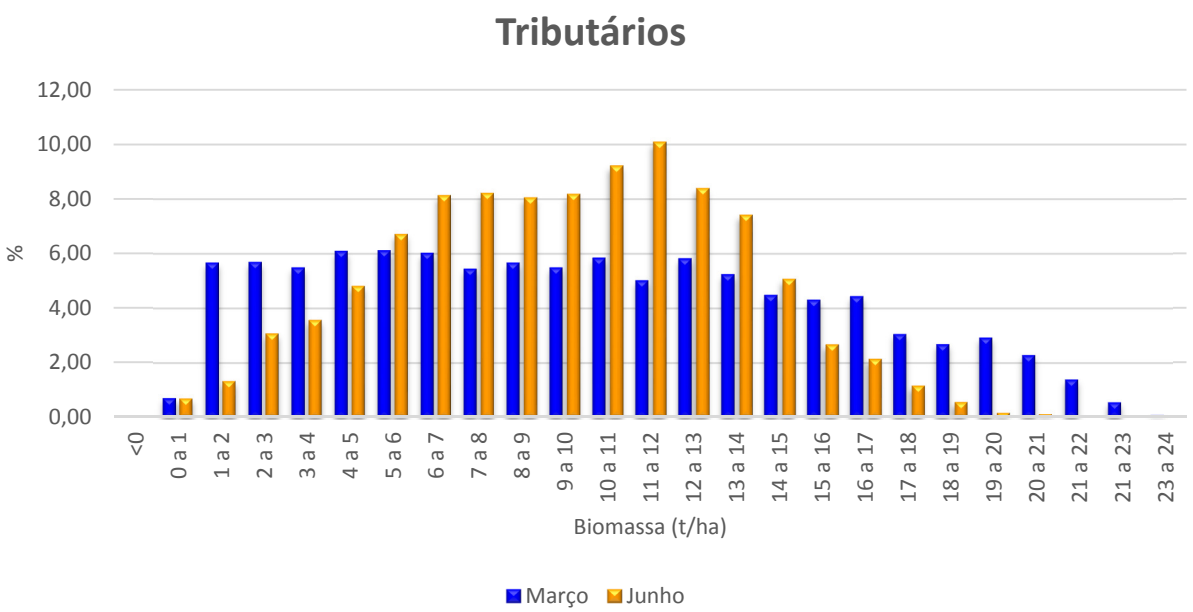



*Figura 158: Perfil médio de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa estimado para os diferentes tributários, descontada a cobertura de nuvens e sombras.*

### 3.6.2.5 Áreas Prioritárias

Da mesma forma que para as áreas amostrais, o modelo obtido para a relação entre NDVI e biomassa epígea pôde ser aplicado à totalidade da superfície das áreas prioritárias, às quais as primeiras pertencem. As imagens Sentinel-2 selecionadas para a estimação da biomassa nas áreas-alvo apresentaram diferentes graus de cobertura de nuvens e sombras nos meses correspondentes à realização das campanhas de campo – respectivamente março e junho de 2017, conforme apresentado na **Tabela 23**. As áreas cobertas por nuvens e sombras foram excluídas do cômputo da biomassa via índices de vegetação.

**Tabela 23: Cobertura de nuvens nas áreas mapeadas.**

| Área | Área total (ha) | Cobertura de nuvens e sombras (%) | |
|---|---|---|---|
| | | Março | Junho |
| **Área 3** | 97,27 | 29,32 | 0,00 |
| **Área 4** | 24,37 | 81,48 | 1,30 |
| **Área 13** | 60,20 | 0,00 | 0,00 |
| **Área 11** | 62,52 | 8,61 | 0,00 |
| **Área 10** | 54,56 | 0,16 | 0,00 |
| **Área 8** | 55,21 | 0,00 | 0,00 |
| **Área 5** | 102,64 | 3,68 | 0,00 |
| **Área 7** | 143,39 | 0,00 | 0,00 |
| **Área 9** | 128,17 | 0,00 | 44,50 |
| **Área 6** | 112,92 | 0,00 | 0,00 |
| **Área 14** | 34,48 | 0,00 | 40,63 |
| **Área 15** | 183,33 | 0,00 | 46,77 |

A **Tabela 24** e **Figura 159** a **Figura 172** apresentam a cobertura relativa (%) das áreas prioritárias contempladas neste monitoramento por classe de biomassa epígea (t/ha), a partir da aplicação do modelo linear obtido para a relação entre NDVI e biomassa (t/ha) nos meses de março/2017 (1ª campanha amostral) e junho/2017 (2ª campanha amostral), descontada a cobertura de nuvens e sombras.

**Tabela 24: Cobertura relativa (%) das áreas prioritárias por classe de biomassa epígea (t/ha), descontada a cobertura de nuvens e sombras.**

| | Área 3 | | Área 4 | | Área 13 | | Área 11 | | Área 10 | | Área 8 | | Área 5 | | Área 7 | | Área 9 | | Área 6 | | Área 14 | | Área 15 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Biomassa (t/Ha)** | **Mar** | **Jun** | **Mar** | **Jun** | **Mar** | **Mar** | **Mar** | **Jun** | **Mar** | **Jun** | **Mar** | **Jun** | **Mar** | **Jun** | **Mar** | **Jun** | **Mar** | **Jun** | **Mar** | **Jun** | **Mar** | **Jun** | **Mar** | **Jun** |
| **<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 | 0,01 |
| **0 a 1** | 1,82 | 3,45 | 0 | 0 | 2,11 | 4,55 | 4,48 | 6,24 | 0,94 | 4,25 | 2,27 | 8,05 | 1,67 | 4,1 | 1,56 | 4,12 | 4,09 | 10,81 | 1,78 | 2,66 | 10,33 | 3,69 | 26,76 | 22,26 |
| **1 a 2** | 9,09 | 5,61 | 0 | 0,17 | 11,79 | 6,6 | 6,94 | 5,08 | 7,85 | 5,51 | 9,66 | 7,48 | 7,57 | 5,77 | 8,97 | 5,75 | 13,43 | 8,72 | 6,68 | 4,51 | 8,08 | 8,47 | 14,83 | 14,36 |
| **2 a 3** | 5,8 | 5,03 | 0 | 0,38 | 5,39 | 3,68 | 4,98 | 7,32 | 6,17 | 3,29 | 5,41 | 6,55 | 5,3 | 6,38 | 6,79 | 8,2 | 8,29 | 7,8 | 4,71 | 4,99 | 4,62 | 7,88 | 7,95 | 9,9 |
| **3 a 4** | 5,4 | 6,42 | 1,09 | 1,01 | 4,75 | 3,95 | 4,88 | 7,57 | 4,02 | 4,16 | 4,95 | 9,15 | 5,4 | 6,88 | 6,22 | 9,15 | 6,62 | 9,54 | 4,13 | 9,64 | 4 | 11,92 | 5,77 | 8,21 |
| **4 a 5** | 5,17 | 7,01 | 1,09 | 2,82 | 3,94 | 4,36 | 5,15 | 7,35 | 3,87 | 4,83 | 4,04 | 11,32 | 5 | 6,53 | 6,27 | 10,3 | 6 | 9,56 | 4,93 | 12,16 | 3,62 | 15,07 | 5,39 | 7,61 |
| **5 a 6** | 4,79 | 7,09 | 1,74 | 5,55 | 3,73 | 5,71 | 5,16 | 7,86 | 4,16 | 4,64 | 4,25 | 11,87 | 4,73 | 7,08 | 6,38 | 9,72 | 5,1 | 9,49 | 5,38 | 12,17 | 3,74 | 12,07 | 4,6 | 7 |
| **6 a 7** | 5,61 | 7,41 | 3,7 | 5,13 | 3,84 | 7,12 | 4,95 | 7,81 | 4,14 | 4,94 | 5,68 | 10,93 | 4,78 | 8,74 | 6,85 | 10,12 | 4,94 | 8,74 | 5,71 | 10,76 | 3,2 | 8,13 | 4,09 | 7,15 |
| **7 a 8** | 6,15 | 7,22 | 1,96 | 6,05 | 3,75 | 7,55 | 5,1 | 7,3 | 4,38 | 6,01 | 5,61 | 8,23 | 4,97 | 9,04 | 6,77 | 9,01 | 4,8 | 7,98 | 5,74 | 10,29 | 3,57 | 7,93 | 3,82 | 6,33 |
| **8 a 9** | 5,81 | 7,56 | 5,43 | 7,94 | 4,29 | 7,18 | 4,98 | 6,38 | 4,38 | 9,23 | 5,7 | 6,33 | 4,4 | 9,65 | 6,33 | 8,03 | 4,27 | 7,26 | 6,15 | 8,86 | 3,37 | 6,11 | 3,75 | 4,66 |
| **9 a 10** | 5,81 | 7,61 | 6,09 | 8,28 | 4,44 | 7,85 | 5,21 | 6,34 | 4,41 | 10,73 | 6,3 | 5,07 | 4,76 | 8,79 | 5,35 | 6,41 | 3,86 | 5,51 | 5,86 | 6,59 | 3,6 | 7,44 | 3,36 | 3,6 |
| **10 a 11** | 5,85 | 8,58 | 5,65 | 9,87 | 4,77 | 6,99 | 5,01 | 5,79 | 4,65 | 11,17 | 6,18 | 4,05 | 4,6 | 7,97 | 5,05 | 5,28 | 4,2 | 4,2 | 5,66 | 5,48 | 4,45 | 5,52 | 3,12 | 1,92 |
| **11 a 12** | 6 | 7,38 | 9,57 | 10,8 | 5,24 | 7,91 | 4,69 | 4,91 | 4,65 | 10,86 | 5,82 | 3,76 | 4,67 | 6,22 | 4,33 | 3,92 | 4,12 | 3,41 | 5,74 | 3,4 | 5,48 | 2,81 | 2,75 | 2,02 |
| **12 a 13** | 6,47 | 6,59 | 10 | 11,47 | 5,81 | 6,96 | 4,79 | 4,92 | 4,67 | 7,56 | 6,39 | 2,43 | 5,08 | 4,53 | 4,52 | 3,03 | 4,18 | 2,34 | 5,47 | 2,45 | 5,05 | 1,48 | 2,95 | 1,45 |
| **13 a 14** | 5,93 | 4,95 | 9,78 | 8,66 | 5,69 | 6 | 4,63 | 4,27 | 5,17 | 5,47 | 5,63 | 1,62 | 5,53 | 3,06 | 3,77 | 2,29 | 3,89 | 1,71 | 5,58 | 1,96 | 5,99 | 0,39 | 2,43 | 1,06 |
| **14 a 15** | 4,91 | 3,64 | 11,09 | 8,61 | 6,51 | 4,75 | 4,7 | 3,51 | 4,74 | 3,29 | 5,27 | 1,31 | 5,3 | 2,37 | 3,93 | 1,64 | 4,05 | 1,14 | 5,04 | 1,54 | 6,79 | 0,25 | 2,25 | 0,79 |
| **15 a 16** | 4,64 | 2,44 | 8,91 | 5,63 | 6,38 | 3,29 | 5,13 | 2,92 | 5,26 | 1,72 | 4,5 | 0,78 | 5,03 | 1,46 | 3,63 | 1,34 | 4,02 | 0,85 | 4,81 | 1,19 | 5,85 | 0,2 | 1,87 | 0,68 |
| **16 a 17** | 4,21 | 1,21 | 8,26 | 4,08 | 5,44 | 2,21 | 5,02 | 2,11 | 4,76 | 0,96 | 3,88 | 0,53 | 4,8 | 0,81 | 3,05 | 0,77 | 4,25 | 0,35 | 4,24 | 0,89 | 6,02 | 0,3 | 1,51 | 0,42 |
| **17 a 18** | 3,11 | 0,45 | 6,09 | 2,48 | 4,79 | 1,71 | 4,96 | 1,51 | 5,21 | 0,57 | 3,32 | 0,22 | 4,19 | 0,43 | 2,93 | 0,56 | 3,84 | 0,25 | 3,65 | 0,37 | 5,22 | 0,2 | 1,13 | 0,3 |
| **18 a 19** | 2,02 | 0,18 | 6,09 | 0,92 | 3,35 | 0,9 | 4,02 | 0,58 | 4,97 | 0,52 | 2,5 | 0,18 | 4 | 0,19 | 2,48 | 0,23 | 2,78 | 0,2 | 3,22 | 0,09 | 4,14 | 0,05 | 0,86 | 0,11 |
| **19 a 20** | 0,8 | 0,15 | 2,61 | 0,13 | 1,81 | 0,42 | 2,88 | 0,2 | 4,85 | 0,18 | 1,39 | 0,04 | 3,39 | 0,01 | 2,18 | 0,08 | 1,7 | 0,12 | 2,65 | 0 | 1,26 | 0,05 | 0,47 | 0,05 |
| **20 a 21** | 0,42 | 0,03 | 0,87 | 0,04 | 1,37 | 0,11 | 1,42 | 0,05 | 3,49 | 0,07 | 0,64 | 0,07 | 2,88 | 0,01 | 1,39 | 0,04 | 1,03 | 0 | 1,67 | 0,01 | 0,74 | 0,05 | 0,23 | 0,08 |
| **21 a 22** | 0,14 | 0 | 0 | 0 | 0,67 | 0,1 | 0,65 | 0 | 2,15 | 0,02 | 0,41 | 0 | 1,44 | 0 | 0,86 | 0,02 | 0,36 | 0 | 0,94 | 0 | 0,6 | 0 | 0,08 | 0,02 |
| **22 a 23** | 0,06 | 0 | 0 | 0 | 0,16 | 0,08 | 0,18 | 0 | 0,96 | 0 | 0,11 | 0 | 0,45 | 0 | 0,36 | 0 | 0,11 | 0,02 | 0,25 | 0 | 0,29 | 0 | 0,03 | 0 |
| **23 a 24** | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,03 | 0 | 0,16 | 0 | 0,09 | 0 | 0,07 | 0 | 0,05 | 0 | 0,07 | 0 | 0,03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **24 a 25** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Área total (ha)** | 97,27 | | 24,37 | | 60,2 | | 62,52 | | 54,56 | | 55,21 | | 102,64 | | 143,39 | | 128,17 | | 112,92 | | 34,48 | | 183,33 | |
| **Área mapeada (%)** | 70,68 | 100 | 18,52 | 98,7 | 100 | 100 | 91,39 | 100 | 99,84 | 100 | 100 | 100 | 96,32 | 100 | 100 | 100 | 100 | 55,5 | 100 | 100 | 100 | 59,37 | 100 | 53,23 |

Os valores médios totais de biomassa (t) e de densidade média da cobertura vegetal (t/ha) estimados para as porções mapeadas das áreas prioritárias nesses meses são apresentados na **Tabela 25** e **Figura 159**. Os valores médios de densidade da cobertura estimados para as diferentes áreas prioritárias variaram entre 5,17 e 13,10 t/ha em março e 4,42 e 11,04 t/ha em junho (Áreas 15 e 4, respectivamente) (**Tabela 25**).

Nota-se, conforme esperado, uma redução dos valores médios de biomassa por hectare em todas as áreas mapeadas entre março e junho de 2017 (**Tabela 25, Figura 159**), em função da deciduidade das coberturas predominantemente herbáceas e arbustivas implantadas através dos esforços de recuperação. Esta redução da densidade da biomassa epígea deve, no entanto, ser interpretada como aporte sazonal de matéria orgânica às áreas em recuperação. Este aporte representa uma potencial contribuição à proteção do solo através da cobertura morta, além de aportes de matéria orgânica e nutrientes a serem capitalizados pela cobertura vegetal dessas áreas nas fases subsequentes do ciclo hidrológico em curso. O aporte potencial estimado de biomassa no período variou entre 0,75 t/ha (Área 15) e 3,82 t/ha (Área 14), com destaque para as Áreas 8, 6 e 14 (3,29, 3,21 e 3,82 t/ha, respectivamente).

**Tabela 25: Totais de biomassa (t) e densidade média da cobertura vegetal (t/ha) estimados para as porções mapeadas das áreas prioritárias nos meses de março e junho de 2017.**

| Área | Mês | Totais de biomassa (t) | Área mapeada (ha) | Densidade média da cobertura vegetal (t/ha) | Perda estimada de densidade (t/ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Área 3** | Março | 625,39 | 68,80 | 9,09 | 1,05 |
| | Junho | 780,04 | 97,04 | 8,04 | |
| **Área 4** | Março | 59,35 | 4,53 | 13,10 | 2,06 |
| | Junho | 265,11 | 24,01 | 11,04 | |
| **Área 13** | Março | 563,33 | 56,98 | 9,89 | 1,14 |
| | Junho | 546,63 | 62,50 | 8,75 | |
| **Área 11** | Março | 969,99 | 98,82 | 9,82 | 2,20 |
| | Junho | 781,72 | 102,71 | 7,61 | |
| **Área 10** | Março | 599,39 | 54,44 | 11,01 | 2,37 |
| | Junho | 471,32 | 54,55 | 8,64 | |
| **Área 8** | Março | 513,38 | 55,13 | 9,31 | 3,29 |
| | Junho | 332,81 | 55,27 | 6,02 | |
| **Área 5** | Março | 1168,96 | 113,14 | 10,33 | 2,89 |
| | Junho | 839,27 | 112,82 | 7,44 | |
| **Área 7** | Março | 1270,60 | 143,46 | 8,86 | 2,17 |
| | Junho | 959,09 | 143,40 | 6,69 | |
| **Área 9** | Março | 502,89 | 60,25 | 8,35 | 2,55 |
| | Junho | 349,21 | 60,28 | 5,79 | |
| **Área 6** | Março | 1279,55 | 128,03 | 9,99 | 3,21 |
| | Junho | 483,10 | 71,20 | 6,79 | |
| **Área 14** | Março | 330,97 | 34,50 | 9,59 | 3,82 |
| | Junho | 118,17 | 20,48 | 5,77 | |
| **Área 15** | Março | 946,61 | 183,15 | 5,17 | 0,75 |
| | Junho | 430,53 | 97,40 | 4,42 | |

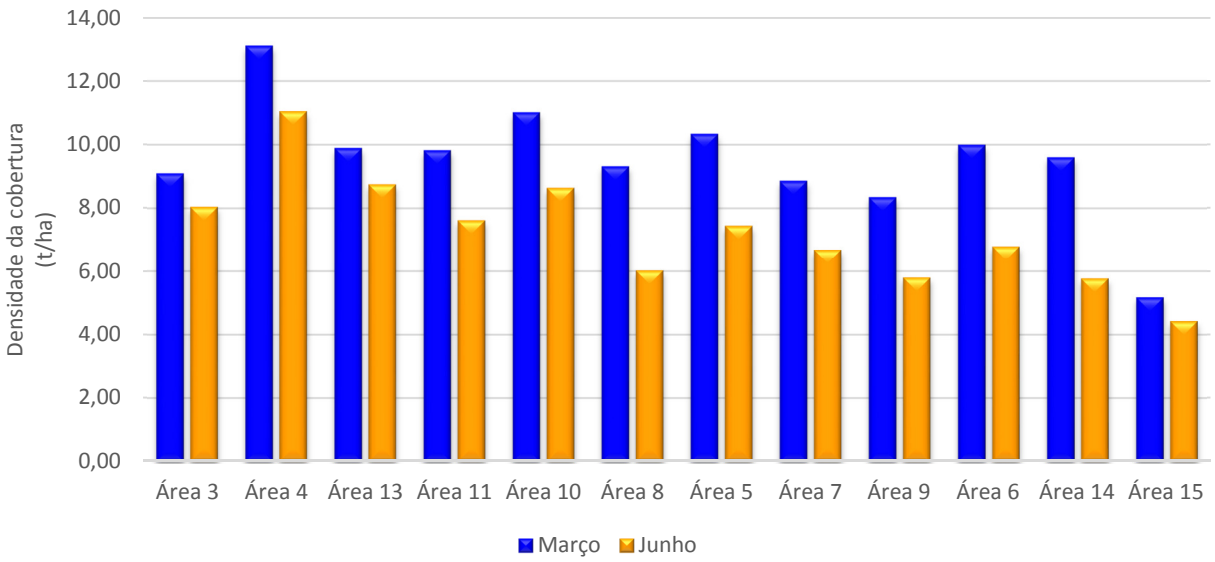



*Figura 159: Densidade média da cobertura vegetal nas áreas prioritárias (t/ha)*

O perfil médio de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa estimado para as diferentes áreas prioritárias é apresentado na **Figura 160.** Observa-se no mês de março que a distribuição da densidade de biomassa nas áreas prioritárias concentra-se na classe de 1 a 2 t/ha, tendo-se para o restante das classes um perfil relativamente homogêneo de distribuição até a classe de 16 a 17 t/ha, declinando nas classes posteriores até o limite de 25 t/ha. Já para o mês de junho nota-se uma mudança expressiva no perfil de distribuição das classes de densidade de biomassa, observando-se predominância de áreas com valores entre 4 e 8 t/ha, declinando suavemente nas classes posteriores até o limite de 20 a 21 t/ha.

O comportamento de cada área com relação às dinâmicas sazonais na distribuição das densidades da cobertura epígea é ilustrado nas **Figura 161 a Figura 172.** Nota-se para a maioria um perfil similar ao ilustrado na **Figura 160** para o perfil médio geral, indicando consistência dos padrões de deciduidade para a vegetação herbáceo-arbustiva nas planícies-alvo. As maiores discrepâncias com relação ao padrão geral foram observadas nas Áreas 4 e 15, tendo-se em ambas as áreas um padrão coincidente de distribuição relativa dos valores de cobertura por classe de biomassa nos meses de março e junho. Na Área 4 as classes modais situam-se entre 12 e 14 t/ha e, na Área 15, entre 0 e 1 t/ha. Estas duas áreas, porém, foram as que apresentaram maior superfície coberta por nuvens e sombras (81,5% para a Área 4 em março, 47% para a Área 15 em junho), o que pode ter gerado, por subamostragem, distorções com relação à configuração geral dos padrões de distribuição da densidade da cobertura. Esta aparente distorção, no entanto, não ficou evidente nas áreas 9 e 14, que também tiveram expressiva cobertura de nuvens e sombras (44,5% e 40,6%, respectivamente).

Salienta-se que os valores de biomassa total apresentados provavelmente consistem em subestimativa dos valores reais, visto que na calibração do modelo, realizada a partir dos dados de março/2017, foram utilizados apenas dados das tipologias predominantes da cobertura regenerante, de porte predominantemente herbáceo e arbustivo e, minoritariamente, de porte arbustivo-arbóreo (**Tabela 8**).

Nas fases posteriores do monitoramento, quando da regeneração ou implantação de cobertura arbórea nessas áreas, as tipologias florestais deverão ser incorporadas na modelagem após aplicação de protocolos específicos para estimativa da biomassa arbórea. Os procedimentos para estimação da biomassa lenhosa através de equações alométricas foram testados e aplicados às áreas amostrais ribeirinhas onde observou-se, espontaneamente, a recuperação do componente lenhoso (**Seção 3.6.1.1.2.1).**

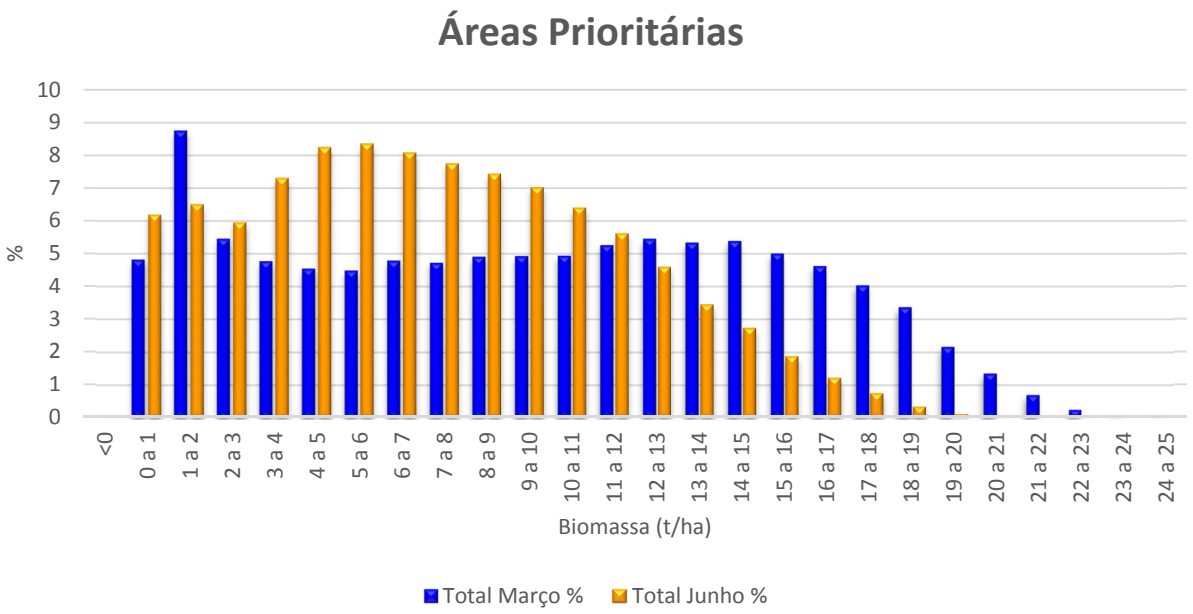



*Figura 160: Perfil médio de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa estimado para as diferentes áreas prioritárias, descontada a cobertura de nuvens e sombras.*

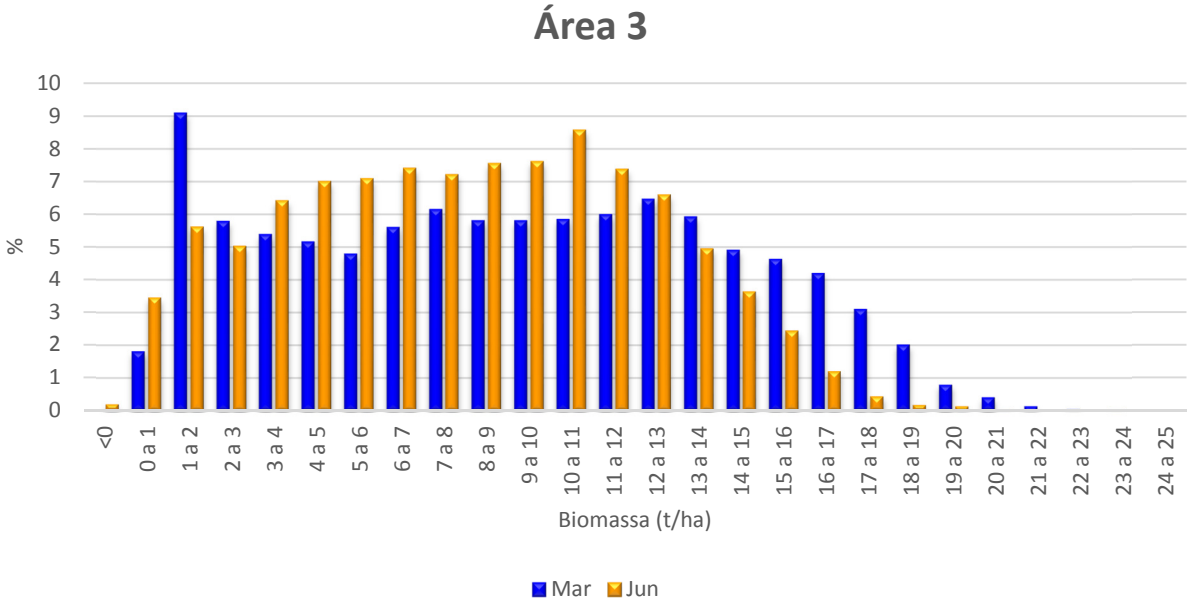



*Figura 161: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 3.*

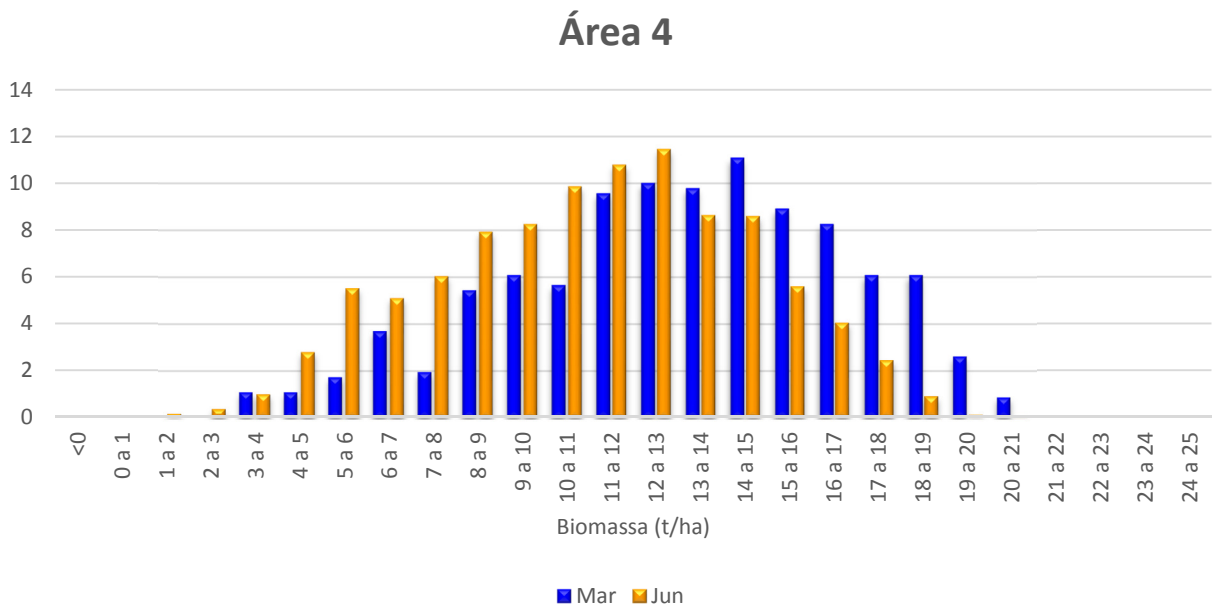



*Figura 162: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 4.*

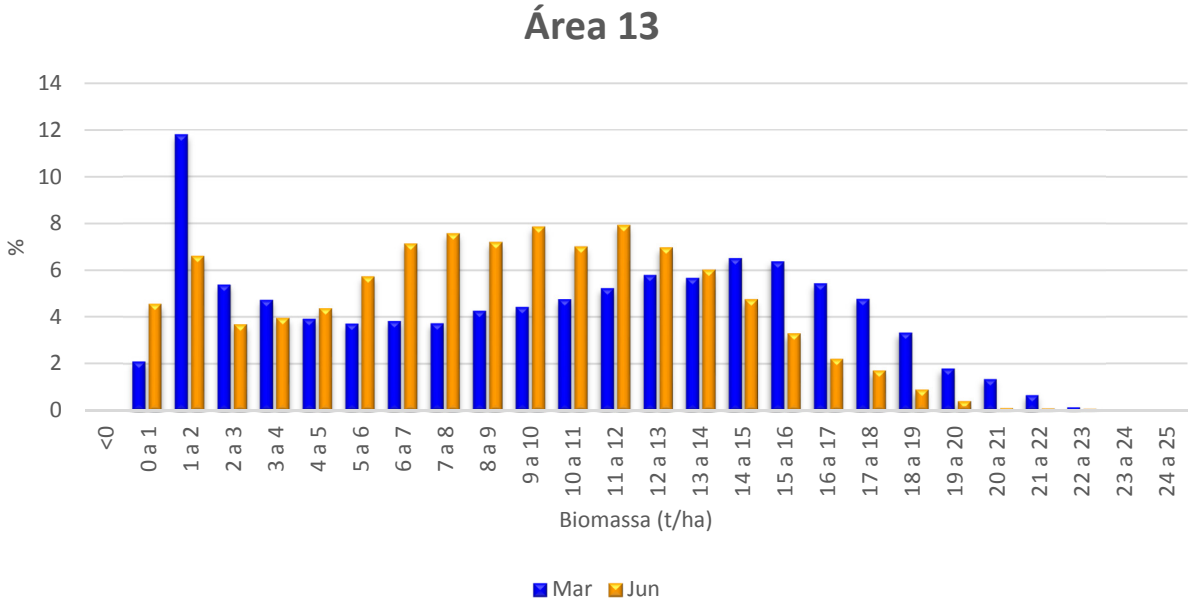



*Figura 163: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 13.*

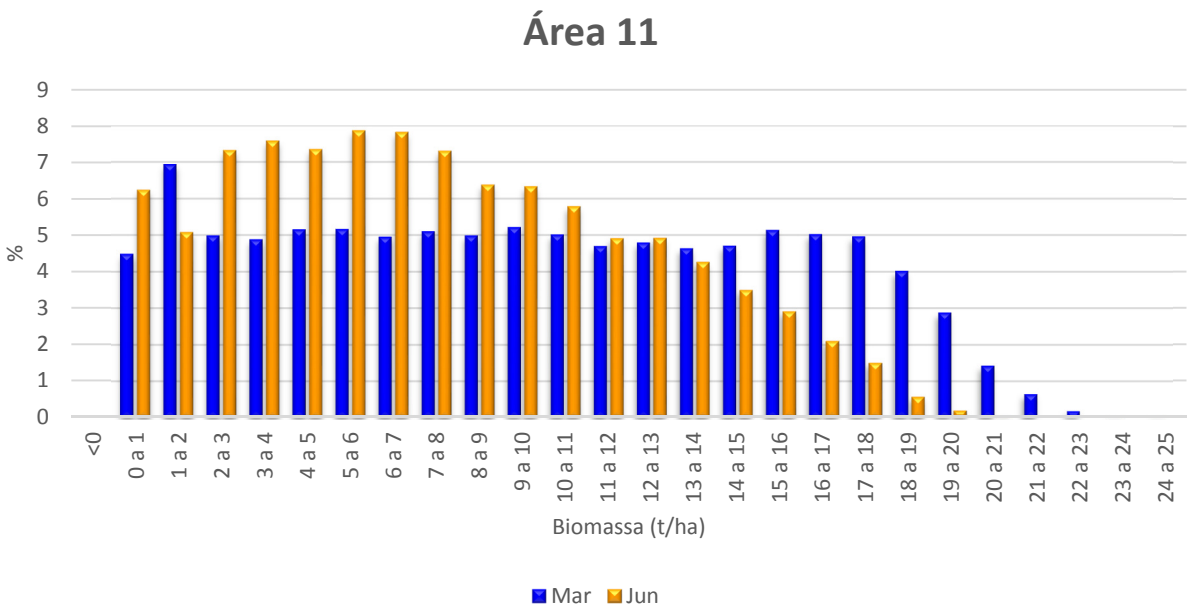



*Figura 164: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 11.*

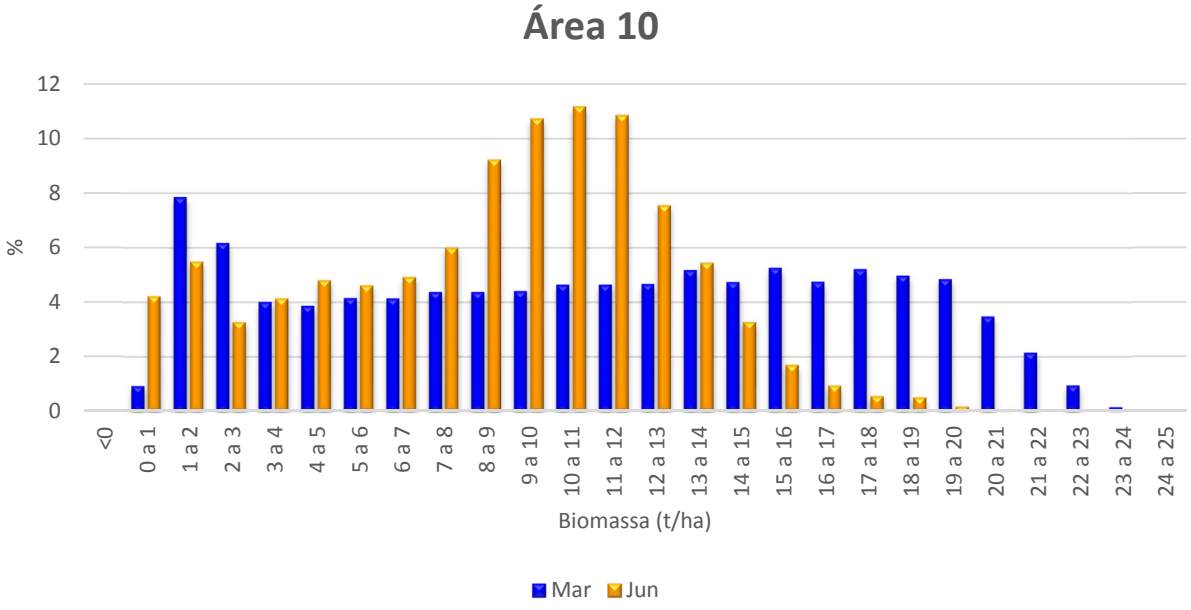



*Figura 165: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 10.*

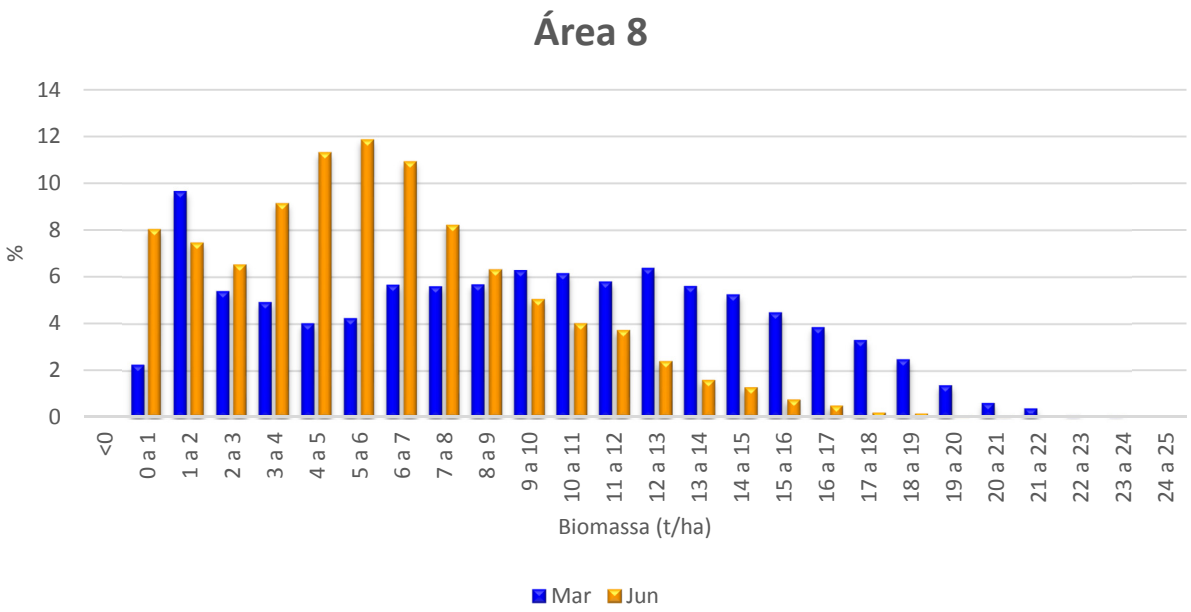



*Figura 166: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 8.*

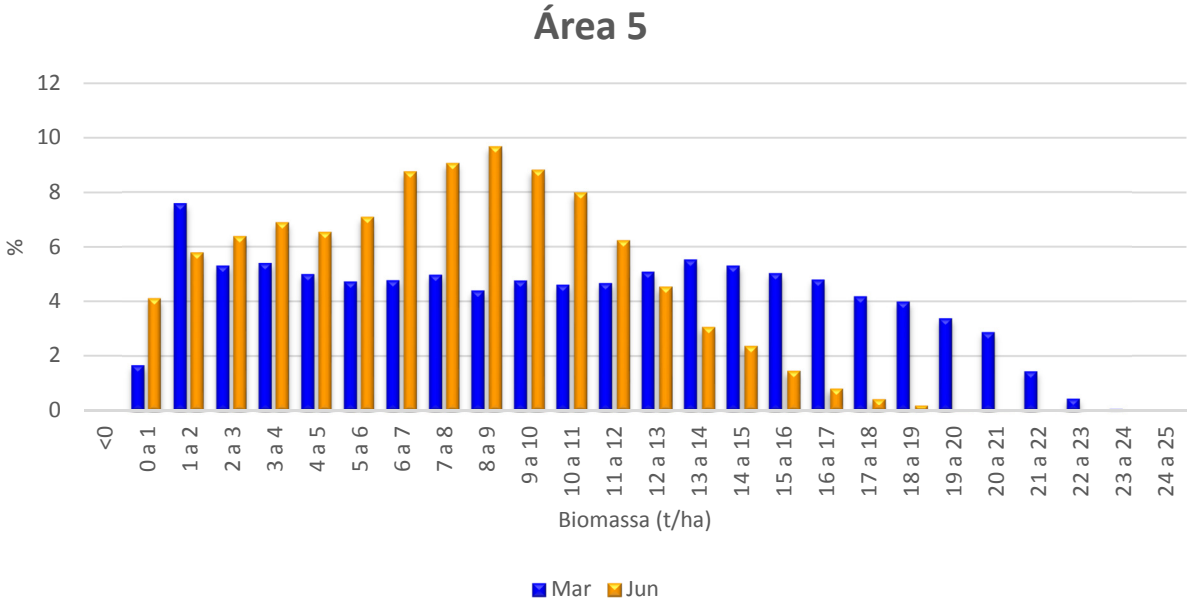



*Figura 167: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 5.*

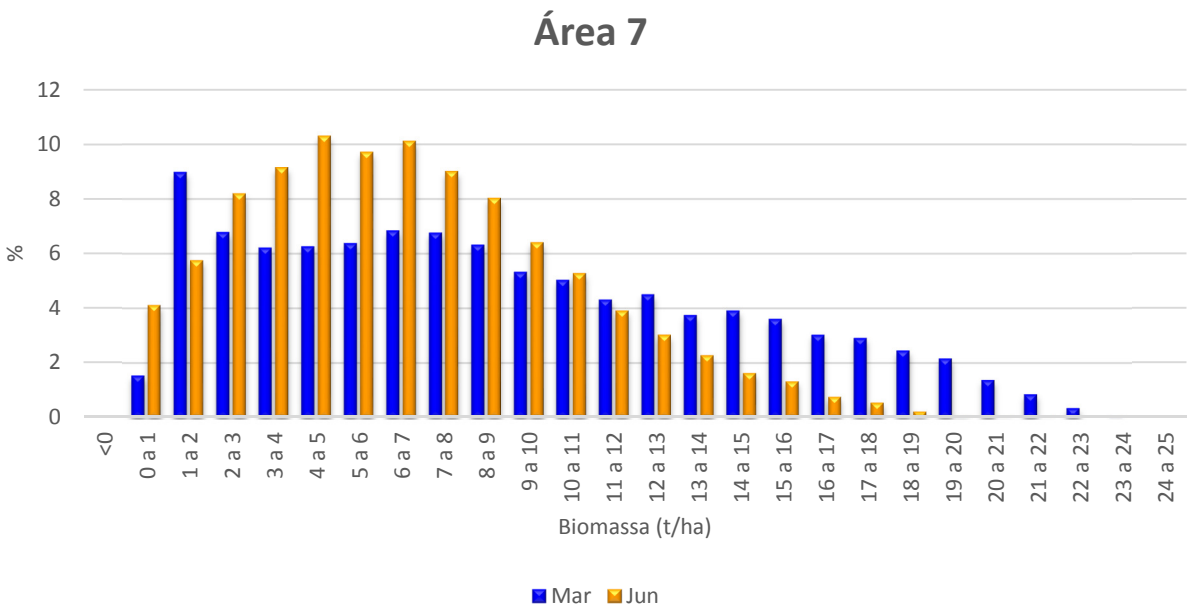



*Figura 168: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 7.*

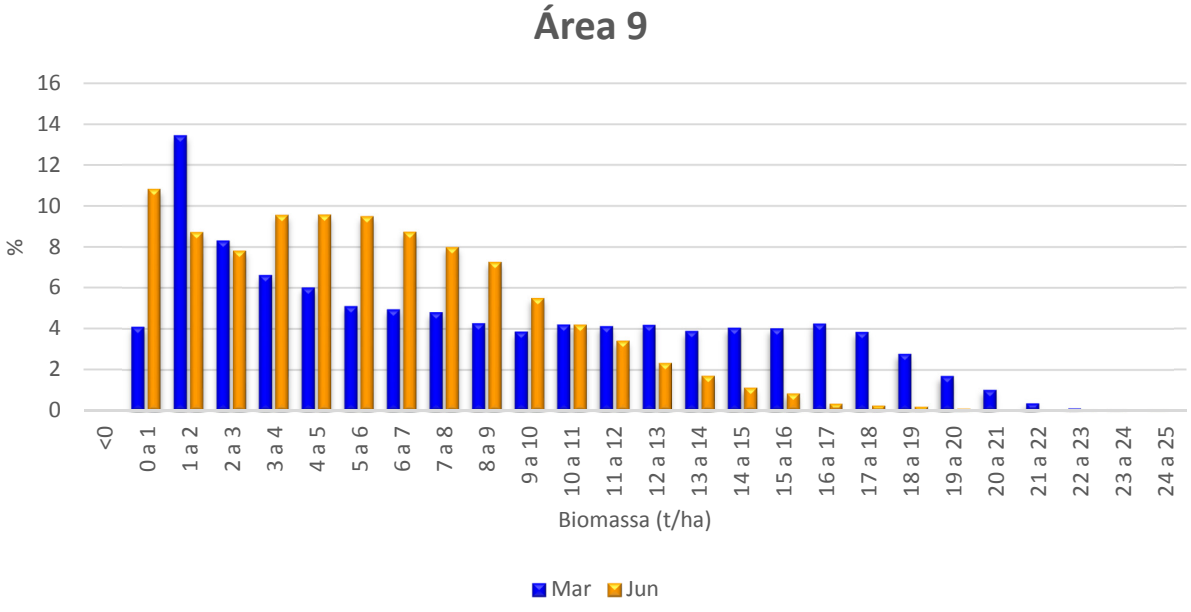



*Figura 169: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 9.*

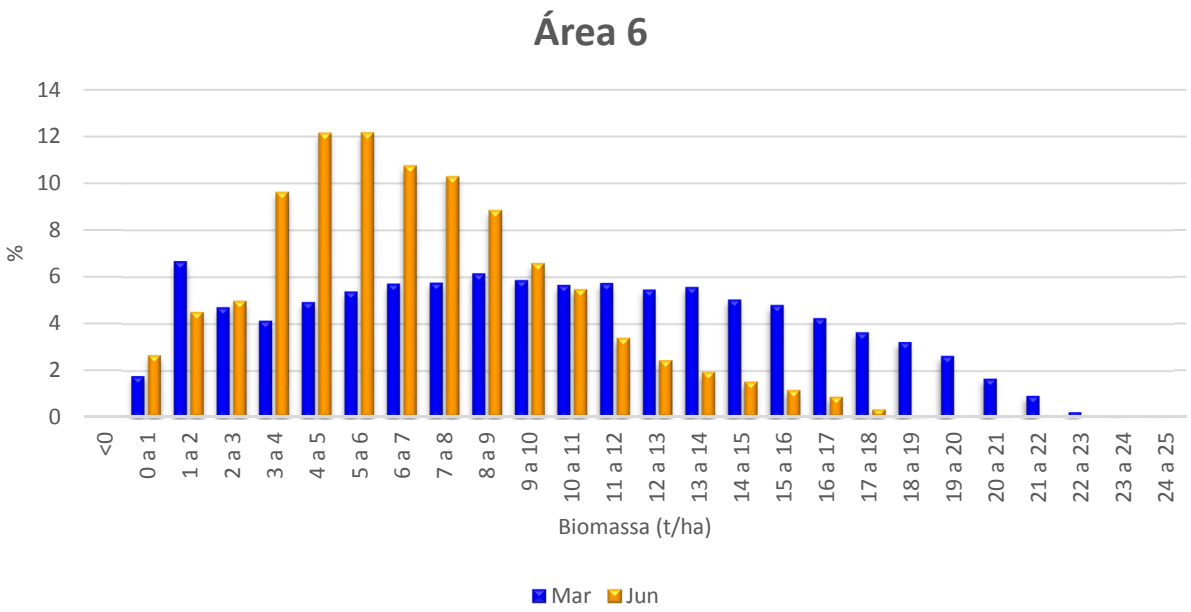



*Figura 170: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 6.*

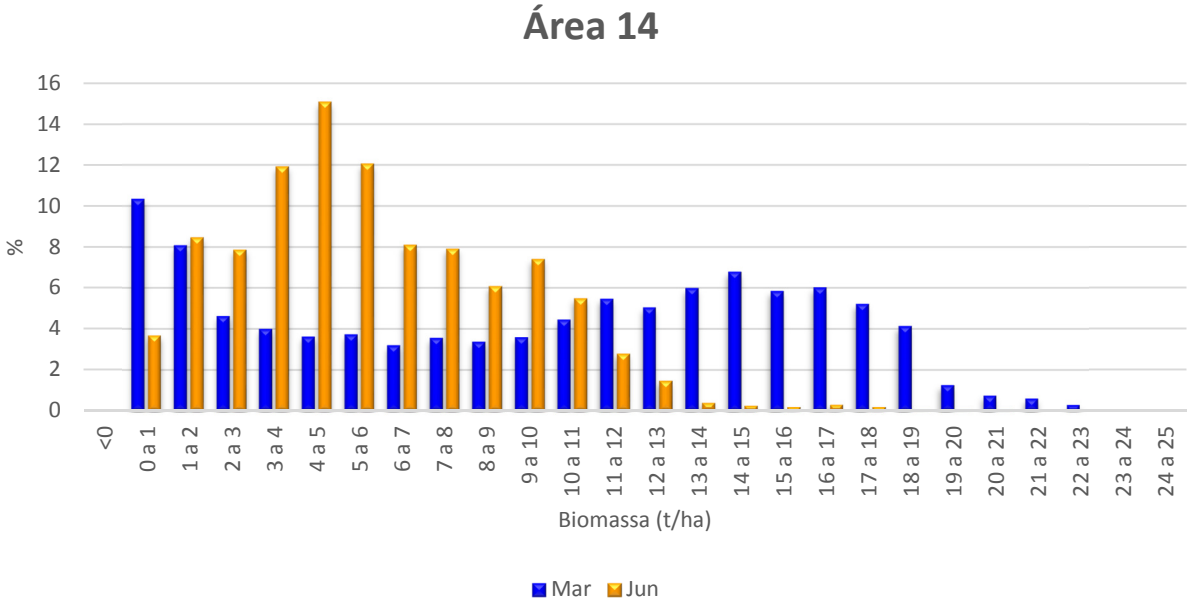



*Figura 171: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 14.*

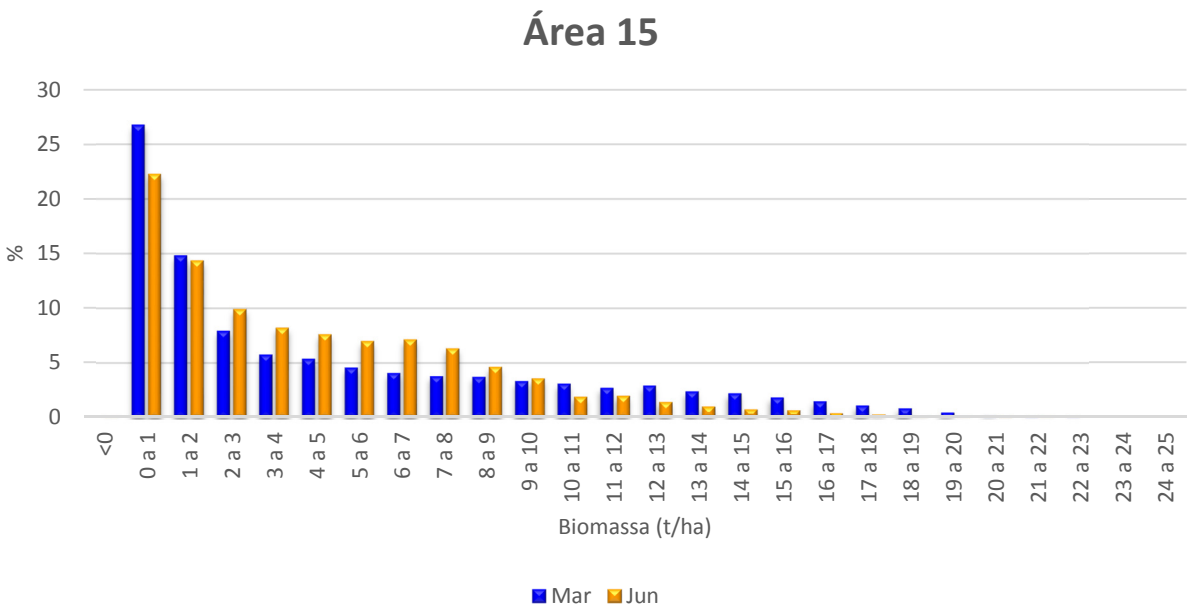



*Figura 172: Perfil de cobertura relativa (%) correspondente aos diferentes intervalos de classe de densidade de biomassa (t/ha) para a Área Prioritária 15.*

### 3.6.3 Discussão

Em relação aos resultados obtidos na amostragem, as espécies feijão guandu, crotalária, capim braquiária e calopogônio se destacaram de forma significativa, em percentual de cobertura e dominância nas parcelas (fato que se reflete para as planícies) e apresentaram os seguintes valores médios para biomassa seca: feijão guandu 11,70 ton/ha ± 3,05; crotalária 11,16 ton/ha ± 4,60; braquiária 6,16 ton/ha ± 2,79; e calopogônio 6,42 ton/ha ± 2,87.

Ressalta-se que os valores médios de biomassa seca obtidos foram compatíveis aos encontrados na literatura. Conforme observa-se no estudo realizado por Alcântra *et al*. (2000), o feijão guandu obteve 13,2 ton/ha e a crotalária 6,5 ton/ha. Alvarenga (1995) encontrou para crotalária 16,1 ton/ha e para o feijão guandu 17,9 ton/ha. Fernandes *et al*.(1999) apud Beltrame & Rodrigues (2007) citam que o feijão guandu produz de 6,5 a 9,5 t/ha de biomassa seca. já Alves *et al*. (2004) obteve 11 ton/ha de fitomassa seca para o feijão guandu; Eiras & Coelho (2011) citando Duarte Junior (2006), comentam que a crotalária produziu 17,852 ton/ha de matéria seca. Rayol & Alvino-rayol (2012) relatam em seu estudo que o feijão guandu alcançou 11,5 ton/ha.

Para a espécie calopogônio, estudo realizado por Pizzaro *et al*. (1996) *apud* Santos (2008) obteve mais de 5 ton/ha por ano de matéria seca. Pádua *et al.* (2004) citando os autores Crowder (1960) e Van Rensburg (1967), citam uma produção de 4 ton/ha e 3,67 ton/ha respectivamente.

Para o capim braquiária, alguns estudos mostram valores distintos variando de 3,8 a 11,5 ton/ha, como indica o estudo realizado por Alcântra *et al*. (2000), o qual encontrou 3,8 ton/ha. já Ferreira *et al*. (2010) obteve 4,659 ton/ha e Timossi *et al*. (2007) registrou 11,5 ton/ha.

O monitoramento é essencial para orientar o manejo adaptativo voltado à recomposição da cobertura vegetal, visto que as áreas representam diferentes contextos referentes tanto aos aspectos naturais quanto aqueles decorrentes dos usos antrópicos. As áreas foco deste relatório sofreram e continuam a sofrer intervenções diversas, tanto em função da necessidade de implementação de obras de engenharia destinadas à recomposição de taludes e calhas fluviais, seguidas de um amplo rol de ações de controle de erosão (e.g., preparo do solo, plantio de espécies de rápido crescimento, aplicação de técnicas de bioengenharia etc.), quanto em função de manejos e plantios realizados por proprietários rurais. O cenário atual reflete, portanto,

um histórico de diferentes intervenções realizadas em diferentes momentos sobre distintas áreas, além da incidência de processos naturais de sucessão ecológica.

Os resultados das estimativas de biomassa obtidos em campo e sua relação com o NDVI demonstraram a adequação da abordagem metodológica proposta e ilustraram as potencialidades de sua aplicação ao monitoramento da evolução da biomassa, na escala tanto das áreas amostrais quanto das áreas prioritárias. A utilização deste instrumento analítico permitiu ainda detectar dinâmicas sazonais na distribuição da densidade da biomassa existente em cada uma das áreas-alvo. Observou-se entre os meses de março e junho de 2017, como esperado, uma redução dos estoques de biomassa associados à cobertura vegetal resultante dos esforços de recuperação, devido à sua deciduidade. Parte expressiva da cobertura consiste de espécies herbáceas anuais, e mesmo o componente arbustivo perene implantado apresenta forte deciduidade no período seco. Espera-se que a deciduidade se acentue até o final do período seco, em setembro/outubro de 2017. Considera-se, no entanto, que a redução dos estoques de biomassa epígea verde devem ser considerados como aporte de matéria orgânica às áreas em recuperação, e que, ao se completar o ciclo hidrológico, com as chuvas de 2017/2018, contribuirão para os processos de proteção do solo via cobertura morta e com aportes de matéria orgânica e nutrientes a serem capitalizados pela cobertura regenerante, contribuindo para a sucessão ecológica das áreas em foco.

No presente exercício, as principais limitações observadas referem-se à aplicabilidade de ambos os recursos no momento mais adequado ao monitoramento da cobertura vegetal, que é ao final da estação chuvosa, quando a vegetação apresenta os maiores índices de densidade foliar. As amostragens em campo devem ocorrer em época próxima à da obtenção das imagens multiespectrais. Dada a ocorrência de nebulosidade à época da obtenção das amostras em campo, houve atraso considerável na obtenção das imagens por VANT, de forma que estas não puderam ser exploradas a tempo da elaboração deste relatório.

A calibragem da relação entre biomassa e NDVI precisará, no entanto, ser atualizada periodicamente, de forma a permitir capturar as dinâmicas sucessionais e sua heterogeneidade espacial, incluindo a incorporação de componentes nativos da flora a partir de processos espontâneos de sucessão ecológica, fornecendo dados para o manejo adaptativo das intervenções visando a recuperação ambiental da área afetada. Sugere-se, com base no presente exercício, que esta calibração seja feita anualmente para os próximos 5 anos e, a partir daí, a intervalos maiores de tempo, a serem definidos a partir de maiores subsídios. Esta calibração deverá também para abranger formações arbóreas, como fragmentos florestais remanescentes, em diferentes estágios de regeneração – estimativas de biomassa podem ser produzidas a partir de equações para as relações alométricas entre o porte da vegetação e a biomassa (ALVES *et al.,* 2010; CHAVE *et al*., 2014; NOGUEIRA JUNIOR *et al*., 2014).

Vale ressaltar que as estimativas de biomassa obtidas no processo de monitoramento servem também ao propósito de estimativa de estoques de carbono sequestrado pela vegetação. A massa de carbono pertinente à biomassa é usualmente referida na literatura como sendo de aproximadamente 50% da biomassa (LAMLOM & SAVIDGE, 2003; PATENAUDE *et al*., 2004). A estimativa dos estoques de carbono é um tema de grande interesse nas discussões referentes à pauta de serviços ecossistêmicos relacionada aos processos de recuperação ambiental (GALVÃO & DURIGAN, 2006), consistindo elemento de relevância no âmbito das políticas climáticas em âmbito nacional (*e.g*., Política Nacional sobre Mudança do Clima) e global (*e.g*., Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima) e pode constituir elemento de estímulo à adesão de atores às iniciativas de restauração florestal (DALL'AGLIO-HOLVORCEM *et al*., 2013).

## 3.7 Caracterização do Sistema Radicular da Cobertura Vegetal Implantada

Entre as principais questões a serem tratadas no âmbito da recuperação das planícies fluviais afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão estão as incertezas relacionadas às potenciais limitações impostas pelo rejeito ali depositado frente ao desenvolvimento da vegetação. Esforços emergenciais de recuperação utilizando diferentes espécies de leguminosas e gramíneas foram feitos na expectativa de que esta vegetação promova a melhoria física, química e biológica do solo/rejeito. Nesse processo, entende-se que o desenvolvimento radicular da cobertura vegetal tenha papel fundamental na melhoria da qualidade do solo.

De fato, a melhoria da condição do solo pode ser evidenciada quando as raízes penetram as camadas compactadas e lá se decompõem, deixando canais que facilitam a penetração da água e a difusão de gases (ALVARENGA *et al.,* 1995; BARLEY, 1954 *apud* MULLER *et al*., 2001), além de facilitar a penetração radicular por outras plantas (Muller et al., 2001). Ainda, as raízes fornecem açúcares, ácidos orgânicos e compostos minerais de fósforo e potássio, através da exsudação radicular, contribuindo para a dissolução de substâncias minerais e para o desenvolvimento de microrganismos na rizosfera (CINTRA *et al*., 1999 *apud* VALCARCEL *et al.* 2007). Deposições de carbono pela sua decomposição e renovação favorecem a manutenção da fertilidade (LEHMANN & ZECH, 1998; SCHROTH *et al*., 1999 *apud* VALCARCEl *et al*. 2007), e a formação de emaranhados aproxima e protege os agregados do solo, desempenhando papel fundamental do ponto de vista físico. As raízes também promovem a associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico que, ao liberarem nitrogênio e diversas outras substâncias que favorecem o desenvolvimento e crescimento das plantas, colaboram para a descompactação e melhoria da qualidade do solo (LIMA FILHO, 2014; TEIXEIRA, *et al.,* 2013).

Pouco mais de um ano após o início da execução dos esforços emergenciais de recuperação, mencionados acima, observa-se de forma geral o desenvolvimento vigoroso, porém heterogêneo, dessa cobertura vegetal inicial implantada sobre as referidas planícies. Dada a relevância do desenvolvimento e do comportamento do sistema radicular dessa cobertura vegetal para o sucesso das futuras etapas dos processos de recuperação ambiental (nas quais, inclusive, a sucessão natural tende a ganhar importância crescente), considera-se fundamental a incorporação de uma avaliação referente à condição do sistema radicular como parte de um sistema de monitoramento voltado ao manejo adaptativo de tais processos.

Diferentes metodologias podem ser utilizadas para a caracterização do sistema radicular, no que pesam considerações relacionadas ao custo, precisão e tempo necessário para análise. Estas metodologias vão desde análises visuais, através de indicadores de qualidade do solo (ALTIERI & NICHOLLS, 2002), até o processamento e análise de imagens digitais, como o pacote SIARCS - Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo (JORGE & CRESTANA, 1996). Parâmetros utilizados na avaliação da eficiência do sistema de raízes incluem o seu comprimento e profundidade – visto que apresentam relação direta com as taxas de absorção de água e de nutrientes (JORGE & CRESTANA, 1996) -, e a presença de bactérias noduladoras, também considerado importante indicador da qualidade solo, visto que a atividade microbiana desempenha papel fundamental na ciclagem de nutrientes, na decomposição da matéria orgânica, na fixação de nitrogênio atmosférico e na promoção de crescimento vegetal, favorecendo os processos de recuperação ambiental.

Para o contexto em questão, são ainda desconhecidas as dificuldades, barreiras e necessidades específicas representadas pelo substrato depositado sobre as planícies de inundação, com relação à implementação de procedimentos adequados de monitoramento. Dessa forma, o presente componente teve como objetivo o exercício de procedimentos visando subsidiar o estabelecimento de abordagem voltada ao monitoramento do desenvolvimento do sistema radicular da vegetação regenerante sobre as planícies de inundação afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão.

### 3.7.1 Metodologia

Caracterizações do sistema radicular da cobertura vegetal em desenvolvimento sobre as planícies de inundação afetadas pela deposição de rejeitos, provenientes do rompimento da barragem de Fundão, foram feitas com base em aspectos qualitativos, a partir da retirada aleatória de exemplares das plantas que se encontravam dentro das parcelas de estudo da biomassa e da abertura de pequenas trincheiras adjacentes às parcelas de biomassa.

Avaliou-se o comprimento das raízes e a profundidade de sua penetração no solo, com uso de réguas de 20 cm e trena, respectivamente, a presença de nódulos de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico foi avaliada visualmente. Foram tomadas ao todo 14 amostras de plantas para caracterização qualitativa dos sistemas radiculares quanto ao seu comprimento e, para caracterização da profundidade de penetração do sistema radicular, foram abertas oito trincheiras em pontos coincidentes com a extração de amostras para caracterização da biomassa epígea (acima do solo) da cobertura vegetal.

As raízes retiradas do solo foram caracterizadas a partir do seu diâmetro médio, utilizando-se as seguintes classes de tamanho (IBGE, 2007):

- Muito finas - < 1mm;
- Finas - 1 a < 2mm;
- Médias - 2 a < 5mm;
- Grossas - 5 a < 10mm;
- Muito grossas - > 10mm.

O volume de raízes por unidade de área (U.A.), observado a partir do perfil do solo, foi caracterizado utilizando-se as seguintes categorias (IBGE, 2007):

- Poucas - < 1 por U.A.;
- Comuns - 1 a 5 por U.A.;
- Abundantes - > 5 por U.A.;

As unidades de área (U.A.) foram ainda caracterizadas em função da classe de tamanho predominante das raízes, sendo estas (IBGE, 2007):

- Muito finas – 1 cm;
- Finas – 1 $cm^2$;
- Médias – 1 $dm^2$;
- Grossas – 1 $dm^2$;
- Muito grossas – 1 $m^2$.

### 3.7.2 Resultados

Os sistemas radiculares analisados no presente trabalho mostraram plantas com raízes pouco volumosas, com maior desenvolvimento lateral - em superfície, entre a camada de 0 a 20 cm do solo (a profundidade máxima observada foi de 32 cm, em trincheira aberta na planície B98, área prioritária 7). Este fato encontra respaldo na literatura especializada, tendo-se, para plantas de culturas anuais e de adubação verde, que é nesta faixa de profundidade que se concentram mais de 90% das raízes e onde as plantas absorvem a maior parte da água e nutrientes que utilizam (RAIJ, 2011).

De modo geral as plantas apresentaram pouca quantidade de raízes, porém mostravam bom desenvolvimento da parte aérea e boa fixação na camada superficial do solo. Não foi verificado padrão claro para o tamanho médio das raízes.

Foram encontrados diversos nódulos de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico associados às raízes de diferentes plantas, especialmente nas leguminosas utilizadas na revegetação das planícies.

Na **Tabela 26** abaixo são apresentadas observações e aspectos descritivos relacionados aos sistemas radiculares de plantas amostradas em cada uma das planícies monitoradas.

**Tabela 26: Observações e descrições dos sistemas radiculares das plantas amostradas nas planícies monitoradas.**

| Sítio Amostrado | Características Gerais | Análise da Trincheira | Caracterização do Sistema Radicular dos Indivíduos Analisados |
|---|---|---|---|
| **Planície M03** | Cobertura vegetal adensada, em sua maior parte, de porte arbustivo; observa-se na área manchas de espécies semeadas, como sorgo, milheto, crotalária, guandu, estilosantes, nabo forrageiro e da espécie invasora braquiária de rama (*Urochloa humidicola*), além de espécies de regeneração espontânea. | Trincheira aberta para caracterização do sistema radicular de plantas de estilosantes; as raízes são fasciculadas com desenvolvimento vertical de aproximadamente 28 cm de profundidade; A quantidade foi considerada comum, e as raízes, finas. **(Figura 173**) | Cinco espécimes analisados: um de estilosantes, um de nabo forrageiro, dois de sorgo e um de milheto. O crescimento radicular foi respectivamente de 22, 26, 40, 45 e 21 cm de comprimento. |
| | | | No indivíduo de estilosantes, as raízes são pivotantes, abundantes, finas a médias. |
| | | | No indivíduo de nabo forrageiro, as raízes pivotantes são ramificadas, deformadas com algumas curvaturas, mas com desenvolvimento vertical; as raízes são abundantes, médias a grossas, destaque para o tamanho de seu tubérculo (**Figura 174)**. |
| | | | Nos indivíduos de sorgo, as raízes são fasciculadas, abundantes e finas. |
| | | | No indivíduo de milheto, as raízes são fasciculadas, abundantes e médias. Estas possivelmente contêm pequenos nódulos em suas raízes que podem tratar-se de galhas (tumores radiculares). |
| **Planície B36** | | Trincheira aberta adjacente às raízes de um indivíduo de *Mimosa* cf. *setosa* **(Figura 95**); O sistema radicular apresentou raiz pivotante com desenvolvimento vertical superior a 20 cm de profundidade; A quantidade de raízes foi considerada comum e as raízes grossas; Foi observada quantidade abundante de raízes finas superficiais que auxiliam na fixação da planta ao substrato. | Um indivíduo de crotalária e um indivíduo de calopogônio foram analisados; as raízes apresentaram crescimento de 27 e 14 cm de comprimento, respectivamente; |
| | | | No indivíduo de crotalária, a penetração no solo foi superficial, com raízes fasciculadas abundantes, finas e médias e com presença de nódulos fixadores de nitrogênio (**Figura 176**); |
| | | | No individuo de calopogônio, as raízes são superficiais, abundantes e bem adensadas, de tamanho fino e com boa fixação ao solo (**Figura 177).** |

| Sítio Amostrado | Características Gerais | Análise da Trincheira | Caracterização do Sistema Radicular dos Indivíduos Analisados |
|---|---|---|---|
| **Planície M08** | Cobertura vegetal caracterizada pelo predomínio de vegetação herbácea e pela presença esparsa de arbustos. As espécies predominantes foram o calopogônio, feijão guandu, crotalária e as espécies nativas cruz de malta (*Ludwigia elegans*) e junquinho (*Cyperus odoratus*). | Trincheira aberta adjacente às raízes de cruz de malta (*Ludwigia elegans*) e de junquinho (*Cyperus odoratus*) (**Figura 178)**;<br>Os sistemas radiculares atingiram 29 e 23 cm de profundidade, respectivamente;<br>O espécime cruz de malta, apresentou raízes grossas, com raiz pivotante deformada e crescimento vertical;<br>O espécime de junquinho, apresentou raízes abundantes, de tamanho médio, do tipo fasciculado. | Não foram retirados indivíduos para análise. |
| **Planície B65** | Cobertura vegetal caracterizada pelo predomínio de vegetação arbustiva e pela presença, em menor expressão, de vegetação de porte herbáceo;<br>As espécies arbustivas mais abundantes foram crotalária, feijão guandu e a espécie nativa *Mimosa* cf *setosa*, entremeadas entre manchas de espécies herbáceas como o calopogônio, estilosantes, feijão de porco, milheto, capim vaqueiro, braquiária, dentre outras. | Duas trincheiras abertas adjacentes às raízes de *Mimosa* cf *setosa* e do milheto;<br>O sistema radicular de *M. setosa* alcançou cerca de 21 cm de profundidade; enquanto o de milheto atingiu 27 cm de profundidade. | Dois indivíduos de *Mimosa* cf *setosa* analisados;<br>Sistema radicular com cerca de 17 e 27 cm de comprimento;<br>No primeiro indivíduo, a penetração no solo foi superficial, com raízes abundantes, médias e grossas; foi observado ausência de raiz pivotante (**Figura 179)**<br>No segundo indivíduo, as raízes eram abundantes, grossas e raiz pivotante deformada, com crescimento horizontal (**Figura 180)**<br>Ambos tiveram boa fixação ao solo e apresentaram nódulos fixadores de nitrogênio em suas raízes (**Figura 181**). |
| **Planície B82** | Cobertura vegetal adensada com vegetação de porte e hábito variados, ocupando grande parte da planície. Observa-se na área manchas de espécies do mix como crotalária, feijão guandu, feijão de porco, calopogônio, sorgo, | Trincheira aberta adjacente às raízes de um espécime de crotalária;<br>O indivíduo apresentou raízes pivotantes ramificadas, deformadas com algumas curvaturas e desenvolvimento horizontal e vertical, alcançando cerca de 22 cm de profundidade; | Cinco espécimes analisados: um indivíduo de sorgo, três de crotalária e um de feijão guandu. O crescimento radicular foi de 23, 24, 25, 14 e 18 cm de comprimento, respectivamente;<br>No indivíduo de sorgo, as raízes são fasciculadas, abundantes e finas. Crescimento radicular por volta de 23 cm de comprimento; |

| Sítio Amostrado | Características Gerais | Análise da Trincheira | Caracterização do Sistema Radicular dos Indivíduos Analisados |
|---|---|---|---|
| **Planície B82** | estilosantes, e também espécies invasoras como a braquiária e espécies oportunistas | A quantidade de raízes foi considerada comum e as raízes grossas. | No primeiro indivíduo de crotalária as raízes são pivotantes, ramificadas, deformadas com algumas curvaturas e com desenvolvimento vertical e horizontal. As raízes são abundantes, médias e grossas, com crescimento radicular por volta de 24 cm de comprimento; |
| | | | No segundo indivíduo de crotalária as raízes são superficiais; duas raízes se desenvolveram verticalmente como pivotantes ramificadas; as raízes são abundantes, finas e médias, com crescimento atingindo cerca de 25 cm de comprimento. Presença de nódulos fixadores de nitrogênio; |
| | | | No terceiro indivíduo de crotalária, as raízes são pivotantes deformadas, com desenvolvimento horizontal (**Figura 182**). A quantidade de raízes foi considerada comum. As raízes, grossas e alcançaram cerca de 14 cm de comprimento. Presença abundante de nódulos fixadores de nitrogênio (**Figura 183**); |
| | | | No indivíduo de feijão guandu, as raízes são superficiais e uma delas se desenvolveu horizontalmente como pivotante; as raízes são abundantes, finas, com crescimento por volta de 18 cm de comprimento. Presença de nódulos fixadores de nitrogênio. |
| **Planície B98** | Cobertura vegetal caracterizada pela colonização das espécies nativas *Sida glaziovii* (guanxuma-branca), espécie indeterminada da família Malvaceae (Malvaceae 1), *Pluchea sagitallis* (quitoco), e exóticas invasoras como *Melinis minutiflora* (capim gordura) e *Urochloa decumbens* (braquiária). | Trincheira aberta adjacente às raízes de Malvaceae 1;<br>As raízes atingiram 32 cm de profundidade;<br>Sistema radicular pivotante deformado, com várias curvaturas e desenvolvimento vertical;<br>A penetração no solo foi superficial, mas a planta apresenta boa fixação ao substrato (**Figura 184**). | Um indivíduo de Malvaceae foi analisado;<br>Sistema radicular com cerca de 40 cm de comprimento;<br>Raízes abundantes, médias e grossas, presença de raiz pivotante deformada e com crescimento vertical. |

| Sítio Amostrado | Características Gerais | Análise da Trincheira | Caracterização do Sistema Radicular dos Indivíduos Analisados |
|---|---|---|---|
| **Planície B139** | Vegetação de porte herbáceo, com dominância da espécie exótica *Urochloa decumbens* (braquiária), amplamente distribuída em toda a planície. | Trincheira aberta adjacente às raízes de braquiária;<br>As raízes dos espécimes da braquiária na trincheira atingiram 16 cm de profundidade;<br>Sistema radicular fasciculado, superficial, com raízes finas e abundantes. | Não foram retirados indivíduos para análise. |

*Figura 173: Trincheira aberta adjacente às raízes de um agrupamento de estilosantes na planície M03, área prioritária 3. Raízes fasciculadas com desenvolvimento vertical alcançando 28 cm de profundidade.*

*Figura 174: Raiz de um indivíduo de nabo forrageiro, com 26 cm de comprimento, retirado para análise, na planície M03.*

*Figura 175: Trincheira aberta adjacente às raízes da espécie Mimosa cf. setosa. Raiz pivotante com desenvolvimento vertical superior a 20 cm de profundidade, planície B36, área prioritária 11.*

*Figura 176: Presença de nódulos nas raízes de crotalária, planície B36.*

*Figura 177: Raiz de um indivíduo de calopogônio, por volta de 14 cm de comprimento, planície B36.*

*Figura 178: Raízes das espécies cruz de malta à direita e do junquinho à esquerda atingindo 29 e 23 cm de profundidade no solo, respectivamente, planície M08, área prioritária 10.*

*Figura 179: Raiz de um indivíduo da Mimosa cf. setosa, por volta de 17 cm de comprimento, planície B65, área prioritária 8.*

*Figura 180: Raiz de um indivíduo da Mimosa cf. setosa, por volta de 27 cm de comprimento, com crescimento lateral da raiz principal, planície B65.*

*Figura 181: Presença de nódulos nas raízes de Mimosa cf. setosa, planície B65.*

*Figura 182: Raiz de um indivíduo de crotalária, por volta de 14 cm de comprimento, com crescimento lateral significativo, localizado na planície B82, área prioritária 5.*

*Figura 183: Grande nódulo fixador de nitrogênio presentes nas raízes da crotalária, planície B82.*

*Figura 184: Trincheira aberta com as raízes da Malvaceae 1 atingindo 32 cm de profundidade no solo, na planície B98, área prioritária 7.*

### 3.7.3 Discussão

Os dados e informações aqui apresentados constituem subsídios iniciais para o estabelecimento de procedimentos específicos de monitoramento do sistema radicular da cobertura vegetal implantada nas planícies fluviais afetadas pela deposição de rejeitos provenientes do rompimento da barragem de Fundão. Como tal, o exercício metodológico aqui realizado teve como principal propósito subsidiar o direcionamento e dimensionamento adequado de esforços para as próximas etapas do processo de monitoramento deste componente.

De modo geral, os resultados das observações aqui descritas indicam que o desenvolvimento do sistema radicular das plantas avaliadas - em profundidade e em comprimento - pode ter sido prejudicado pelo grau de compactação do solo/rejeito, tanto em superfície como em subsuperfície. Beulter & Centurion (2004), citando Hakansson *et al*. (1998), comentam que, em solos compactados, o menor desenvolvimento do sistema radicular resulta em menor volume de solo explorado pelas raízes. De acordo com Schaefer *et al*. (2016), ao longo do trecho afetado pelo rompimento da barragem de Fundão, o solo/rejeito possui densidade variável,

porém elevada - com média de 1,41 g/cm³ em superfície e 1,54 g/ cm³ em subsuperfície. Conforme observado em campo, as plantas apresentaram características distintas quanto ao desenvolvimento radicular, tendo sido observado maior desenvolvimento lateral ao invés de um crescimento vertical, e maior produção de raízes finas em relação às de diâmetro maior, sugerindo que as plantas apresentam comportamento distinto quanto à compactação do solo.

A compactação do solo diminui a quantidade de macroporos (TAYLOR & BRAR, 1991 *apud* BEULTER & CENTURION, 2004; STONE *et al.,* 2002; JIMENEZ *et al.,* 2008) e aumenta a sua densidade. Em solo seco, estas características resultam em maior resistência física ao crescimento das raízes e decréscimo no potencial de água e, em solo úmido, gera falta de oxigênio, além de elevadas concentrações de etileno na zona radicular (MARSCHNER, 1995). Esta condição prejudica a penetração das raízes (STONE et al., 2002), criando impedimentos mecânicos que, dependendo da planta, induzem a diferentes comportamentos (SILVA & ROSOLEM, 2001). No solo compactado as raízes sofrem modificações morfológicas e fisiológicas, por vezes específicas a cada espécie, a fim de se adaptarem (MÜLLER *et al*., 2001). Por exemplo, em algumas espécies há um desvio no crescimento das raízes, que passam a ter maior crescimento lateral, paralelo à superfície do solo (IIJIMA & KONO, 1991 *apud* SILVA & ROSOLEM, 2001), provavelmente associado à proliferação de raízes laterais, as quais são mais finas (RUSSEL & GOSS, 1974). Em outras, pode causar o aumento de diâmetro das raízes na camada adensada (MATERECHERA *et al*., 1992) reduzindo o seu comprimento (BENNIE, 1996 *apud* SILVA & ROSOLEM, 2001).

Assim, considera-se que a avaliação do sistema radicular é necessária e, aliada aos outros indicadores do programa de monitoramento da vegetação, constitui ferramenta essencial para nortear as ações de recuperação e garantir o sucesso das atividades de revegetação subsequentes. Embora os resultados ora apresentados sejam ainda incipientes, entende-se que o monitoramento dos critérios aqui exercitados - em conjunto com os procedimentos adotados para o monitoramento da biomassa aérea - permitirão detectar padrões espaciais e temporais referentes ao desenvolvimento radicular, subsidiando o manejo adaptativo dos esforços de recuperação.

## 3.8 Caracterização de Atributos dos Solos

### 3.8.1 Amostragem

Em todas as parcelas de 1m² da 1ª campanha de monitoramento foi realizada amostragem de solos para determinação de características físico-químicas e microbiológicas. A amostragem do solo foi realizada com trado tipo holandês ou com auxílio de cavadeira tipo boca de lobo (**Figura 185**).

Foram coletadas cinco amostras simples em cada vértice e no centro de cada parcela (**Figura 185**) para compor uma amostra composta (**Figura 187**) referente à profundidade de 0-10 cm. Cada amostra composta foi separada em duas alíquotas e etiquetadas com a identificação da planície e das parcelas amostrais. Foram coletadas 170 amostras as quais foram enviadas para análise no Departamento de Solos e no Laboratório de Associação Micorrízicas do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária – Bioagro, ambos da Universidade Federal de Viçosa.

*Figura 185: Coleta das amostras de solo a partir de trado tipo holandês.*

*Figura 186: Coleta de amostras simples de solo.*

*Figura 187: Detalhe da homogeneização do solo para retirada de duas amostras compostas.*

## 3.8.2 Características Físicas

O conhecimento das características físicas dos solos/rejeitos depositados nas planícies de inundação auxilia no entendimento do desenvolvimento da vegetação, em especial no comportamento do sistema radicular, além de fornecer subsídios para interpretar outros atributos do solo, como os químicos e microbiológicos. Nesta primeira campanha de monitoramento foi determinada a textura (granulometria) dos solos/rejeitos presentes nas parcelas de monitoramento da biomassa vegetal.

### *3.8.2.1 Metodologia*

A análise da granulometria das amostras foi realizada conforme o Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa (2011) que consiste em 3 etapas: aplicação de pré-tratamentos para remoção de agentes cimentantes e floculantes, dispersão da amostra de solo e quantificação das frações do solo.

Os pré-tratamentos visam a remoção de matéria orgânica, óxidos de Fe, carbonatos e sais solúveis. A dispersão da amostra de solo é realizada mediante o uso de uma combinação de processos químicos e desagregação mecânica. Por fim é feita a quantificação das frações do solo utilizando-se o peneiramento para as frações areia grossa e areia fina e a sedimentação para as frações silte e argila.

### 3.8.2.2 Resultados

Os resultados das análises granulométricas das 84 parcelas de monitoramento e das 3 amostras controle referentes ao solo de ambiente florestal são apresentados na Tabela 27.

**Tabela 27: Resultados das análises granulométricas das parcelas de monitoramento e parcelas controle.**

| Planície | Parcela | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | Classe Textural |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | g/kg | | | | |
| M03 | P01 | 59 | 400 | 424 | 116 | Franca |
| M03 | P02 | 45 | 369 | 445 | 141 | Franca |
| M03 | P03 | 117 | 376 | 351 | 156 | Franca |
| M03 | P04 | 201 | 305 | 157 | 336 | Franco-Argilo-Arenosa |
| M03 | P05 | 179 | 361 | 224 | 237 | Franco-Argilo-Arenosa |
| M03 | P06 | 193 | 327 | 225 | 255 | Franco-Argilo-Arenosa |
| M03 | P07 | 68 | 461 | 356 | 114 | Franco-Arenosa |
| M03 | P08 | 67 | 394 | 421 | 118 | Franca |
| M03 | P09 | 46 | 394 | 443 | 117 | Franca |
| M03 | P10 | 27 | 208 | 630 | 135 | Franco-Siltosa |
| M03 | P11 | 57 | 394 | 353 | 195 | Franca |
| M03 | P12 | 80 | 522 | 248 | 150 | Franco-Arenosa |
| B36 | P01 | 57 | 347 | 464 | 132 | Franca |
| B36 | P02 | 81 | 348 | 445 | 127 | Franca |
| B36 | P03 | 89 | 359 | 422 | 130 | Franca |
| B36 | P04 | 50 | 357 | 463 | 130 | Franca |
| B36 | P05 | 43 | 360 | 464 | 133 | Franca |
| B36 | P06 | 50 | 351 | 473 | 126 | Franca |
| B36 | P07 | 47 | 366 | 466 | 121 | Franca |
| B36 | P08 | 35 | 361 | 478 | 125 | Franca |
| B36 | P09 | 61 | 328 | 488 | 122 | Franca |
| B36 | P10 | 44 | 365 | 470 | 120 | Franca |
| B36 | P11 | 96 | 410 | 387 | 108 | Franca |
| B36 | P12 | 72 | 445 | 380 | 103 | Franca |
| M08 | P01 | 56 | 343 | 464 | 136 | Franca |
| M08 | P02 | 58 | 348 | 456 | 137 | Franca |
| M08 | P03 | 66 | 368 | 438 | 128 | Franca |
| M08 | P04 | 36 | 409 | 442 | 113 | Franca |
| M08 | P05 | 34 | 385 | 469 | 112 | Franca |
| M08 | P06 | 49 | 386 | 458 | 108 | Franca |
| M08 | P07 | 38 | 416 | 443 | 103 | Franca |
| M08 | P08 | 37 | 410 | 445 | 107 | Franca |
| M08 | P09 | 98 | 448 | 365 | 89 | Franco-Arenosa |

| Planície | Parcela | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | Classe Textural |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | g/kg | | | | |
| M08 | P10 | 41 | 403 | 443 | 114 | Franca |
| M08 | P11 | 35 | 430 | 429 | 105 | Franca |
| M08 | P12 | 41 | 375 | 470 | 115 | Franca |
| B65 | P01 | 61 | 393 | 423 | 123 | Franco |
| B65 | P02 | 75 | 388 | 367 | 170 | Franco |
| B65 | P03 | 47 | 419 | 379 | 155 | Franco |
| B65 | P04 | 39 | 424 | 414 | 123 | Franco |
| B65 | P05 | 50 | 406 | 417 | 128 | Franco |
| B65 | P06 | 42 | 418 | 415 | 124 | Franco |
| B65 | P07 | 10 | 490 | 380 | 120 | Franco |
| B65 | P08 | 32 | 419 | 420 | 129 | Franco |
| B65 | P09 | 46 | 442 | 400 | 112 | Franco siltoso |
| B65 | P10 | 41 | 346 | 474 | 139 | Franca |
| B65 | P11 | 41 | 379 | 446 | 134 | Franca |
| B65 | P12 | 58 | 357 | 460 | 124 | Franca |
| B82 | P01 | 92 | 466 | 266 | 176 | Franco arenoso |
| B82 | P02 | 97 | 535 | 207 | 161 | Franco arenoso |
| B82 | P03 | 75 | 489 | 287 | 149 | Franco arenoso |
| B82 | P04 | 33 | 426 | 415 | 126 | Franco |
| B82 | P05 | 32 | 427 | 423 | 118 | Franco siltoso |
| B82 | P06 | 37 | 418 | 423 | 123 | Franco |
| B82 | P07 | 45 | 424 | 404 | 128 | Franco |
| B82 | P08 | 82 | 368 | 394 | 156 | Franco |
| B82 | P09 | 77 | 381 | 397 | 144 | Franco |
| B82 | P10 | 48 | 403 | 422 | 128 | Franco |
| B82 | P11 | 41 | 426 | 407 | 126 | Franco |
| B82 | P12 | 41 | 416 | 412 | 131 | Franco |
| B97 | P01 | 50 | 387 | 412 | 150 | Franca |
| B97 | P02 | 177 | 220 | 287 | 316 | Franco-Argilosa |
| B97 | P03 | 96 | 364 | 348 | 192 | Franca |
| B98 | P04 | 33 | 394 | 456 | 117 | Franca |
| B98 | P05 | 33 | 357 | 474 | 136 | Franca |
| B98 | P06 | 37 | 350 | 473 | 139 | Franca |
| B98 | P07 | 52 | 320 | 445 | 183 | Franca |
| B98 | P08 | 49 | 290 | 513 | 148 | Franco-Siltosa |
| B98 | P09 | 136 | 387 | 289 | 188 | Franco-Arenosa |
| B139 | P01 | 190 | 181 | 123 | 507 | Argila |
| B139 | P02 | 142 | 199 | 206 | 453 | Argila |
| B139 | P03 | 137 | 255 | 293 | 315 | Franco-Argilosa |
| B139 | P04 | 185 | 292 | 338 | 186 | Franca |

| Planície | Parcela | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | Classe Textural |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | g/kg | | | | |
| B139 | P05 | 205 | 248 | 323 | 223 | Franca |
| B139 | P06 | 270 | 208 | 268 | 253 | Franco-Argilo-Arenosa |
| B139 | P07 | 45 | 347 | 477 | 131 | Franca |
| B139 | P08 | 41 | 375 | 454 | 129 | Franca |
| B139 | P09 | 39 | 364 | 455 | 142 | Franca |
| B139 | P10 | 103 | 294 | 277 | 327 | Franco-Argilosa |
| B139 | P11 | 195 | 237 | 195 | 373 | Franco-Argilosa |
| B139 | P12 | 87 | 311 | 371 | 231 | Franca |
| Cont. Regeneração | P01 | 28 | 687 | 236 | 49 | Franco-Arenosa |
| Cont. Regeneração | P02 | 45 | 404 | 440 | 112 | Franca |
| Cont. Regeneração | P03 | 47 | 384 | 459 | 110 | Franca |
| Controle Florestal | P01 | 463 | 156 | 112 | 269 | Franco-Argilo-Arenosa |
| Controle Florestal | P02 | 342 | 134 | 156 | 368 | Argilo-Arenosa |
| Controle Florestal | P03 | 244 | 106 | 172 | 477 | Argila |

### *3.8.2.3 Discussões*

Com exceção das parcelas controle em ambiente florestal que apresentaram teores mais elevados de argila, a textura do solo das parcelas amostrais é constituída em sua maioria por areia fina e silte, frações estas que correspondem em média a 75% da granulometria de todas as amostras analisadas (**Figura 188**). Parcelas com maiores teores de argila, como aquelas amostradas na planície B139, estão relacionadas a atividades de mistura de materiais de empréstimo de encostas adjacentes durante as obras de recuperação.

Considerando que a parte reativa do solo se concentra nas frações pequenas (argila e partículas menores), é de se esperar que o solo/rejeito possa contribuir de maneira pouco significativa na adsorção de cátions e ânions fundamentais ao crescimento da vegetação.

Neste sentido, é importante que trabalhos voltados ao conhecimento das características do solo subjacente (como textura e densidade) sejam realizados visando compreender melhor o comportamento da dinâmica da água neste sistema e que entraves o sistema radicular das espécies introduzidas irão enfrentar durante o seu desenvolvimento.

O monitoramento das características físicas do solo/rejeito ao longo tempo também auxiliará na compreensão das transformações deste material oriundas de outros processos, como o incremento de matéria orgânica, a atividade da pedofauna, a seleção de partículas pelo escoamento superficial, dentre outros; transformações estas com reflexos diretos nas alterações das características físicas do substrato.

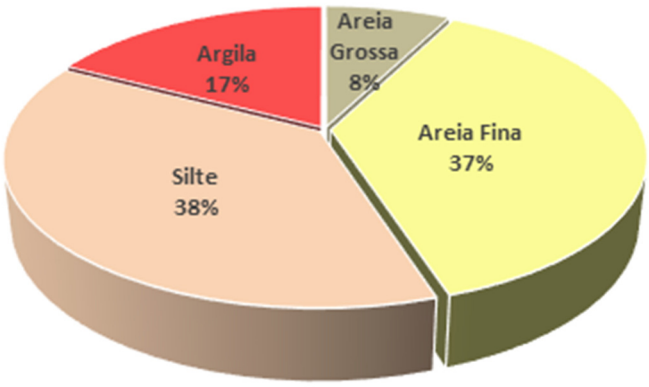



*Figura 188: Distribuição granulométrica média das amostras de solo coletas nas parcelas de monitoramento da biomassa vegetal.*

### 3.8.3 Características Químicas

O conhecimento das características químicas do solo/rejeito é de fundamental importância para o desenvolvimento de plantas, sejam elas culturas agrícolas ou plantios de reflorestamento. Acompanhar alterações nestas características ao longo tempo fornecerá subsídios importantes para a tomada de decisão sobre medidas de manejo, gerando conhecimento e contribuindo para o sucesso dos programas de restauração socioeconômica e ambiental das áreas impactadas.

As análises químicas consistiram na quantificação de determinados elementos químicos presentes em cada parcela amostrada com o objetivo de analisar sua fertilidade.

Foram realizadas análises de rotina as quais expressam os teores de $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $K^{+}$, $Na^{+}$, P, $H^{+}$, $Al^{3+}$, pH (em água); além do teor de matéria orgânica e fósforo remanescente (P-rem). A partir dos dados obtidos, outros parâmetros puderam ser calculados como:

#### CTC a pH 7,0 (T)

A CTC a pH 7, corresponde a quantidade de cátions adsorvidos no solo quando o mesmo se encontra em pH neutro, ou seja, refere-se ao nível de CTC que o solo apresentaria caso o pH do mesmo fosse neutro.

$$T = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + (Na^{+}) + H^{+} + Al^{3+}$$

#### CTC efetiva (t)

A CTC efetiva refere-se à capacidade que um solo apresenta em adsorver cátions em seu pH natural.

$$t = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + (Na^{+}) + Al^{3+}$$

#### Porcentagem de saturação por alumínio (m%)

Este parâmetro corresponde a porcentagem de cargas negativas (no solo em pH natural) que se encontram ocupadas por Alumínio trocável, ou seja, demonstra a toxidez por alumínio que o solo apresenta.

$$m = 100 \times Al^{3+}/Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + (Na^{+}) + Al^{3+}$$

#### Soma de Bases trocáveis (SB)

A soma de bases indica a quantidade de cargas negativas que se encontra ocupada por bases.

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + (Na^{+})$$

## Índice de Saturação de Bases (V%) - Percentagem de Saturação por Bases da CTC a pH 7,0

Corresponde às percentagens de carga negativa, que são passiveis de serem trocadas a pH 7 e que se encontram ocupadas por elementos como Ca, Mg, K e Na, quando se compara aos sítios de troca ocupados por H e Al.

Nessa perspectiva o valor V% identifica o eutrofismo ou distrofismo de um solo.

Logo:

- V% > 50: o solo é considerado mais fértil ou eutrófico;
- V% < 50: o solo é considerado menos fértil ou distrófico.

### *3.8.3.1 Metodologia*

Em todas as amostras coletadas foram analisados o pH em água e determinados os teores de $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $Al^{3+}$ trocáveis, por extração com KCl 1 mol $L^{-1}$ e determinação por espectrofotometria de absorção atômica.

A acidez potencial ($Al^{3+}$ + $H^{+}$) foi avaliada por titulometria após extração com acetato de cálcio 0,5 mol $L^{-1}$ a pH 7,0 e o P disponível foi determinado por colorimetria usando ácido ascórbico como redutor. Todos os procedimentos foram realizados de acordo com Embrapa (2011).

O carbono orgânico total foi determinado pelo método Walkley-Black (1934) e o fósforo remanescente (P-rem) pela quantificação do P da solução de equilíbrio após agitação durante 1 h da TFSA com solução de $CaCl_2$ 0,01 mol $L^{-1}$, contendo 60 mg $L^{-1}$ de P, na relação de 1:10 (ALVAREZ *et al.*, 2000).

### *3.8.3.2 Resultados*

Os resultados das análises químicas das 84 parcelas de monitoramento e das 3 amostras controle referentes ao solo de ambiente florestal são apresentados na **Tabela 28**.

**Tabela 28: Resultados das análises químicas de rotina das amostras de solo coletadas nas parcelas de monitoramento da vegetação.**

| Ref. Lab. | Planície | Parcela | pH | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $K^{+}$ | Soma de Bases | CTC (t) | CTC (T) | $Al^{3+}$ | H+ | H+Al | V | m | P | P-rem | N-Total | MO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ($H_2O$) | ---------- *$cmol_c/dm^3$* ---------- | | | | | | | | | ------ % ------ | | *$mg/dm^3$* | *mg/L* | ------ % ------ | |
| **63** | **M03** | **P01** | 6,55 | 0,98 | 0,08 | 0,04 | 1,10 | 1,10 | 1,90 | 0,00 | 0,80 | 0,80 | 57,9 | 0,00 | 6,40 | 31,80 | 0,00 | 0,26 |
| **64** | **M03** | **P02** | 6,35 | 0,71 | 0,06 | 0,06 | 0,83 | 0,83 | 2,13 | 0,00 | 1,30 | 1,30 | 39,0 | 0,00 | 6,90 | 30,90 | 0,01 | 0,65 |
| **65** | **M03** | **P03** | 5,68 | 1,00 | 0,13 | 0,09 | 1,22 | 1,22 | 3,72 | 0,00 | 2,50 | 2,50 | 32,8 | 0,00 | 3,40 | 24,90 | 0,04 | 1,03 |
| **66** | **M03** | **P04** | 5,14 | 0,45 | 0,09 | 0,12 | 0,66 | 0,66 | 2,46 | 0,00 | 1,80 | 1,80 | 26,8 | 0,00 | 3,40 | 5,20 | 0,03 | 0,78 |
| **67** | **M03** | **P05** | 5,70 | 0,55 | 0,12 | 0,42 | 1,09 | 1,09 | 4,39 | 0,00 | 3,30 | 3,30 | 24,8 | 0,00 | 3,90 | 14,70 | 0,01 | 1,16 |
| **68** | **M03** | **P06** | 5,14 | 0,45 | 0,11 | 0,41 | 0,97 | 0,97 | 3,57 | 0,00 | 2,60 | 2,60 | 27,2 | 0,00 | 3,30 | 9,90 | 0,03 | 1,16 |
| **69** | **M03** | **P07** | 6,31 | 0,78 | 0,09 | 0,09 | 0,96 | 0,96 | 2,26 | 0,00 | 1,30 | 1,30 | 42,5 | 0,00 | 3,80 | 27,70 | 0,02 | 0,52 |
| **70** | **M03** | **P08** | 5,77 | 1,13 | 0,20 | 0,03 | 1,36 | 1,36 | 2,36 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 57,6 | 0,00 | 6,30 | 31,40 | 0,01 | 0,13 |
| **71** | **M03** | **P09** | 6,51 | 1,04 | 0,08 | 0,03 | 1,15 | 1,15 | 2,15 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 53,5 | 0,00 | 8,00 | 32,60 | 0,01 | 0,13 |
| **72** | **M03** | **P10** | 6,95 | 2,13 | 0,10 | 0,10 | 2,33 | 2,33 | 2,53 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 92,1 | 0,00 | 8,00 | 22,30 | 0,02 | 0,26 |
| **73** | **M03** | **P11** | 6,85 | 0,71 | 0,06 | 0,04 | 0,81 | 0,81 | 1,31 | 0,00 | 0,50 | 0,50 | 61,8 | 0,00 | 2,20 | 8,10 | 0,02 | 0,39 |
| **74** | **M03** | **P12** | 5,85 | 0,33 | 0,06 | 0,04 | 0,43 | 0,43 | 1,23 | 0,00 | 0,80 | 0,80 | 35,0 | 0,00 | 2,30 | 9,60 | 0,00 | 0,26 |
| **25** | **B36** | **P01** | 7,26 | 0,82 | 0,03 | 0,03 | 0,88 | 0,88 | 2,78 | 0,00 | 1,90 | 1,90 | 31,7 | 0,00 | 8,00 | 37,30 | 0,00 | 0,00 |
| **26** | **B36** | **P02** | 6,98 | 0,87 | 0,11 | 0,10 | 1,08 | 1,08 | 2,88 | 0,00 | 1,80 | 1,80 | 37,5 | 0,00 | 6,50 | 38,40 | 0,01 | 0,40 |
| **27** | **B36** | **P03** | 6,91 | 1,05 | 0,15 | 0,08 | 1,28 | 1,28 | 3,08 | 0,00 | 1,80 | 1,80 | 41,6 | 0,00 | 5,40 | 38,60 | 0,02 | 0,92 |
| **28** | **B36** | **P04** | 7,41 | 1,00 | 0,04 | 0,05 | 1,09 | 1,09 | 2,49 | 0,00 | 1,40 | 1,40 | 43,8 | 0,00 | 14,20 | 39,40 | 0,01 | 0,00 |
| **29** | **B36** | **P05** | 7,60 | 1,07 | 0,04 | 0,07 | 1,18 | 1,18 | 1,78 | 0,00 | 0,60 | 0,60 | 66,3 | 0,00 | 15,90 | 37,40 | 0,01 | 0,13 |
| **30** | **B36** | **P06** | 7,66 | 1,03 | 0,05 | 0,05 | 1,13 | 1,13 | 2,13 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 53,1 | 0,00 | 12,90 | 39,10 | 0,00 | 0,00 |
| **31** | **B36** | **P07** | 7,76 | 1,04 | 0,02 | 0,03 | 1,09 | 1,09 | 2,09 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 52,2 | 0,00 | 10,20 | 37,10 | 0,00 | 0,00 |
| **32** | **B36** | **P08** | 7,25 | 1,12 | 0,06 | 0,05 | 1,23 | 1,23 | 1,73 | 0,00 | 0,50 | 0,50 | 71,1 | 0,00 | 15,60 | 39,40 | 0,00 | 0,00 |
| **33** | **B36** | **P09** | 7,28 | 0,85 | 0,05 | 0,03 | 0,93 | 0,93 | 1,73 | 0,00 | 0,80 | 0,80 | 53,8 | 0,00 | 8,50 | 36,70 | 0,00 | 0,00 |
| **34** | **B36** | **P10** | 7,65 | 1,22 | 0,02 | 0,04 | 1,28 | 1,28 | 2,08 | 0,00 | 0,80 | 0,80 | 61,5 | 0,00 | 12,90 | 34,80 | 0,01 | 0,00 |
| **35** | **B36** | **P11** | 6,39 | 0,77 | 0,03 | 0,06 | 0,86 | 0,86 | 1,96 | 0,00 | 1,10 | 1,10 | 43,9 | 0,00 | 8,80 | 38,80 | 0,01 | 0,00 |
| **36** | **B36** | **P12** | 7,16 | 0,91 | 0,03 | 0,03 | 0,97 | 0,97 | 1,97 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 49,2 | 0,00 | 9,70 | 41,40 | 0,01 | 0,00 |
| **51** | **M08** | **P01** | 7,33 | 1,23 | 0,05 | 0,14 | 1,42 | 1,42 | 2,22 | 0,00 | 0,80 | 0,80 | 64,0 | 0,00 | 9,00 | 37,90 | 0,01 | 0,13 |
| **52** | **M08** | **P02** | 7,38 | 1,20 | 0,03 | 0,16 | 1,39 | 1,39 | 2,69 | 0,00 | 1,30 | 1,30 | 51,7 | 0,00 | 8,70 | 38,20 | 0,01 | 0,13 |
| **53** | **M08** | **P03** | 7,32 | 1,57 | 0,05 | 0,08 | 1,70 | 1,70 | 2,50 | 0,00 | 0,80 | 0,80 | 68,0 | 0,00 | 7,10 | 38,00 | 0,01 | 0,13 |
| **54** | **M08** | **P04** | 5,88 | 1,32 | 0,06 | 0,07 | 1,45 | 1,45 | 2,75 | 0,00 | 1,30 | 1,30 | 52,7 | 0,00 | 9,30 | 32,60 | 0,02 | 0,26 |
| **55** | **M08** | **P05** | 6,21 | 1,09 | 0,07 | 0,07 | 1,23 | 1,23 | 2,43 | 0,00 | 1,20 | 1,20 | 50,6 | 0,00 | 8,40 | 35,00 | 0,02 | 0,26 |
| **56** | **M08** | **P06** | 6,02 | 0,93 | 0,06 | 0,06 | 1,05 | 1,05 | 1,75 | 0,00 | 0,70 | 0,70 | 60,0 | 0,00 | 8,40 | 32,90 | 0,02 | 0,26 |
| **57** | **M08** | **P07** | 6,76 | 1,83 | 0,12 | 0,12 | 2,07 | 2,07 | 2,37 | 0,00 | 0,30 | 0,30 | 87,3 | 0,00 | 8,20 | 31,50 | 0,01 | 0,26 |
| **58** | **M08** | **P08** | 6,73 | 1,43 | 0,09 | 0,07 | 1,59 | 1,59 | 2,29 | 0,00 | 0,70 | 0,70 | 69,4 | 0,00 | 7,40 | 32,50 | 0,02 | 0,26 |
| **59** | **M08** | **P09** | 6,37 | 1,01 | 0,12 | 0,04 | 1,17 | 1,17 | 1,67 | 0,00 | 0,50 | 0,50 | 70,1 | 0,00 | 4,60 | 33,00 | 0,03 | 0,26 |
| **60** | **M08** | **P10** | 6,98 | 1,00 | 0,04 | 0,03 | 1,07 | 1,07 | 1,57 | 0,00 | 0,50 | 0,50 | 68,2 | 0,00 | 8,20 | 34,70 | 0,02 | 0,26 |
| **61** | **M08** | **P11** | 6,92 | 0,83 | 0,05 | 0,03 | 0,91 | 0,91 | 1,41 | 0,00 | 0,50 | 0,50 | 64,5 | 0,00 | 7,90 | 38,60 | 0,01 | 0,26 |
| **62** | **M08** | **P12** | 6,51 | 1,09 | 0,08 | 0,04 | 1,21 | 1,21 | 1,51 | 0,00 | 0,30 | 0,30 | 80,1 | 0,00 | 9,50 | 32,10 | 0,01 | 0,26 |
| **1** | **B65** | **P01** | 7,07 | 1,46 | 0,11 | 0,14 | 1,71 | 1,71 | 3,01 | 0,00 | 1,30 | 1,30 | 56,8 | 0,00 | 5,40 | 30,40 | 0,01 | 0,39 |
| **2** | **B65** | **P02** | 6,64 | 1,28 | 0,15 | 0,06 | 1,49 | 1,49 | 3,79 | 0,00 | 2,30 | 2,30 | 39,9 | 0,00 | 4,40 | 35,20 | 0,02 | 0,39 |
| **3** | **B65** | **P03** | 7,15 | 1,07 | 0,08 | 0,14 | 1,29 | 1,29 | 2,59 | 0,00 | 1,30 | 1,30 | 49,8 | 0,00 | 10,20 | 36,30 | 0,01 | 0,26 |
| **4** | **B65** | **P04** | 6,78 | 0,75 | 0,09 | 0,03 | 0,87 | 0,87 | 2,57 | 0,00 | 1,70 | 1,70 | 33,9 | 0,00 | 7,00 | 37,90 | 0,01 | 0,13 |
| **5** | **B65** | **P05** | 6,84 | 0,70 | 0,06 | 0,03 | 0,79 | 0,79 | 2,59 | 0,00 | 1,80 | 1,80 | 30,5 | 0,00 | 5,90 | 36,20 | 0,01 | 0,39 |
| **6** | **B65** | **P06** | 7,04 | 0,86 | 0,05 | 0,07 | 0,98 | 0,98 | 2,68 | 0,00 | 1,70 | 1,70 | 36,6 | 0,00 | 9,00 | 32,30 | 0,01 | 0,13 |
| **7** | **B65** | **P07** | 6,94 | 1,03 | 0,06 | 0,03 | 1,12 | 1,12 | 2,82 | 0,00 | 1,70 | 1,70 | 39,7 | 0,00 | 6,10 | 34,60 | 0,02 | 0,26 |

| Ref. Lab. | Planície | Parcela | pH | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $K^{+}$ | Soma de Bases | CTC (t) | CTC (T) | $Al^{3+}$ | H+ | H+Al | V | m | P | P-rem | N-Total | MO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ($H_2O$) | ---------- *$cmol_c/dm^3$* ---------- | | | | | | | | | ------ % ------ | | *$mg/dm^3$* | *mg/L* | ------ % ------ | |
| 8 | B65 | P08 | 7,15 | 0,78 | 0,09 | 0,11 | 0,98 | 0,98 | 2,68 | 0,00 | 1,70 | 1,70 | 36,6 | 0,00 | 7,20 | 39,30 | 0,01 | 0,13 |
| 9 | B65 | P09 | 7,01 | 0,99 | 0,07 | 0,02 | 1,08 | 1,08 | 2,88 | 0,00 | 1,80 | 1,80 | 37,5 | 0,00 | 5,70 | 38,00 | 0,01 | 0,13 |
| 22 | B65 | P10 | 7,10 | 1,02 | 0,04 | 0,03 | 1,09 | 1,09 | 2,09 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 52,2 | 0,00 | 8,50 | 35,10 | 0,02 | 0,13 |
| 23 | B65 | P11 | 7,16 | 0,96 | 0,05 | 0,04 | 1,05 | 1,05 | 2,15 | 0,00 | 1,10 | 1,10 | 48,8 | 0,00 | 9,60 | 39,00 | 0,01 | 0,13 |
| 24 | B65 | P12 | 6,94 | 0,75 | 0,06 | 0,04 | 0,85 | 0,85 | 2,15 | 0,00 | 1,30 | 1,30 | 39,5 | 0,00 | 8,70 | 41,20 | 0,01 | 0,26 |
| 10 | B82 | P01 | 5,78 | 0,42 | 0,11 | 0,03 | 0,56 | 0,56 | 3,56 | 0,00 | 3,00 | 3,00 | 15,7 | 0,00 | 2,20 | 28,90 | 0,03 | 0,78 |
| 11 | B82 | P02 | 5,67 | 0,62 | 0,20 | 0,03 | 0,85 | 0,85 | 4,15 | 0,00 | 3,30 | 3,30 | 20,5 | 0,00 | 1,50 | 30,00 | 0,04 | 1,04 |
| 12 | B82 | P03 | 5,99 | 0,61 | 0,12 | 0,05 | 0,78 | 0,78 | 3,78 | 0,00 | 3,00 | 3,00 | 20,6 | 0,00 | 2,00 | 34,50 | 0,02 | 0,52 |
| 13 | B82 | P04 | 6,51 | 0,63 | 0,06 | 0,02 | 0,71 | 0,71 | 2,41 | 0,00 | 1,70 | 1,70 | 29,5 | 0,00 | 7,20 | 36,40 | 0,01 | 0,13 |
| 14 | B82 | P05 | 6,76 | 0,98 | 0,07 | 0,02 | 1,07 | 1,07 | 2,87 | 0,00 | 1,80 | 1,80 | 37,3 | 0,00 | 5,50 | 36,20 | 0,02 | 0,26 |
| 15 | B82 | P06 | 7,01 | 1,04 | 0,06 | 0,03 | 1,13 | 1,13 | 2,13 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 53,1 | 0,00 | 6,50 | 35,60 | 0,02 | 0,26 |
| 16 | B82 | P07 | 6,83 | 0,91 | 0,08 | 0,02 | 1,01 | 1,01 | 2,81 | 0,00 | 1,80 | 1,80 | 35,9 | 0,00 | 5,90 | 38,10 | 0,01 | 0,13 |
| 17 | B82 | P08 | 6,76 | 0,99 | 0,10 | 0,02 | 1,11 | 1,11 | 2,81 | 0,00 | 1,70 | 1,70 | 39,5 | 0,00 | 3,60 | 30,70 | 0,02 | 0,39 |
| 18 | B82 | P09 | 6,55 | 0,91 | 0,10 | 0,02 | 1,03 | 1,03 | 3,33 | 0,00 | 2,30 | 2,30 | 30,9 | 0,00 | 4,70 | 36,00 | 0,02 | 0,26 |
| 19 | B82 | P10 | 6,58 | 0,83 | 0,09 | 0,03 | 0,95 | 0,95 | 2,75 | 0,00 | 1,80 | 1,80 | 34,5 | 0,00 | 5,10 | 39,90 | 0,01 | 0,13 |
| 20 | B82 | P11 | 6,66 | 0,70 | 0,10 | 0,07 | 0,87 | 0,87 | 2,57 | 0,00 | 1,70 | 1,70 | 33,9 | 0,00 | 6,00 | 38,30 | 0,01 | 0,13 |
| 21 | B82 | P12 | 6,63 | 1,64 | 0,15 | 0,09 | 1,88 | 1,88 | 3,68 | 0,00 | 1,80 | 1,80 | 51,1 | 0,00 | 5,80 | 39,20 | 0,01 | 0,39 |
| 49 | B97 | P01 | 6,55 | 0,90 | 0,11 | 0,05 | 1,06 | 1,06 | 2,66 | 0,00 | 1,60 | 1,60 | 39,8 | 0,00 | 7,60 | 37,70 | 0,01 | 0,26 |
| 50 | B97 | P02 | 5,96 | 0,97 | 0,28 | 0,05 | 1,30 | 1,30 | 3,60 | 0,00 | 2,30 | 2,30 | 36,1 | 0,00 | 2,10 | 31,00 | 0,05 | 0,92 |
| 75 | B97 | P03 | 6,10 | 1,13 | 0,19 | 0,04 | 1,36 | 1,36 | 3,66 | 0,00 | 2,30 | 2,30 | 37,2 | 0,00 | 3,20 | 22,60 | 0,00 | 0,65 |
| 76 | B98 | P04 | 6,18 | 1,09 | 0,04 | 0,02 | 1,15 | 1,15 | 3,15 | 0,00 | 2,00 | 2,00 | 36,5 | 0,00 | 8,00 | 33,50 | 0,01 | 0,13 |
| 77 | B98 | P05 | 6,07 | 1,50 | 0,09 | 0,05 | 1,64 | 1,64 | 2,34 | 0,00 | 0,70 | 0,70 | 70,1 | 0,00 | 6,70 | 28,10 | 0,01 | 0,13 |
| 78 | B98 | P06 | 5,91 | 1,79 | 0,22 | 0,13 | 2,14 | 2,14 | 3,44 | 0,00 | 1,30 | 1,30 | 62,2 | 0,00 | 5,20 | 32,30 | 0,03 | 0,90 |
| 79 | B98 | P07 | 5,51 | 1,62 | 0,29 | 0,14 | 2,05 | 2,05 | 5,85 | 0,00 | 3,80 | 3,80 | 35,0 | 0,00 | 2,40 | 28,50 | 0,09 | 2,97 |
| 80 | B98 | P08 | 6,10 | 1,52 | 0,16 | 0,10 | 1,78 | 1,78 | 3,08 | 0,00 | 1,30 | 1,30 | 57,8 | 0,00 | 5,80 | 33,50 | 0,03 | 0,26 |
| 81 | B98 | P09 | 5,38 | 0,71 | 0,11 | 0,03 | 0,85 | 0,85 | 2,85 | 0,00 | 2,00 | 2,00 | 29,8 | 0,00 | 2,90 | 31,10 | 0,04 | 0,90 |
| 37 | B139 | P01 | 5,33 | 0,51 | 0,29 | 0,06 | 0,86 | 1,15 | 4,26 | 0,29 | 3,11 | 3,40 | 20,2 | 25,20 | 1,20 | 11,20 | 0,04 | 0,92 |
| 38 | B139 | P02 | 5,69 | 1,14 | 0,30 | 0,07 | 1,51 | 1,51 | 4,11 | 0,00 | 2,60 | 2,60 | 36,7 | 0,00 | 2,40 | 18,10 | 0,02 | 0,79 |
| 39 | B139 | P03 | 5,58 | 1,13 | 0,25 | 0,06 | 1,44 | 1,44 | 3,74 | 0,00 | 2,30 | 2,30 | 38,5 | 0,00 | 3,00 | 24,70 | 0,02 | 0,79 |
| 40 | B139 | P04 | 5,23 | 0,73 | 0,18 | 0,07 | 0,98 | 1,27 | 3,28 | 0,29 | 2,01 | 2,30 | 29,9 | 22,80 | 3,70 | 29,20 | 0,02 | 0,53 |
| 41 | B139 | P05 | 4,77 | 0,62 | 0,23 | 0,12 | 0,97 | 1,65 | 4,67 | 0,68 | 3,02 | 3,70 | 20,8 | 41,20 | 5,20 | 23,90 | 0,03 | 0,66 |
| 42 | B139 | P06 | 4,67 | 0,51 | 0,36 | 0,16 | 1,03 | 2,79 | 5,73 | 1,76 | 2,94 | 4,70 | 18,0 | 63,10 | 3,80 | 24,20 | 0,06 | 1,84 |
| 43 | B139 | P07 | 7,41 | 1,48 | 0,01 | 0,04 | 1,53 | 1,53 | 2,13 | 0,00 | 0,60 | 0,60 | 71,8 | 0,00 | 17,70 | 38,80 | 0,01 | 0,13 |
| 44 | B139 | P08 | 7,62 | 1,35 | 0,02 | 0,05 | 1,42 | 1,42 | 2,02 | 0,00 | 0,60 | 0,60 | 70,3 | 0,00 | 12,30 | 35,50 | 0,01 | 0,00 |
| 45 | B139 | P09 | 7,56 | 1,31 | 0,02 | 0,05 | 1,38 | 1,38 | 2,78 | 0,00 | 1,40 | 1,40 | 49,6 | 0,00 | 11,90 | 34,00 | 0,00 | 0,00 |
| 46 | B139 | P10 | 6,41 | 1,20 | 0,15 | 0,04 | 1,39 | 1,39 | 2,79 | 0,00 | 1,40 | 1,40 | 49,8 | 0,00 | 4,80 | 21,60 | 0,03 | 0,66 |
| 47 | B139 | P11 | 5,93 | 1,09 | 0,26 | 0,05 | 1,40 | 1,40 | 4,00 | 0,00 | 2,60 | 2,60 | 35,0 | 0,00 | 3,20 | 20,70 | 0,04 | 0,92 |
| 48 | B139 | P12 | 6,78 | 1,42 | 0,05 | 0,04 | 1,51 | 1,51 | 2,91 | 0,00 | 1,40 | 1,40 | 51,9 | 0,00 | 6,70 | 26,20 | 0,02 | 0,40 |
| 82 | Controle Reg. | P01 | 6,94 | 0,47 | 0,04 | 0,01 | 0,52 | 0,52 | 1,02 | 0,00 | 0,50 | 0,50 | 51,0 | 0,00 | 4,70 | 46,20 | 0,02 | 0,13 |
| 83 | Controle Reg. | P02 | 6,65 | 1,28 | 0,11 | 0,06 | 1,45 | 1,45 | 1,75 | 0,00 | 0,30 | 0,30 | 82,9 | 0,00 | 7,40 | 31,60 | 0,01 | 0,39 |
| 84 | Controle Reg. | P03 | 7,46 | 1,38 | 0,07 | 0,05 | 1,50 | 1,50 | 1,70 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 88,2 | 0,00 | 8,50 | 30,90 | 0,01 | 0,39 |
| 85 | Controle Florestal | P01 | 5,60 | 1,51 | 0,48 | 0,15 | 2,14 | 2,64 | 7,44 | 0,50 | 4,80 | 5,30 | 28,8 | 18,90 | 1,60 | 28,90 | 0,13 | 3,36 |
| 86 | Controle Florestal | P02 | 4,35 | 1,34 | 0,44 | 0,12 | 1,90 | 3,20 | 11,50 | 1,30 | 8,30 | 9,60 | 16,5 | 40,60 | 3,20 | 20,80 | 0,25 | 6,85 |
| 87 | Controle Florestal | P03 | 4,32 | 0,22 | 0,15 | 0,09 | 0,46 | 2,86 | 11,66 | 2,40 | 8,80 | 11,20 | 3,9 | 83,90 | 4,90 | 14,10 | 0,29 | 7,62 |

### 3.8.3.3 Discussões

De maneira geral, os resultados das análises químicas de rotina do solo/rejeito das parcelas amostradas refletem características de solos pouco férteis com valores médios de saturação por bases (V%) de 42,15% (distróficos) e soma de bases (SB) de 1,20 $cmol_c/dm^3$.

A média dos valores de pH em água foi de 6,44 com desvio padrão de 0,72, valor de pH considerado na literatura como ótimo para o desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas e florestais. Entretanto, há que se considerar que estes valores estão mais relacionados à utilização de hidróxido de sódio no processo de beneficiamento do minério (SCHAEFER *et. al.*, 2016) do que à presença de bases (Ca, Mg, K), visto que os teores médios de $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$ e $K^{+}$ foram baixos, da ordem de 1,02, 0,12 e 0,06 $cmol_c/dm^3$, respectivamente.

A CTC efetiva dos materiais também apresentou valores muito baixos (1,26 $cmol_c/dm^3$ em média), sendo praticamente destituído de carga elétrica negativa, característica típica de materiais mais oxídicos (ricos em Fe) corroborando com a mineralogia dos rejeitos depositados nas planícies de inundação. Valores um pouco mais elevados (> 2,0 $cmol_c/dm^3$) puderam ser observados em algumas parcelas como a parcela 10 da planície M03, parcela 07 da planície M08, parcelas 06 e 07 da planície B98 e parcela 06 da planície B139, que podem estar associados à teores um pouco mais elevados de matéria orgânica ou mesmo à mistura do rejeito com argilominerais durante a passagem da onda de lama.

O Alumínio trocável é nulo em todas as parcelas analisadas, com exceção das parcelas 01, 04, 05 e 06 da planície B139 (onde a mistura de material de empréstimo pode ter sido responsável pela presença deste elemento nas amostras analisadas) e das parcelas controle em ambiente florestal.

Os teores de matéria orgânica são muito baixos na grande maioria das parcelas analisadas (média de 0,47% - **Figura 189**), sendo pouco mais elevado nas parcelas B139P6 e B98P7 onde cultivos com braquiária e a mistura com restos orgânicos incrementam os teores de C na camada superficial.

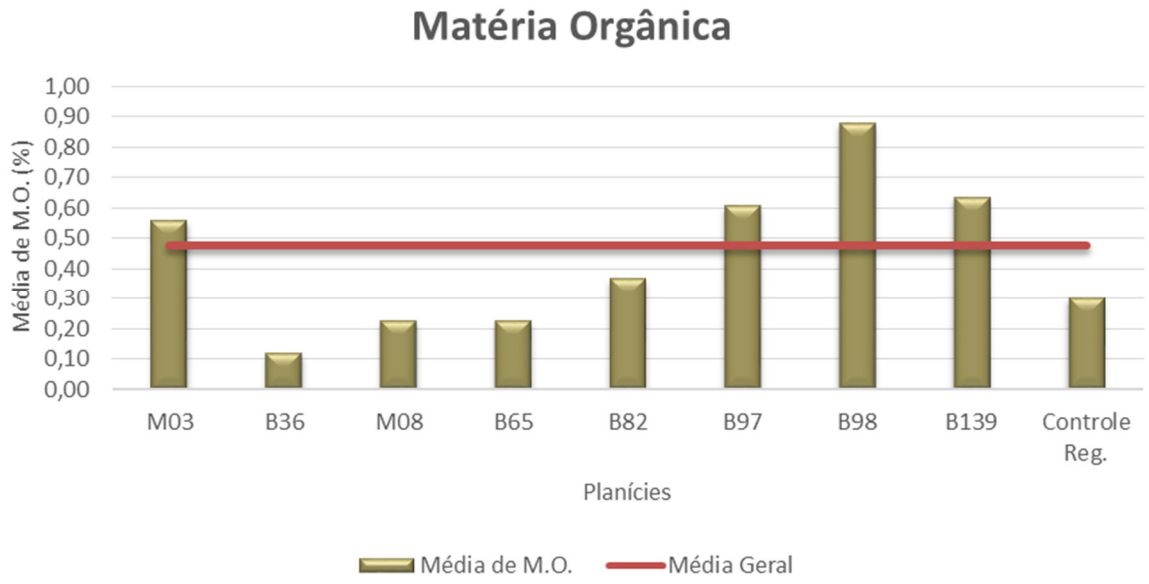



*Figura 189: Teores médios de matéria orgânica das amostras de solo coletadas em diferentes planícies de inundação.*

### 3.8.4 Características Microbiológicas

Os micro-organismos desempenham papéis chave para a estabilidade e o funcionamento dos ecossistemas, como na ciclagem de nutrientes e nos processos de recuperação ambiental, a exemplo da participação direta na decomposição da matéria orgânica, fixação de nitrogênio atmosférico e promoção de crescimento vegetal. O conhecimento e o acompanhamento da diversidade microbiana, bem como de suas funções, são importantes em qualquer processo de recuperação ambiental, já que a diversidade dos micro-organismos presentes atua como um indicador da qualidade e de perturbações do ecossistema (TÓTOLA; CHAER, 2000). Além disso, auxilia na recuperação e repovoamento de áreas por espécies vegetais e animais por meio de suas atividades bioquímicas e associações ecológicas chaves desempenhadas com esses organismos.

#### Biomassa Microbiana

A Biomassa Microbiana (BM) é considerada a parte viva da matéria orgânica do solo e inclui as bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e microfauna. Constitui parte da fração da matéria orgânica ativa do solo, contendo, em média, de 2 a 5 % do C orgânico (CO) e de 1 a 5 % do N total do solo.

A BM é um dos componentes que controlam funções-chave no solo, como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, ou transformações envolvendo os nutrientes minerais. Representa, ainda uma reserva considerável de nutrientes, os quais são continuamente desviados para os ciclos de crescimento dos diferentes organismos que compõem o ecossistema. Consequentemente, solos que mantêm alto conteúdo de BM são capazes não somente de estocar mais nutrientes, mas também de ciclar mais nutrientes através do sistema. Ademais, o fato de muitos microrganismos utilizarem a fração disponível da matéria orgânica os faz sensíveis às mudanças na sua qualidade. A BM tem sido, assim, proposta como um indicador do estado e das mudanças da matéria orgânica total do solo.

A BM, a qual possui, comparativamente, uma taxa de giro (formação e decomposição) rápida (1 a 2 anos), tem sido sugerida como uma medida mais sensível de aumento ou decréscimo na quantidade total da matéria orgânica do solo. Powlson *et al*. (1987).

Assim, a avaliação da BM tem sido associada as atividades e processos desempenhados pela microbiota do solo, com destaque na ciclagem de nutrientes, na composição da matéria orgânica e na produção de compostos que auxiliam em processos de agregação do solo (SHEORAN, SHEORAN, & POONIA, 2010). Deste modo, a quantificação da biomassa microbiana presente no solo pode ser utilizada como um indicador do funcionamento dos ecossistemas permitindo até mesmo a avaliação de possíveis distúrbios causados por eventos naturais ou ações antrópicas (BASTIDA *et al.,* 2008).

A respiração do solo, ou respiração basal do solo, é utilizada como um dos principais indicadores da qualidade e da saúde do solo em programas de monitoramento propostos por diversos países (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; NIELSEN; WINDING, 2002). Essa medida representa a oxidação da matéria orgânica por organismos aeróbios do solo, principalmente os micro-organismos, e é avaliada a partir do consumo do oxigênio gasoso ($O_2$) e/ou da liberação do dióxido de carbono ($CO_2$).

#### Respiração Microbiana

A medida da respiração basal é um método que se mede a liberação do dióxido de carbono liberado e apresenta sensibilidade necessária para ser utilizada como indicadora das atividades microbianas do solo. Outro ponto que torna essa técnica bastante difundida são a ampla variedade de métodos para essa quantificação, que vão desde titulações simples até técnicas mais complexas como a cromatografia gasosa, eletrorespirômetro, condutividade elétrica ou medição de isótopos radioativos como o $C^{14}$. Por haver interferência das condições ambientais em processos fisiológicos como a oxidação do carbono, a respiração pode também indicar alterações nos ambientes naturais. Assim, recomenda-se o acompanhamento contínuo na avaliação da respiração basal e, se possível, pela utilização de sistemas automatizados (NIELSEN; WINDING, 2002; WALL; NIELSEN; SIX, 2015).

Estudos verificam que em áreas pós-mineração, a respiração basal do solo aumenta à medida que o estresse ao ecossistema se torna mais severo. O que se supõe estar relacionado ao fato de que fora de condições ambientais ótimas micro-organismos aeróbios demandariam mais energia e, consequentemente, mais oxidação de carbono para o funcionamento de seu metabolismo (DOS SANTOS *et al.,* 2013; QUADROS *et al.,* 2016).

## Quociente Metabólico (qCO2)

Uma variável de interpretação aparentemente mais adequada é a taxa de respiração por unidade de BM, ou quociente metabólico ($qCO_2$). Essa atividade específica é uma adaptação da teoria do "desenvolvimento bioenergético dos ecossistemas" e prediz que, à medida que determinada BM se torna mais eficiente na utilização dos recursos do ecossistema, menos C é perdido como $CO_2$ pela respiração e maior proporção de C é incorporada aos tecidos microbianos (ANDERSON; DOMSCH, 1985). Assim, uma BM "eficiente" (< $qCO_2$) tem menor taxa de respiração em relação a uma mesma BM "ineficiente" (> $qCO_2$). Dessa forma, tanto fatores de "estresse" (aqueles envolvendo "estado de equilíbrio" ou condições desfavoráveis, como metais pesados, limitações de nutrientes, baixo pH) como fatores de perturbação (aqueles envolvendo fluxo rápido de condições ambientais, ou seja, cultivo, queimada, etc.) induzem à redução da eficiência microbiana. Em geral, um baixo quociente metabólico indica economia na utilização de energia e supostamente reflete um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio; ao contrário, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de distúrbio (DOS SANTOS *et al.,* 2013; ŚWIECIŁO; ZYCH-WEZYK, 2013).

Assim, o objetivo deste foi projeto foi calcular o quociente metabólico, como indicador de eficiência do metabolismo nos ecossistemas, em solos após revegetação das áreas afetadas pelo desastre da que pode também indicar o nível de estresse, a partir da respiração basal, combinado com os dados de biomassa microbiana presente nas amostras de solo.

### *3.8.4.1 Metodologia*

As coletas de amostras de solo foram realizadas ao longo de diversas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos provenientes do rompimento da barragem do Fundão nos municípios de Mariana e Barra Longa, estado de Minas Gerais. Também foram coletadas 3 amostras de solo da mata das adjacências, que não foram diretamente afetadas pela lama do rejeito para serem utilizadas como referência.

A amostragem foi realizada pelas coletas de amostras de até 10 cm de profundidade, com auxílio de um trado, acondicionadas em sacos plásticos, sendo armazenadas no gelo até o envio para o laboratório de Associações Micorrízicas/DMB/BIOAGRO, e mantidas sob refrigeração até a realização das análises.

A respiração basal do solo foi determinada a partir dos valores de respiração, no período de vinte dias, obtidos após a incubação das amostras a frascos acoplados a um respirômetro (HEINEMEYER *et al.,* 1989).

O carbono da biomassa microbiana foi obtido pelo método proposto por Vance et al (1987), conhecido também como método da fumigação e extração. Duas amostras de 25 g foram preparadas a partir de cada amostra recebida. A primeira amostra foi utilizada como controle não fumigado e imediatamente após a separação, foi colocada em um recipiente extraído o seu Carbono com 100 mL de solução 0,5 molar de $K_2SO_4$ por 30 min em um agitador orbital (*shaker*), a 250 rpm. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 3.000 g por 5 min e o extrato obtido será utilizado como controle.

A segunda amostra com 25 g foi fumigada em atmosfera de clorofórmio, 25 mL e o vácuo será aplicado por 3 min após o início do borbulhamento do clorofórmio. O clorofórmio foi retirado e aplicações sucessivas de vácuo para remoção do clorofórmio residual. Em seguida, foi realizada a extração com 100 mL de solução 0,5 mol de $K_2SO_4$ por 30 min em um agitador orbital (*shaker*), a 250 rpm, e as amostras centrifugadas a 3.000 g por 5 min. O extrato obtido foi filtrado em papel de filtro quantitativo e utilizado para a determinação de carbono e nitrogênio da biomassa, os extratos serão conservados a -20 °C até o momento da realização das análises.

A determinação do carbono da biomassa foi realizada de acordo com o proposto por Barttlett e Ross (1988) com a utilização de permanganato de potássio. A alíquotas de 2 mL do extrato obtido na etapa anterior foram adicionados 1,1 mL de água destilada, 1,4 mL de uma solução de trabalho composta por $Na_4P_2O_7$ 0,1 mol L-1 ; $H_2SO_4$ 0,5 mol L-1; $KMnO_4$ 0,1 mol L-1; $MnSO_4$ 0,1 mol L-1 e também 1,5 mL de $H_2SO_4$ concentrado. Após períodos de agitação e repouso, foram realizadas as leituras em espectrofotômetro na faixa de absorbância de 495 nm, sendo a concentração de carbono determinada por curva de calibração previamente estabelecida.

O quociente metabólico foi calculado entre o $C/CO_2$ produzido pela respiração basal microbiana e o carbono da biomassa microbiana por unidade de tempo, sendo expresso por micrograma de $CO_2$ por micrograma da biomassa (QUADROS *et al.,* 2016).

### 3.8.4.2 Resultados e Discussão

Há uma grande flutuação nos valores de Respiração e Biomassa microbiana (**Tabela 29**), mostrando que a atividade microbiana é muito variável e que, durante a coleta, a observação de como está o solo, presença de alguma matéria orgânica, e também o sistema de revegetação que está sendo utilizado, pode afetar grandemente este resultado. É interessante observar, também, que, de modo geral, as áreas mais próximas da barragem do Fundão, apresentaram menores CBM (**Figura 190**).

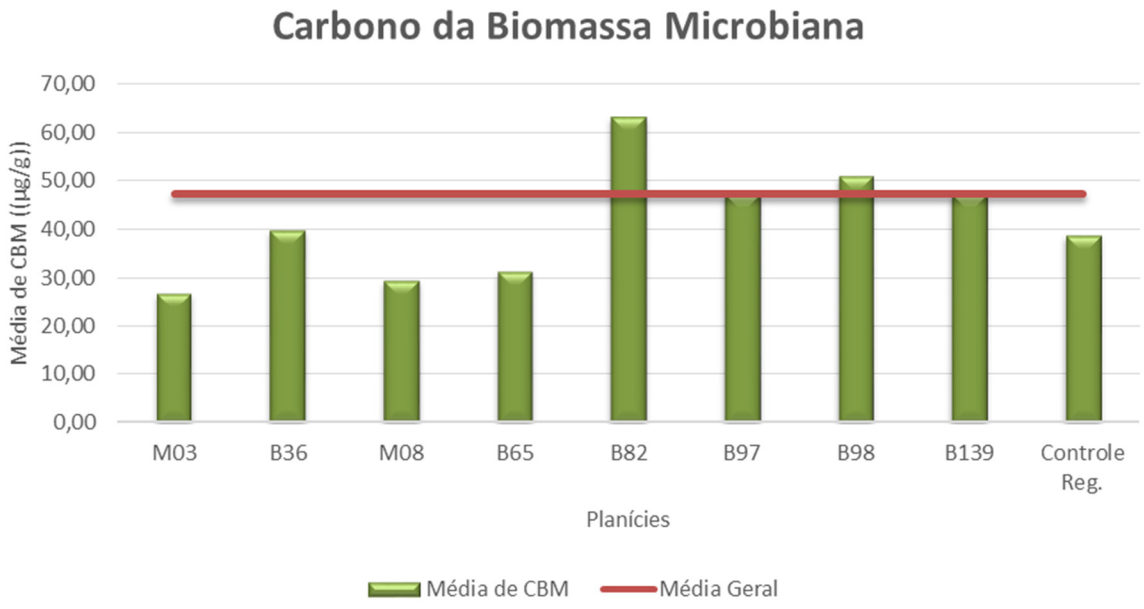



*Figura 190: Valores médios de Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) das amostras de solo das diferentes planícies amostradas.*

Com o cálculo do quociente microbiano ($qCO_2$), verifica-se que as áreas de floresta, utilizada como referência foi a que apresentou menor valor (**Tabela 29**), isso mostra que nestas áreas, o sistema está em equilíbrio e está eficiente, pois para a mesma quantidade de $CO_2$ liberado, a biomassa formada é maior (**Figura 191**). Valores semelhantes também foram observados em algumas áreas, como a B98P7 e B82P2. Estas parcelas podem apresentar algumas características que favoreceram estes valores, como o tipo de vegetação ou mesmo a proximidade com ambientes florestais.

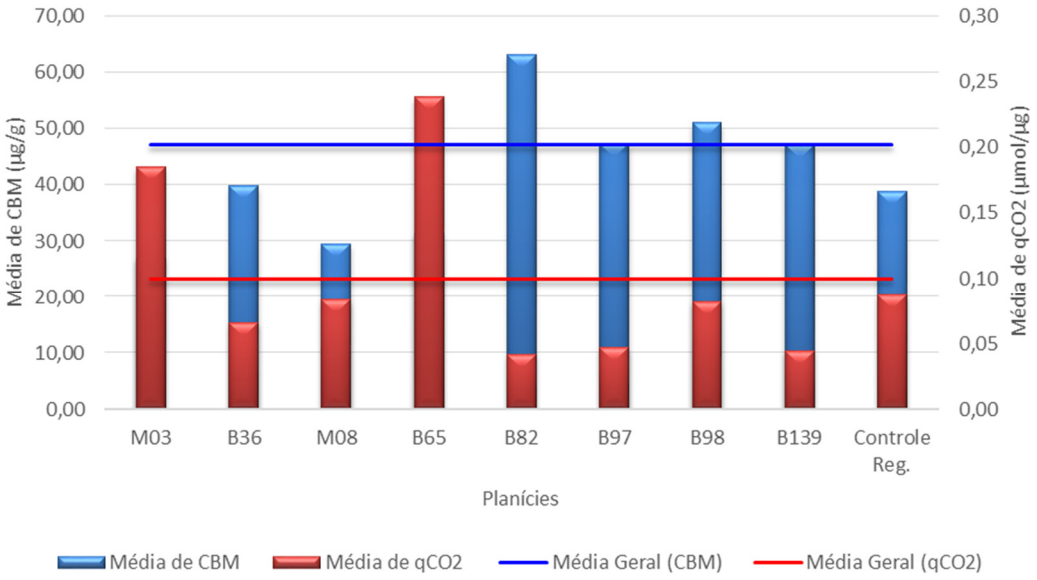



*Figura 191: Valores médios de Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) e taxa de respiração microbiana (qCO2) nas diferentes planícies amostradas.*

A maioria dos solos, entretanto, apresentaram-se em um outro grupo (**Figura 192**), mostrando que foram afetados pelo rejeito. Mas as áreas tendem a apresentar características de melhora, o que deve ser acompanhada por análises periódicas e pela repetição destas análises ao longo do tempo até que as áreas afetadas apresentem características semelhantes às da floresta.

Outras análises microbiológicas, como as de algumas enzimas e análises moleculares, podem auxiliar melhor no monitoramento destas áreas.

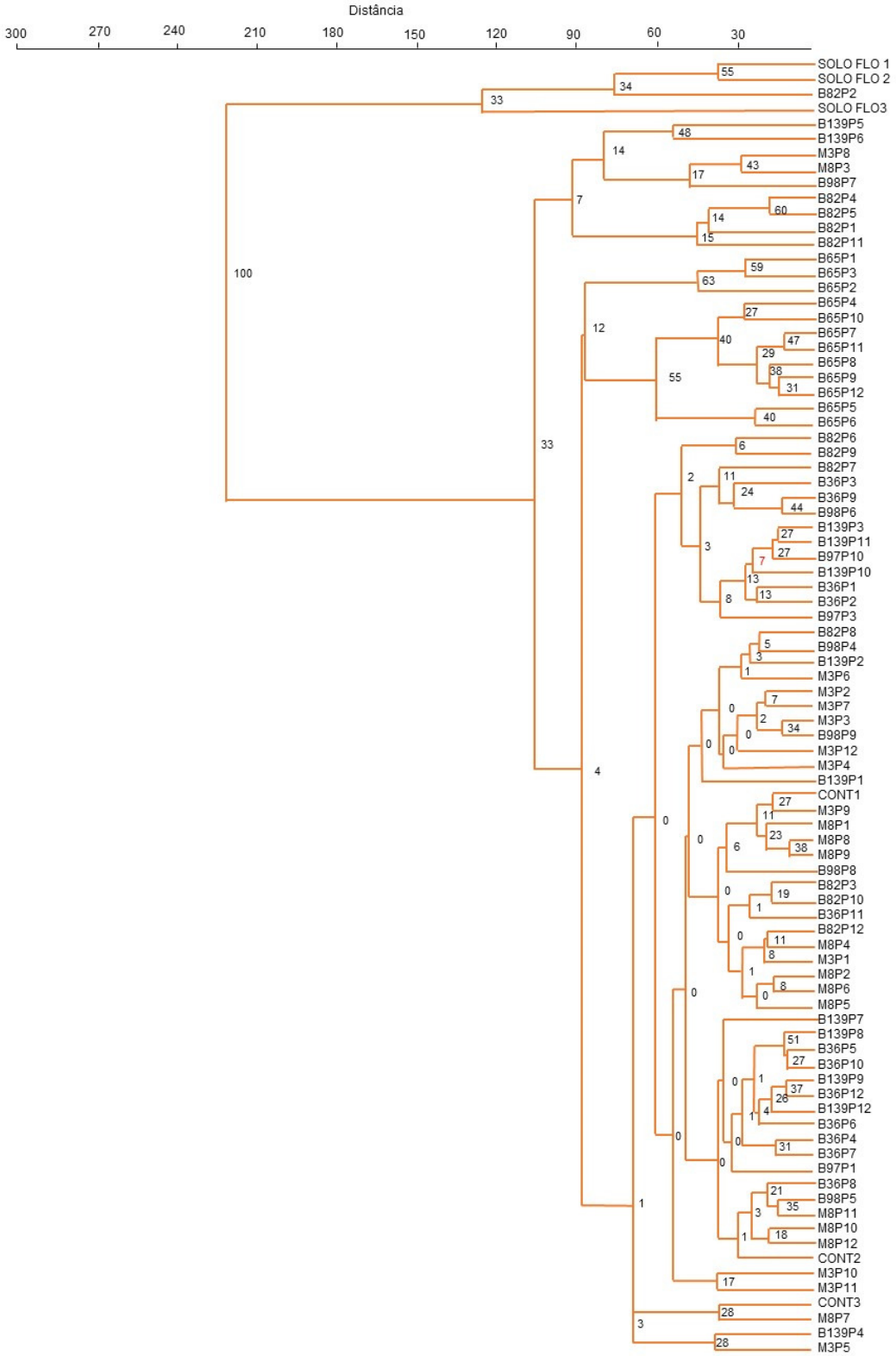



*Figura 192: Similaridade das áreas quando se utilizada das características de respiração, biomassa microbiana e quociente metabólico de diferentes amostras de solo coletado ao longo do Rio Gualaxo do Norte.*

**Tabela 29: Carbono da Biomassa Microbiana (CBM), C-CO2 acumulado em 65 horas e Quociente Metabólico (qCO2) de amostras de solo de diferentes parcelas, afetadas ou não pelo rejeito de mineração da Samarco.**

| Planície | Parcela | Profund. (cm) | CBM (µg/g) | $C\text{-}CO_2$ (µmol/g) | $qCO_2$ (µmol/µg) |
|---|---|---|---|---|---|
| B65 | P01 | 0-10 | 42,1 | 3,00 | 0,07 |
| B65 | P02 | 0-10 | 38,4 | 3,51 | 0,09 |
| B65 | P03 | 0-10 | 18,6 | 2,43 | 0,13 |
| B65 | P04 | 0-10 | 2,2 | 3,62 | 1,65 |
| B65 | P05 | 0-10 | 79,5 | 4,39 | 0,06 |
| B65 | P06 | 0-10 | 62,2 | 1,64 | 0,03 |
| B65 | P07 | 0-10 | 20,0 | 3,18 | 0,16 |
| B65 | P08 | 0-10 | 14,8 | 3,37 | 0,23 |
| B65 | P09 | 0-10 | 28,0 | 3,44 | 0,12 |
| B82 | P01 | 0-10 | 40,4 | 2,98 | 0,07 |
| B82 | P02 | 0-10 | 170,2 | 3,44 | 0,02 |
| B82 | P03 | 0-10 | 37,5 | 3,55 | 0,09 |
| B82 | P04 | 0-10 | 61,7 | 1,67 | 0,03 |
| B82 | P05 | 0-10 | 57,8 | 1,51 | 0,03 |
| B82 | P06 | 0-10 | 76,5 | 2,15 | 0,03 |
| B82 | P07 | 0-10 | 67,2 | 2,43 | 0,04 |
| B82 | P08 | 0-10 | 29,6 | 2,07 | 0,07 |
| B82 | P09 | 0-10 | 61,8 | 2,88 | 0,05 |
| B82 | P10 | 0-10 | 37,3 | 0,90 | 0,02 |
| B82 | P11 | 0-10 | 78,5 | 1,08 | 0,01 |
| B82 | P12 | 0-10 | 40,0 | 1,66 | 0,04 |
| B65 | P10 | 0-10 | 20,1 | 2,16 | 0,11 |
| B65 | P11 | 0-10 | 22,9 | 3,13 | 0,14 |
| B65 | P12 | 0-10 | 28,5 | 2,12 | 0,07 |
| B36 | P01 | 0-10 | 60,2 | 1,28 | 0,02 |
| B36 | P02 | 0-10 | 42,3 | 1,68 | 0,04 |
| B36 | P03 | 0-10 | 99,4 | 3,32 | 0,03 |
| B36 | P04 | 0-10 | 13,8 | 0,69 | 0,05 |
| B36 | P05 | 0-10 | 25,6 | 1,89 | 0,07 |
| B36 | P06 | 0-10 | 21,9 | 0,82 | 0,04 |
| B36 | P07 | 0-10 | 6,0 | 1,03 | 0,17 |
| B36 | P08 | 0-10 | 15,9 | 1,41 | 0,09 |
| B36 | P09 | 0-10 | 83,9 | 1,86 | 0,02 |
| B36 | P10 | 0-10 | 30,4 | 1,94 | 0,06 |
| B36 | P11 | 0-10 | 46,1 | 4,39 | 0,10 |
| B36 | P12 | 0-10 | 32,4 | 3,30 | 0,10 |
| B139 | P01 | 0-10 | 16,9 | 1,46 | 0,09 |
| B139 | P02 | 0-10 | 22,5 | 1,30 | 0,06 |

| Planície | Parcela | Profund. (cm) | CBM (µg/g) | C-$CO_2$ (µmol/g) | q$CO_2$ (µmol/µg) |
|---|---|---|---|---|---|
| B139 | P03 | 0-10 | 48,4 | 1,30 | 0,03 |
| B139 | P04 | 0-10 | 15,0 | 1,62 | 0,11 |
| B139 | P05 | 0-10 | 109,4 | 2,42 | 0,02 |
| B139 | P06 | 0-10 | 108,0 | 2,99 | 0,03 |
| B139 | P07 | 0-10 | 43,1 | 1,35 | 0,03 |
| B139 | P08 | 0-10 | 30,5 | 1,29 | 0,04 |
| B139 | P09 | 0-10 | 34,6 | 1,22 | 0,04 |
| B139 | P10 | 0-10 | 54,7 | 1,09 | 0,02 |
| B139 | P11 | 0-10 | 57,7 | 1,11 | 0,02 |
| B139 | P12 | 0-10 | 26,2 | 1,05 | 0,04 |
| B97 | P01 | 0-10 | 24,0 | 1,56 | 0,07 |
| B97 | P02 | 0-10 | 58,6 | 2,41 | 0,04 |
| M08 | P01 | 0-10 | 28,0 | 1,12 | 0,04 |
| M08 | P02 | 0-10 | 18,3 | 1,10 | 0,06 |
| M08 | P03 | 0-10 | 101,6 | 1,67 | 0,02 |
| M08 | P04 | 0-10 | 48,1 | 1,83 | 0,04 |
| M08 | P05 | 0-10 | 33,0 | 1,14 | 0,03 |
| M08 | P06 | 0-10 | 21,0 | 1,92 | 0,09 |
| M08 | P07 | 0-10 | 34,0 | 1,55 | 0,05 |
| M08 | P08 | 0-10 | 14,9 | 1,70 | 0,11 |
| M08 | P09 | 0-10 | 13,7 | 3,89 | 0,28 |
| M08 | P10 | 0-10 | 10,4 | 1,37 | 0,13 |
| M08 | P11 | 0-10 | 17,0 | 1,17 | 0,07 |
| M08 | P12 | 0-10 | 14,2 | 1,09 | 0,08 |
| M03 | P01 | 0-10 | 36,8 | 1,68 | 0,05 |
| M03 | P02 | 0-10 | 27,4 | 1,80 | 0,07 |
| M03 | P03 | 0-10 | 11,6 | 2,53 | 0,22 |
| M03 | P04 | 0-10 | 29,5 | 3,51 | 0,12 |
| M03 | P05 | 0-10 | 16,5 | 1,41 | 0,09 |
| M03 | P07 | 0-10 | 17,3 | 2,05 | 0,12 |
| M03 | P08 | 0-10 | 119,4 | 1,01 | 0,01 |
| M03 | P09 | 0-10 | 19,5 | 1,52 | 0,08 |
| M03 | P10 | 0-10 | 5,0 | 2,83 | 0,57 |
| M03 | P11 | 0-10 | 7,2 | 2,13 | 0,30 |
| M03 | P12 | 0-10 | 7,0 | 2,89 | 0,41 |
| B97 | P03 | 0-10 | 59,5 | 2,07 | 0,03 |
| B98 | P04 | 0-10 | 13,0 | 1,36 | 0,10 |
| B98 | P05 | 0-10 | 15,4 | 2,16 | 0,14 |
| B98 | P06 | 0-10 | 80,7 | 3,56 | 0,04 |
| B98 | P07 | 0-10 | 141,7 | 6,74 | 0,05 |

| Planície | Parcela | Profund. (cm) | CBM (µg/g) | C-$CO_2$ (µmol/g) | q$CO_2$ (µmol/µg) |
|---|---|---|---|---|---|
| B98 | P08 | 0-10 | 37,8 | 3,60 | 0,10 |
| B98 | P09 | 0-10 | 17,8 | 1,09 | 0,06 |
| Controle Regeneração | P01 | 0-10 | 16,90 | 1,62 | 0,10 |
| Controle Regeneração | P02 | 0-10 | 33,40 | 3,61 | 0,11 |
| Controle Regeneração | P03 | 0-10 | 66,10 | 3,59 | 0,05 |
| Controle Florestal | P01 | 0-10 | 221,6 | 4,35 | 0,02 |
| Controle Florestal | P02 | 0-10 | 243,0 | 5,98 | 0,02 |
| Controle Florestal | P03 | 0-10 | 308,5 | 7,51 | 0,02 |
| **Média** | | | 48,8 | 2,28 | 0,10 |
| **Desvio Padrão** | | | 52,3 | 1,29 | 0,19 |

As análises microbiológicas realizadas mostram-se sensíveis aos danos causados pela deposição de rejeitos nas planícies de inundação. Estas análises devem ser repetidas ao longo do tempo para que possam mostrar como o tempo e o manejo das áreas, principalmente pelos programas de revegetação, podem contribuir para acelerar a recuperação desses ecossistemas.

Outras análises microbiológicas, como as de algumas enzimas e análises moleculares, podem auxiliar melhor no monitoramento destas áreas identificando microrganismos chave no processo de recuperação bem como selecionando estirpes que podem ser isoladas e inoculadas durante a produção de mudas voltadas aos programas de restauração florestal. A análise conjunta de outros resultados (físicos e químicos do solo e ambientais) também podem fornecer informações para o melhor entendimento da recuperação das áreas afetadas.

# 4.0 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO CONTROLE DE EROSÃO

## 4.1 Introdução

O rompimento da barragem de Fundão liberou um grande volume de rejeitos e água que fluiu pelo sistema fluvial formado por córrego Santarém, Rio Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce, até atingir o Oceano Atlântico. O fluxo de rejeitos causou erosão por onde passou removendo a cobertura vegetal e parte do solo. No final da passagem do fluxo, houve deposição de sedimentos (rejeitos, solos, detritos), especialmente no trecho entre a barragem de Fundão e o reservatório da barragem de Candonga. O material depositado na área impactada se mostrou altamente susceptível à erosão. Desde então, estão sendo empreendidos esforços para estabilizar as margens dos rios e minimizar os processos erosivos nas áreas impactadas.

As premissas de projeto para o controle de processos erosivos, foram definidas no Relatório de Diretrizes Gerais de Projeto - G006900-G-1RT102 (Golder, 2016), a saber:

- Minimizar a erosão produzida pelo escoamento superficial nas áreas impactadas;
- Desviar o escoamento superficial “limpo” das áreas impactadas;
- Minimizar ou limitar novas movimentações de terra em áreas naturais;
- Implantar drenagem superficial adequada nas áreas impactadas;
- Revegetar todas as áreas impactadas;

- Monitorar as obras realizadas e reparar os pontos falhos até atingir estabilidade e integração com o ambiente de entorno.

Neste contexto, faz-se necessário um programa de monitoramento que permita quantificar os processos erosivos e medir a efetividade das intervenções que estão sendo realizadas.

O programa de monitoramento do controle de erosão foi dividido em dois componentes:

- Sedimentação em estruturas de contenção (Réguas graduadas);
- Taxas de Erosão em Planícies de Inundação (Parcelas).

O monitoramento das parcelas consiste em um experimento de campo com algumas condições controladas, incluindo repetições para possibilitar tratamento estatístico dos resultados. As parcelas de monitoramento visam gerar dados locais de taxa de erosão e da efetividade das medidas de controle, de modo que estes sejam representativos e possam ser extrapolados e/ou comparados com dados de outras áreas. Já as réguas graduadas fornecem medições reais do carreamento de sólidos e contenção de sedimentos para cada local específico.

De uma maneira geral, pode-se dizer que as parcelas de monitoramento de erosão são o componente científico do programa, enquanto que as réguas são o componente prático, sendo ambos complementares na avaliação dos processos erosivos nas planícies de inundação.

## 4.2 Objetivos

O objetivo geral do programa de monitoramento do controle de erosão é avaliar a efetividade das intervenções realizadas visando a minimização do carreamento de sólidos.

Os objetivos específicos de cada componente do programa são:

- Sedimentação em estruturas de contenção (réguas graduadas): obter uma resposta imediata da medição de processos erosivos e da contenção de sedimentos resultante das medidas de controle que estão sendo implementadas;
- Taxas de erosão em planícies de inundação (parcelas de monitoramento): avaliar as taxas de erosão ao longo do tempo e avaliar a efetividade dos diferentes tratamentos de controle de erosão implementados no projeto.

## 4.3 Sedimentação em Estruturas de Contenção

As intervenções visando o controle de erosão nas planícies de inundação consistem basicamente nas medidas de revegetação e na implantação de um sistema de drenagem. Além de conduzir o escoamento, o sistema de drenagem implantado possui estruturas de contenção cujos objetivos são reter sedimentos e diminuir a velocidade do escoamento, a saber:

- Retentores de sedimento implantados no interior de canaletas de drenagem (“*Check dams*”);
- Retentores de sedimento implantados a montante de descidas de drenagem;
- Retentores de sedimento ou feixes de galhadas implantados em planícies de inundação.

### 4.3.1 Metodologia

Junto das estruturas de contenção foram implantadas réguas graduadas para medir o acúmulo de sedimentos ao longo do tempo, o que corresponde a uma medida quali-quantitativa da erosão. As réguas graduadas consistem em estacas de madeira de 1 m de comprimento, com marcações a cada 10 cm. A **Figura 193** apresenta um croqui típico de locais propícios para a instalação das réguas e mostra como são feitas as medições de acúmulo de sedimento.

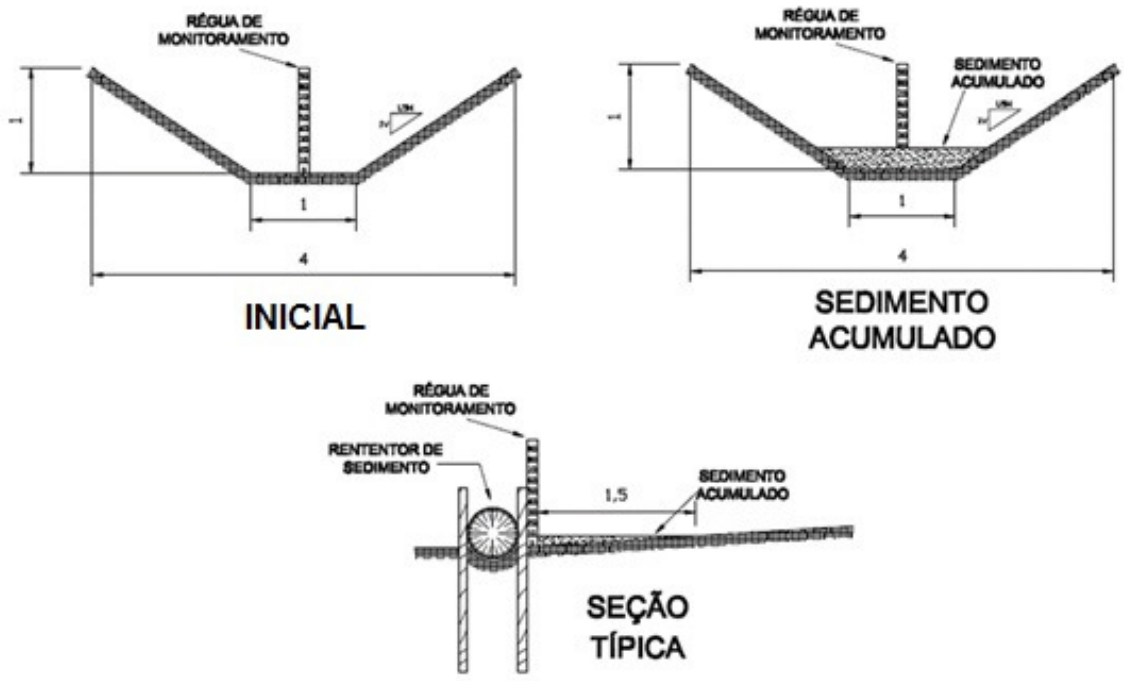



*Figura 193: Croqui apresentando instalação das réguas de monitoramento bem como exemplos de medidas a serem realizadas, altura e comprimento de sedimento acumulado.*

### 4.3.2 Resultados

Entre janeiro e abril de 2017 foram instaladas 69 réguas graduadas distribuídas ao longo das planícies de inundação das áreas prioritárias, onde estão sendo realizados trabalhos de controle de erosão. A **Tabela 30** apresenta a numeração, a localização das réguas instaladas e o tipo de estrutura a qual ela está associada.

**Tabela 30: Localização das réguas de monitoramento de sedimentação em estruturas de contenção instaladas entre janeiro e abril de 2017.**

| Área | Nº da régua | Coordenadas (Datum: SIRGAS 2000) | | Estrutura |
|---|---|---|---|---|
| | | Leste | Norte | |
| 3 | A3_R01 | 665.545 | 7.759.676 | Canaleta |
| 3 | A3_R02 | 664.768 | 7.758.757 | Planície |
| 3 | A3_R03 | 664.962 | 7.759.126 | Planície |
| 3 | A3_R05 | 665.651 | 7.759.643 | Canaleta |

| Área | Nº da régua | Coordenadas (Datum: SIRGAS 2000) | | Estrutura |
|---|---|---|---|---|
| | | Leste | Norte | |
| 3 | A3_R06 | 664.487 | 7.758.533 | Canaleta |
| 3 | A3_R07 | 664.636 | 7.758.532 | Planície |
| 6 | A6_R01 | 694.687 | 7.758.122 | Canaleta/ descida |
| 6 | A6_R02 | 694.820 | 7.758.452 | Canaleta/ descida |
| 6 | A6_R03 | 694.932 | 7.758.388 | Canaleta/ descida |
| 6 | A6_R04 | 695.212 | 7.758.347 | Canaleta |
| 6 | A6_R05 | 695.015 | 7.758.370 | Canaleta/ descida |
| 6 | A6_R06 | 695.086 | 7.758.345 | Canaleta |
| 6 | A6_R07 | 695.161 | 7.758.337 | Canaleta |
| 6 | A6_R09 | 698.838 | 7.757.939 | Canaleta/ descida |
| 6 | A6_R10 | 698.891 | 7.758.007 | Canaleta/ descida |
| 6 | A6_R11 | 698.853 | 7.757.989 | Canaleta |
| 6 | A6_R12 | 698.744 | 7.757.847 | Canaleta/ descida |
| 6 | A6_R13 | 695.578 | 7.758.452 | Canaleta lateral acesso |
| 6 | A6_R14 | 695.608 | 7.758.491 | Canaleta lateral acesso |
| 6 | A6_R15 | 695.653 | 7.758.519 | Canaleta lateral acesso |
| 6 | A6_R16 | 695.637 | 7.758.540 | Canaleta |
| 6 | A6_R17 | 695.735 | 7.758.577 | Canaleta lateral acesso |
| 6 | A6_R18 | 695.720 | 7.758.596 | Canaleta |
| 6 | A6_R19 | 695.379 | 7.758.303 | Canaleta |
| 7 | A7_R01 | 686.017 | 7.753.784 | Canaleta/ descida |
| 7 | A7_R02 | 686.081 | 7.753.781 | Canaleta/ descida |
| 7 | A7_R03 | 688.586 | 7.755.870 | Canaleta/ descida |
| 7 | A7_R04 | 688.551 | 7.755.687 | Canaleta crista/ descida |
| 7 | A7_R05 | 688.348 | 7.754.476 | Canaleta |
| 7 | A7_R06 | 688.687 | 7.754.910 | Canaleta |
| 7 | A7_R07 | 688.692 | 7.754.852 | Canaleta crista/ descida |
| 8 | A8_R01 | 680.287 | 7.755.026 | Canaleta |
| 8 | A8_R02 | 680.351 | 7.755.146 | Canaleta |
| 8 | A8_R03 | 680.362 | 7.755.145 | Canaleta |
| 8 | A8_R04 | 679.774 | 7.755.076 | Canaleta |
| 8 | A8_R05 | 679.772 | 7.755.053 | Canaleta |
| 8 | A8_R06 | 679.746 | 7.755.066 | Canaleta |
| 8 | A8_R07 | 680.221 | 7.775.009 | Canaleta |
| 8 | A8_R08 | 680.192 | 7.755.030 | Canaleta |
| 9 | A9_R01 | 691.259 | 7.757.242 | Canaleta/ descida |
| 9 | A9_R02 | 691.474 | 7.757.018 | Canaleta |
| 9 | A9_R03 | 691.461 | 7.757.032 | Canaleta |
| 9 | A9_R05 | 692.270 | 7.756.826 | Canaleta |

| Área | Nº da régua | Coordenadas (Datum: SIRGAS 2000) | | Estrutura |
|---|---|---|---|---|
| | | Leste | Norte | |
| 9 | A9_R06 | 692.279 | 7.756.784 | Canaleta |
| 10 | A10_R01 | 677.743 | 7.757.916 | Canaleta lateral acesso |
| 10 | A10_R02 | 677.723 | 7.758.005 | Canaleta |
| 10 | A10_R03 | 677.705 | 7.758.017 | Canaleta |
| 10 | A10_R04 | 677.697 | 7.757.755 | Canaleta/ descida |
| 10 | A10_R05 | 677.634 | 7.757.926 | Canaleta |
| 10 | A10_R06 | 676.874 | 7.758.145 | Canaleta/ descida |
| 10 | A10_R07 | 676.846 | 7.758.156 | Canaleta |
| 10 | A10_R08 | 676.874 | 7.758.158 | Planície |
| 10 | A10_R09 | 677.493 | 7.757.890 | Canaleta/ descida |
| 11 | A11_R02 | 674.841 | 7.760.082 | Canaleta lateral acesso |
| 11 | A11_R03 | 673.772 | 7.761.194 | Canaleta |
| 11 | A11_R04 | 674.277 | 7.760.729 | Canaleta lateral acesso |
| 11 | A11_R05 | 674.790 | 7.760.143 | Canaleta lateral acesso |
| 11 | A11_R06 | 674.652 | 7.760.331 | Canaleta lateral acesso |
| 11 | A11_R07 | 674.612 | 7.760.343 | Canaleta lateral acesso |
| 13 | A13_R01 | 670.034 | 7.759.756 | Paliçada |
| 13 | A13_R02 | 669.730 | 7.759.782 | Canaleta |
| 13 | A13_R03 | 669.842 | 7.759.824 | Planície |
| 13 | A13_R04 | 669.397 | 7.760.066 | Paliçada |
| 13 | A13_R05 | 669.613 | 7.759.665 | Paliçada |
| 13 | A13_R06 | 669.632 | 7.759.662 | Paliçada |
| 13 | A13_R07 | 669.857 | 7.759.855 | Canaleta/ descida |
| 13 | A13_R08 | 669.360 | 7.760.150 | Paliçada |
| 13 | A13_R09 | 669.357 | 7.760.243 | Paliçada |
| 13 | A13_R10 | 669.666 | 7.760.528 | Canaleta |

Entre maio e agosto de 2017, o monitoramento da sedimentação em estruturas de contenção foi incrementado com a instalação de mais 29 réguas graduadas nas áreas 07, 09, 15, 20, 22, 24 e 25. A **Tabela 31** apresenta a numeração, a localização das réguas instaladas e o tipo de estrutura a qual cada régua está associada.

**Tabela 31: Localização das réguas de monitoramento de sedimentação em estruturas de contenção instaladas entre maio e agosto de 2017.**

| Área | Nº da régua | Coordenadas (Datum: SIRGAS 2000) | | Estrutura |
|---|---|---|---|---|
| | | Leste | Norte | |
| 7 | A7_R08 | 687.944 | 7.757.318 | Canaleta |
| 7 | A7_R09 | 688.567 | 7.755.573 | Canaleta |

| Área | Nº da régua | Coordenadas (Datum: SIRGAS 2000) | | Estrutura |
|---|---|---|---|---|
| | | Leste | Norte | |
| 7 | A7_R10 | 688.026 | 7.754.534 | Canaleta |
| 7 | A7_R11 | 687.393 | 7.754.525 | Canaleta |
| 9 | A9_R07 | 691.479 | 7.757.030 | Canaleta |
| 15A | A15A_R01 | 705.057 | 7.756.319 | Canaleta |
| 15A | A15A_R02 | 705.105 | 7.756.336 | Canaleta |
| 15A | A15A_R03 | 705.178 | 7.756.375 | Canaleta |
| 15A | A15A_R04 | 705.162 | 7.756.380 | Canaleta |
| 15A | A15A_R05 | 702.907 | 7.755.829 | Canaleta |
| 15A | A15A_R06 | 702.976 | 7.755.814 | Canaleta |
| 15A | A15A_R07 | 702.849 | 7.755.808 | Canaleta |
| 15B | A15B_R01 | 706.924 | 7.756.579 | Canaleta |
| 15B | A15B_R02 | 706.955 | 7.756.512 | Canaleta |
| 15B | A15B_R03 | 707.002 | 7.756.519 | Canaleta |
| 15B | A15B_R04 | 709.353 | 7.757.187 | Canaleta |
| 15B | A15B_R05 | 709.386 | 7.757.631 | Canaleta |
| 20 | A20 - R01 | 672.311 | 7.760.208 | Canaleta |
| 20 | A20 - R02 | 672.376 | 7.760.230 | Canaleta |
| 20 | A20 - R03 | 672.541 | 7.760.287 | Canaleta |
| 20 | A20 - R04 | 672.550 | 7.760.347 | Canaleta |
| 22 | A22 - R01 | 678.028 | 7.757.021 | Canaleta |
| 22 | A22 - R02 | 678.026 | 7.757.021 | Canaleta |
| 24 | A24 - R01 | 690.164 | 7.757.295 | Canaleta |
| 24 | A24 - R02 | 690.377 | 7.757.366 | Canaleta |
| 24 | A24 - R03 | 690.202 | 7.757.301 | Canaleta |
| 24 | A24 - R04 | 690.397 | 7.757.369 | Canaleta |
| 24 | A24 - R05 | 690.369 | 7.757.357 | Canaleta |
| 25 | A25 - R01 | 702.282 | 7.755.211 | Canaleta |

A **Tabela 32** apresenta o resumo dos resultados do monitoramento de sedimentação em estruturas de contenção incluindo a avaliação altura de sedimento acumulado em cada régua, a análise resumida do comportamento da sedimentação e o status da régua em relação à continuidade do monitoramento. As Figuras incluídas no **Anexo D** mostram a localização, o status e o volume máximo acumulado em cada estaca de monitoramento. O registro completo das observações em cada estrutura de contenção é apresentado no **Anexo E**, incluindo as fotos e uma avaliação sucinta do comportamento da sedimentação junto de cada régua.

**Tabela 32: Resumo dos resultados do monitoramento de sedimentação em estruturas de contenção.**

| Área | Nº da régua | Avaliação da altura de sedimento acumulado (cm) | | | Análise | Status |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mínimo | Máximo | Variação | | |
| 3 | A3_R01 | 10 | 15 | 5 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Removido |
| 3 | A3_R02 | 0 | 0 | 0 | Obra no local removeu a régua | Removido |
| 3 | A3_R03 | 1 | 3 | 2 | Instável | Removido |
| 3 | A3_R05 | 0 | 10 | 10 | Instável | Mantido |
| 3 | A3_R06 | 3 | 6 | 3 | Instável | Mantido |
| 3 | A3_R07 | 0 | 0 | 0 | Estável | Interrompido |
| 13 | A13_R01 | 3 | 8 | 5 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Removido |
| 13 | A13_R02 | -4 | 2 | -6 | Estável | Mantido |
| 13 | A13_R03 | 0 | 0 | 0 | Estável | Removido |
| 13 | A13_R04 | 20 | 22 | 2 | Acumulou | Interrompido |
| 13 | A13_R05 | 0 | 12 | 12 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Mantido |
| 13 | A13_R06 | 2 | 70 | 68 | Estável | Removido |
| 13 | A13_R07 | 5 | 8 | 3 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Mantido |
| 13 | A13_R08 | 6 | 10 | 4 | Instável | Interrompido |
| 13 | A13_R09 | 13,5 | 18 | 4,5 | Instável | Interrompido |
| 13 | A13_R10 | 2 | 10 | 8 | Acumulou | Interrompido |
| 20 | A20_R01 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 20 | A20_R02 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 20 | A20_R03 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 20 | A20_R04 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 11 | A11_R02 | 10 | 22 | 12 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Interrompido |
| 11 | A11_R03 | 13 | 19 | 6 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Mantido |
| 11 | A11_R04 | 13 | 24 | 11 | Régua com fuga lateral e erosão | Interrompido |
| 11 | A11_R05 | 13 | 24 | 11 | Régua com fuga lateral e erosão | Interrompido |
| 11 | A11_R06 | 20 | 26 | 6 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Interrompido |
| 11 | A11_R07 | 20 | 25 | 5 | Estável | Removido |
| 10 | A10_R01 | 8 | 14 | 6 | Regua removida por terceiros | Removido |
| 10 | A10_R02 | 5 | 6 | 1 | Com fuga | Interrompido |
| 10 | A10_R03 | 12 | 20 | 8 | Com fuga | Interrompido |
| 10 | A10_R04 | 10 | 24 | 14 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Mantido |
| 10 | A10_R05 | 0 | 10 | 10 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Mantido |
| 10 | A10_R06 | 5 | 15,5 | 10,5 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Mantido |
| 10 | A10_R07 | 0,5 | 1 | 0,5 | Estável | Mantido |
| 10 | A10_R08 | 5 | 8 | 3 | Removida por terceiros | Removido |
| 10 | A10_R09 | 1 | 22 | 21 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Mantido |
| 22 | A22_R01 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 22 | A22_R02 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 8 | A8_R01 | 5 | 13 | 8 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Mantido |

| Área | Nº da régua | Avaliação da altura de sedimento acumulado (cm) | | | Análise | Status |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mínimo | Máximo | Variação | | |
| 8 | A8_R02 | 0 | 11 | 11 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Interrompido |
| 8 | A8_R03 | 0 | 13 | 13 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Interrompido |
| 8 | A8_R04 | 5 | 12 | 7 | Nova | Mantido |
| 8 | A8_R05 | 20 | 22 | 2 | Acumulou | Removido |
| 8 | A8_R06 | 10 | 16 | 6 | Acumulou | Removido |
| 8 | A8_R07 | 3 | 7 | 4 | Com fuga | Removido |
| 8 | A8_R08 | 6 | 7 | 1 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Mantido |
| 7 | A7_R01 | 9 | 14 | 5 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Interrompido |
| 7 | A7_R02 | 34 | 38 | 4 | Instável | Interrompido |
| 7 | A7_R03 | 5 | 10 | 5 | Com fuga | Interrompido |
| 7 | A7_R04 | 0 | 1 | 1 | Estável | Interrompido |
| 7 | A7_R05 | 0 | 23 | 23 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Mantido |
| 7 | A7_R06 | 0 | 6,5 | 6,5 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Mantido |
| 7 | A7_R07 | 0 | 2 | 2 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Mantido |
| 7 | A7_R08 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 7 | A7_R09 | 0 | 1 | 1 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 7 | A7_R10 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 7 | A7_R11 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 24 | A24_R01 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 24 | A24_R02 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 24 | A24_R03 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 24 | A24_R04 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 24 | A24_R05 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 9 | A9_R01 | 10 | 15 | 5 | Acumulou | Mantido |
| 9 | A9_R02 | 10 | 20 | 10 | Acumulou, porém, com fuga lateral | Mantido |
| 9 | A9_R03 | 6 | 8 | 2 | Com fuga | Removido |
| 9 | A9_R05 | 5 | 8 | 3 | Acumulou | Mantido |
| 9 | A9_R06 | 2,5 | 4 | 1,5 | Com fuga e continua acumulando | Mantido |
| 9 | A9_R07 | 0 | 9 | 9 | Com fuga e quebrada por terceiros | Removido |
| 6 | A6_R01 | 5 | 20 | 15 | Acumulou, mas foi removida | Removido |
| 6 | A6_R02 | 3 | 6 | 3 | Instável | Interrompido |
| 6 | A6_R03 | 2 | 5 | 3 | Instável | Interrompido |
| 6 | A6_R04 | 5 | 10 | 5 | Instável | Interrompido |
| 6 | A6_R05 | 7 | 10 | 3 | Instável | Interrompido |
| 6 | A6_R06 | 5 | 10 | 5 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Interrompido |
| 6 | A6_R07 | 5 | 10 | 5 | Instável | Interrompido |
| 6 | A6_R09 | 3 | 5 | 2 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Interrompido |
| 6 | A6_R10 | 5 | 12 | 7 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Interrompido |
| 6 | A6_R11 | 5 | 15 | 10 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Interrompido |

| Área | Nº da régua | Avaliação da altura de sedimento acumulado (cm) | | | Análise | Status |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mínimo | Máximo | Variação | | |
| 6 | A6_R12 | 2 | 6 | 4 | Instável | Interrompido |
| 6 | A6_R13 | 5 | 40 | 35 | Acúmulo inicial, atualmente estável | Mantido |
| 6 | A6_R14 | 4 | 15 | 11 | Com fuga | Interrompido |
| 6 | A6_R15 | 10 | 18 | 8 | Acumulou | Mantido |
| 6 | A6_R16 | 2 | 5 | 3 | Estável | Mantido |
| 6 | A6_R17 | 5 | 10 | 5 | Com fuga | Interrompido |
| 6 | A6_R18 | 5 | 5 | 0 | Estável | Interrompido |
| 6 | A6_R19 | 0 | 10 | 10 | Acumulou, mas foi removida | Removido |
| 25 | A25_R01 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 15A | A15A_R01 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 15A | A15A_R02 | 5 | 5 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 15A | A15A_R03 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 15A | A15A_R04 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 15A | A15A_R05 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 15A | A15A_R06 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 15A | A15A_R07 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 15B | A15B_R01 | 20 | 23 | 3 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 15B | A15B_R02 | 0 | 10 | 10 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 15B | A15B_R03 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 15B | A15B_R04 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |
| 15B | A15B_R05 | 0 | 0 | 0 | Estável devido ausência de chuva | Mantido |

### 4.3.3 Discussões

#### *4.3.3.1 Estação Chuvosa*

Considerando este monitoramento apenas no período chuvoso, que se estendeu de janeiro a abril, foi verificado acúmulo de sedimentos em 65 das 69 réguas instaladas. Isto equivale a 94% das estruturas monitoradas, o que indica que as contenções contribuíram no controle de processos erosivos e na retenção de sedimentos durante as chuvas. Como o programa de monitoramento começou com as obras já em andamento, em 56 réguas (81%) a primeira observação registrada já indicava acúmulo de sedimentos, isto é, a medição inicial foi diferente de zero. Geralmente isto ocorreu porque as réguas foram implantadas em estruturas de contenção previamente construídas onde já havia acúmulo de sedimentos. Isto posto, cabe uma análise complementar considerando o acréscimo no acúmulo de sedimentos durante o período monitorado. De acordo com esta abordagem, houve acréscimo na altura de sedimentos acumulados em 59 das 69 réguas (86%).

A maior parte das estruturas (41%) apresentou acúmulo inicial de sedimentos com posterior estabilização. As principais causas deste comportamento observado podem estar associadas à conclusão das intervenções de estabilização a montante, à saturação da estrutura de retenção de sedimentos ou mesmo ao final da estação chuvosa.

É interessante notar que nos casos onde houve acúmulo significativo de sedimento, geralmente isto ocorreu de maneira concentrada no início do período de observação (ex.: A3R01, A6-R11, A8-R03, A10-R04, A10-

R05, A10-R06, A11-R04, A13-R05). Uma vez concluído o sistema de drenagem e estabelecida a cobertura vegetal nas áreas a montante, a geração de sedimentos diminui, indicando que o projeto de controle de erosão está sendo eficaz.

Outro ponto que merece destaque são as estruturas de contenção instaladas em série dentro de uma mesma canaleta de drenagem ("*check dams*"). Nestes casos, geralmente a sedimentação foi mais significativa nas estruturas de montante, ou seja, quanto mais a jusante menor a quantidade de sedimentos sendo carreada. Isto indica que as estruturas estão sendo efetivas em minimizar o aporte de sedimentos para os rios, que são o ponto mais a jusante das drenagens das planícies. Cita-se como exemplo as réguas A6-R15 e A6-R16, que acumularam respectivamente 8 cm e 1 cm no período de 10/03/17 a 18/04/17.

Os resultados do monitoramento junto a régua A10-R05 ilustram bem as discussões acima. A régua foi instalada dentro de uma canaleta de drenagem, a montante de um retentor de sedimentos. Durante as nove primeiras semanas de monitoramento (de 03/02/17 a 06/04/17), houve um acúmulo de 10 cm de sedimentos junto da régua. Este acúmulo ocorreu concentrado (8 cm) nas duas primeiras semanas quando a vegetação ainda estava pouco desenvolvida. Com o desenvolvimento da vegetação, o acréscimo no acúmulo de sedimentos foi de apenas 2 cm nas sete semanas subsequentes. A **Figura 194** apresenta o registro das seis primeiras semanas de monitoramento da régua A10-R05, entre 03/02/17 e 16/03/17. A **Figura 195** apresenta uma vista ampliada da área monitorada também em 16/03/17. Notar como a vegetação cobriu praticamente toda a área em um período de cerca de 40 dias.

Também cabe ressaltar que a jusante da régua A10-R05 foi instalada a régua A10-R07, dentro da mesma estrutura de drenagem. A régua A10-R07 não apresentou acúmulo de sedimentos no mesmo período, indicando que a maior parte do sedimento, se não a totalidade, ficou retida a montante. Entre estas réguas existem 3 retentores de sedimentos em série.

*Figura 194: Régua A10-R05 em quatro momentos: 03/02/17 (0 cm); 16/02/17 (8 cm); 02/03/17 (8 cm); 16/03/17 (9 cm).*

*Figura 195: Vista ampliada da área onde está instalada a régua A10-R05 em 16/03/17.*

Uma quantidade relevante de réguas (28%) apresentou diminuição na altura de sedimentos em algum momento do período observado. Este comportamento inesperado foi classificado como “Instável” (16%) ou “Com Fuga” (12%) na **Tabela 14** acima. O principal motivo que pode levar à diminuição da altura de sedimentos medidos são pontos de fuga, geralmente na lateral, na base dos retentores ou entre retentores. Tais observações auxiliaram na tomada de decisão sobre ações corretivas implementadas ainda durante as obras. A **Figura 196** apresenta exemplos de pontos de fuga observados nas contenções, indicados por setas vermelhas. A foto da esquerda é da régua A7-R03 e mostra um ponto de fuga na base do retentor. A foto da direita mostra um ponto de fuga entre retentores na régua A9-R06. Geralmente, as causas para existência de pontos de fuga são a instalação inadequada do retentor de sedimentos, como por exemplo a não realização de vala de ancoragem ou falta de costura entre os retentores instalados em sequência.

*Figura 196: Exemplos de pontos de fuga de sedimentos identificados em estruturas de contenção.*

No caso das réguas classificadas como instáveis, as possíveis causas da diminuição na altura de sedimentos são: o adensamento (geralmente ocorre em estruturas que acumularam água), e ações de terceiros como desassoreamento de pontos de acumulação ou deslocamento da régua durante ações de manutenção.

Por fim, existiu durante o período chuvoso, um conjunto de 9 pontos classificados como estáveis (13%), isto é, que não mostraram qualquer variação na quantidade de sedimento acumulados. De uma maneira geral, as réguas instaladas em planícies junto de cordões de contorno se mostraram estáveis. A **Figura 197** mostra a régua A13-R03 instalada na planície M07 junto a um feixe de galhadas, em 13/01/17 e 24/03/17. Neste local não foi medido acúmulo de sedimentos apesar da área se encontrar totalmente desprovida de vegetação no início do período de monitoramento.

Este comportamento foi observado em outras planícies ou áreas planas. Mesmo nas planícies onde houve alguma variação na altura dos sedimentos (ex.: A10-R08), esta foi de no máximo 3 cm. Por este motivo, o monitoramento das réguas instaladas nas planícies foi interrompido.

*Figura 197: Régua A13-R03 instalada junto a um feixe de galhadas onde não houve acúmulo de sedimentos.*

### 4.3.3.2 Estação Seca

Durante o monitoramento na estação seca, que se estendeu de maio a setembro de 2017, foram acrescidas mais 29 réguas distribuídas nas áreas prioritárias e não prioritárias. Das 29 novas réguas instaladas, 24 (82,7%) não acumularam sedimento, resultado previamente esperado devido ao baixo volume de chuvas observado neste período. Uma régua, destas novas instaladas, foi removida (A9-R07) em função de predação por terceiros.

Ao fim da estação seca tem-se, portanto, um total de 82 réguas sendo monitoradas, sendo 54 réguas mantidas e 15 removidas das 69 instaladas durante o período chuvoso; e 28 réguas mantidas e 1 removida das 29 instaladas durante a estação seca (**Figura 198**). Deste total, 62 réguas não acumularam sedimentos durante a estação seca, o que representa 75,6% (**Figura 199**).

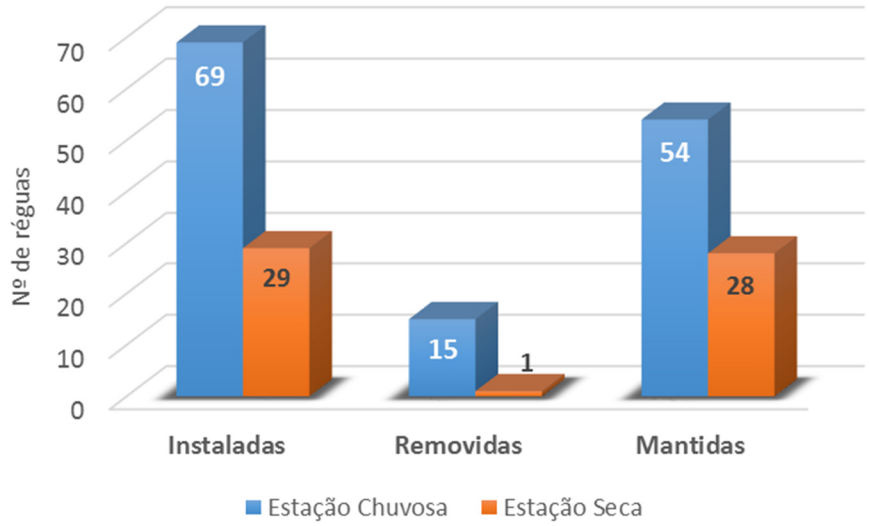



*Figura 198: Total de réguas instaladas, removidas e mantidas durante as estações chuvosa e seca de 2017.*

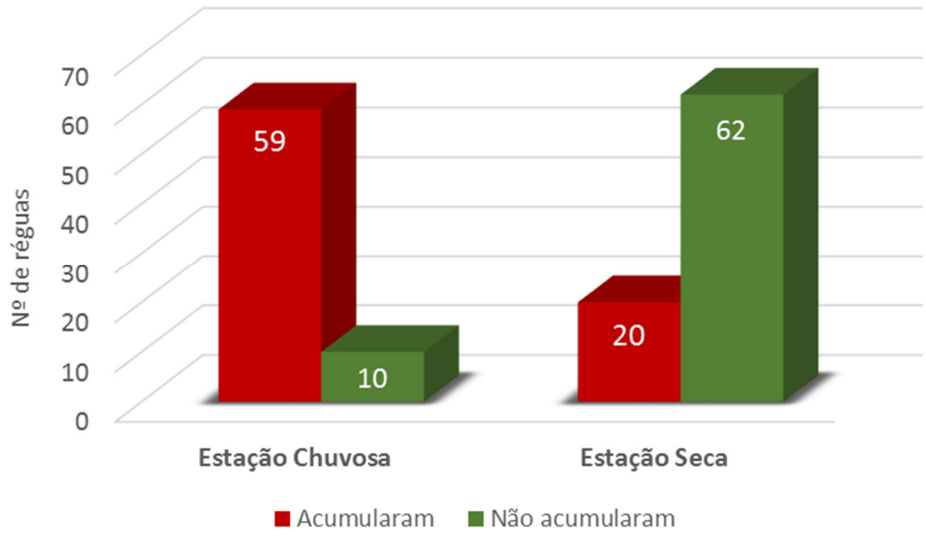



*Figura 199: Total de réguas que acumularam e não acumularam sedimentos durante as estações chuvosa e seca de 2017.*

Entretanto, é importante dar continuidade a este monitoramento durante a próxima estação chuvosa uma vez que os efeitos da sazonalidade foram marcantes sobre a vegetação, reduzindo áreas anteriormente cobertas por vegetação associado ao fato do manejo de algumas áreas pelos proprietários da região, que permitiram a entrada e o pastoreio de animais em áreas anteriormente estáveis sob o ponto de vista erosivo. Nestas áreas é esperado acúmulo de sedimentos em algumas estruturas de contenção com o início da próxima estação chuvosa.

Considera-se que o período crítico para o controle de erosão foi a última estação chuvosa que se encerrou em abril de 2017, uma vez que as obras de controle de erosão nas áreas prioritárias foram concluídas até meados deste ano. Como a maior parte dos resultados indicou que as estruturas se encontravam estáveis, o monitoramento passou a ocorrer com frequência mensal durante a estação seca de 2017 e poderá voltar a ser quinzenal/semanal na próxima estação chuvosa.

Considerando os resultados obtidos até o momento, verificou-se a necessidade de revisar a rede de monitoramento das estruturas de contenção de erosão visando otimizar os esforços. Durante o período de medição reportado neste relatório, 16 réguas foram removidas seja pela ação predatória de terceiros ou mesmo pela necessidade de manutenções inerentes às obras, e deixaram de ser monitoradas.

Outros pontos para os quais considerou-se a interrupção do monitoramento são aqueles de difícil acesso e os pontos que permaneceram estáveis durante todo o período monitorado. Cabe ressaltar que a interrupção do monitoramento não implica necessariamente na remoção do ponto em questão. Estes pontos poderão ser revisitados no início da próxima estação chuvosa.

O resumo da revisão da rede de monitoramento de estruturas de contenção de erosão é apresentado abaixo. A descrição ponto por ponto e do status do ponto em relação à continuidade do monitoramento está apresentada na **Tabela 32** no item **4.3.2**.

- Pontos Removidos: 16 de 98 (16,3%);
- Pontos Interrompidos: 30 de 82 (36,6%);
- Pontos Mantidos: 52 de 82 (63,4%).

## 4.4 Taxas de Erosão em Planícies de Inundação

Conhecer as perdas de solo proveniente das planícies de inundação impactadas pelo rompimento da barragem do Fundão pode auxiliar na avaliação da eficiência das intervenções prioritárias realizadas, além de fornecer subsídios para decisões acerca das melhores práticas a serem adotadas futuramente.

Diversos são os métodos indicados na literatura para se estimar as perdas de solo em uma determinada área ou bacia hidrográfica, métodos estes que consideram diferentes condições regionais e climáticas, sendo alguns deles específicos para determinadas condições. Segundo Carvalho (2008) uma forma de obter a taxa de erosão é pela colocação de coletores apropriados em posições adequadas para retenção de todo o sedimento das áreas em estudo, sendo usado para a determinação de parâmetros de equações.

Visando a melhoria do processo de obtenção destes parâmetros associado ao então incipiente conhecimento do comportamento dos rejeitos frente aos processos erosivos, a equipe de engenharia da Golder desenvolveu um sistema de caçambas basculantes capaz de otimizar a aquisição de dados de vazão de escoamento superficial e correlacioná-los, de maneira mais fidedigna, à intensidade dos eventos pluviométricos, Os dados obtidos por este equipamento permitirão aferir fatores importantes da equação de perda de solo adotada neste trabalho.

### 4.4.1 Objetivos

O monitoramento das taxas de erosão em planícies de inundação tem como objetivo final permitir a avaliação da efetividade das intervenções realizadas nestes locais visando o controle dos processos erosivos.

Os objetivos específicos deste subprograma são:

- Quantificar a perda de solo nas planícies de inundação das áreas impactadas;
- Estimar os fatores da equação universal de perda de solo;
- Determinar as taxas de erosão para os diferentes tipos de tratamentos aplicados nas planícies de inundação; e
- Quantificar a redução nas taxas de erosão proporcionada pelas intervenções realizadas.

### 4.4.2 Metodologia

A metodologia do subprograma de monitoramento de taxas de erosão consiste basicamente na construção de parcelas de solo instrumentadas, onde são medidos os parâmetros: precipitação, escoamento superficial e sólidos carreados no escoamento (erosão). As parcelas receberam diferentes tipos tratamentos de superfície (ex.: semeio manual, hidrossemeadura, biomantas antierosivas, retentores de sedimentos, solo exposto), de modo que é possível comparar a efetividade das intervenções na mitigação dos processos erosivos.

#### *4.4.2.1 Parcelas de Monitoramento*

As parcelas de monitoramento possuem formato retangular com dimensões aproximadas de 25 x 5 m. Possuem declividade na direção de um único ponto no qual todo o escoamento superficial da parcela é coletado e direcionado por meio de uma tubulação para uma caçamba basculante.

A caçamba basculante é um equipamento capaz de medir e registrar o fluxo do escoamento superficial. Cada equipamento possui dois conjuntos de caçambas de volumes conhecidos e é dotado de contadores que registram cada vez que as caçambas se enchem e basculam o volume.

Parte do fluxo contendo sedimentos que passa pela caçamba basculante é direcionada para uma caixa de coleta. Nessas caixas, são coletadas amostras do escoamento contendo os sedimentos carreados das parcelas. A coleta de amostras é feita após cada evento chuvoso e inclui a completa homogeneização do material contido na caixa (água e sedimentos). Em cada coleta de material são retiradas três alíquotas de 750 mL.

As alíquotas são então encaminhadas ao laboratório do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFMG para determinação dos parâmetros sólidos totais (ST), sólidos suspensos totais (SST) e granulometria. A partir do volume de escoamento, da concentração média de sedimentos totais e da área de cada parcela, é possível calcular as taxas de erosão (em $kg.m^{-2}.ano^{-1}$) em função das chuvas e para os diferentes tratamentos.

A comparação das taxas de erosão dos diferentes tipos de tratamento com as taxas de erosão das parcelas controle (sem tratamento) permitem avaliar a efetividade dos tratamentos na minimização dos processos erosivos.

Em cada conjunto de parcelas foram instalados pluviômetros dotados de *dataloggers*. Desta maneira é possível obter o registro das chuvas (incluindo informação do volume de precipitação associado ao tempo) e compará-los com o registro do escoamento proveniente de cada parcela de monitoramento.

A **Figura 200** apresenta um modelo esquemático da parcela proposta para o monitoramento do controle de erosão:

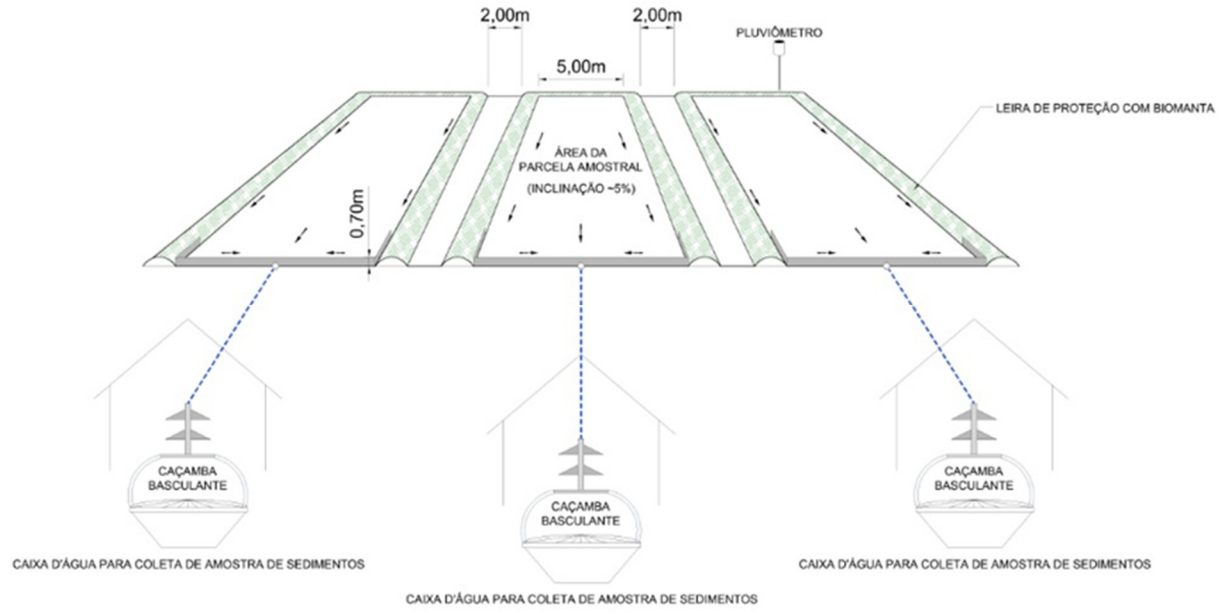



*Figura 200: Modelo esquemático da parcela proposta para o monitoramento das taxas de erosão.*

## Tratamentos das Parcelas

Diferentes técnicas de controle de erosão e revegetação foram adotadas ao longo das áreas prioritárias as quais se constituíram nos tratamentos aplicados nas parcelas de monitoramento. Tratamentos controle, ou seja, parcelas com rejeito exposto, também foram empregados sob as mesmas condições com o objetivo de comparar a eficácia daqueles tratamentos. Os tratamentos aplicados são descritos abaixo:

1) **Tratamento 1** - Coveamento + adubação + semeio manual + retentores de sedimentos;

2) **Tratamento 2** - Coveamento + hidrossemeadura;

3) **Tratamento 3** - Coveamento + adubação + semeio manual;

4) **Tratamento 4** - Coveamento + adubação + semeio manual + aplicação de biomantas antierosivas.

Cada um dos tratamentos foi aplicado em 3 repetições como forma de reduzir efeitos do ambiente e/ou externos que possam influenciar na qualidade dos dados coletados.

## Construção das Parcelas

Nas planícies de inundação impactadas pela deposição de material oriundo do rompimento da barragem do Fundão foram implantados três conjuntos de parcelas de monitoramento de erosão, a saber:

- Ponte do Gama (área prioritária 10): 4 parcelas sendo 3 repetições do tratamento do tipo 4 (coveamento + adubação + semeio manual + aplicação de biomanta antierosiva) e uma parcela sem revestimento (rejeito exposto). A coleta de dados na área prioritária 10 se iniciou em abril de 2017
- Pedras (área prioritária 7): foram construídas 7 parcelas, sendo 3 repetições do tratamento tipo 3 (coveamento + adubação + semeio manual), 3 repetições do tratamento tipo 2 (coveamento + hidrossemeadura), e 1 parcela controle sem tratamento (rejeito exposto). A coleta de dados na área prioritária 7 se iniciou em maio de 2017;
- Barra Longa (área prioritária 15): foram construídas 4 parcelas e o tratamento aplicado foi o tipo 1 (coveamento + adubação + semeio manual + aplicação de retentores de sedimento). O tratamento foi aplicado em 3 das 4 parcelas e 1 parcela permaneceu sem revestimento (rejeito exposto). A coleta de dados na área prioritária 15 se iniciou em março de 2017.

O mapa com a localização destas parcelas de monitoramento está apresentado no **Anexo F.**

Cabe ressaltar que a seleção de áreas é um processo complexo que inclui não apenas uma análise criteriosa do ponto de vista técnico, considerando o tamanho das áreas e topografia favorável, mas também a obtenção de autorização de construção por parte de proprietários.

O processo construtivo consiste na locação das parcelas, limpeza do terreno e conformação da planície com equipamentos de terraplenagem. As dimensões e declividade são garantidas por meio de acompanhamento topográfico e de medições realizadas com trena e inclinômetro manual. As parcelas são delimitadas por meio de leiras com 70 cm de altura e taludes 1,5H:1V, revestidas com biomanta.

## Área Prioritária 10

As **Figura 201** a **Figura 206** a seguir mostram as etapas construtivas das parcelas de monitoramento na área prioritária 10.

*Figura 201: Conformação da planície para construção das parcelas de monitoramento da área 10.*

*Figura 202: Vista geral da construção das parcelas de monitoramento na área 10.*

*Figura 203: Conferência da declividade com inclinômetro manual.*

*Figura 204: Acompanhamento topográfico da construção das parcelas.*

*Figura 205: Aplicação do revestimento nas parcelas (adubação, semeio manual e biomanta de palha).*

*Figura 206: Vista do crescimento da vegetação em duas parcelas.*

## Área Prioritária 7

A **Figura 207** a **Figura 212** a seguir ilustram o processo construtivo das parcelas e a **Figura 213** apresenta uma visão geral das parcelas da área prioritária 7.

*Figura 207: Construção das parcelas na área prioritária 7.*

*Figura 208: Levantamento topográfico das parcelas.*

*Figura 209: Conferência das medidas das parcelas com trena.*

*Figura 210: Vista Geral das parcelas da área prioritária 7.*

*Figura 211: Detalhe das leiras revestidas com biomantas.*

*Figura 212: Chapas metálicas para direcionamento de fluxo instaladas na saída das parcelas.*

*Figura 213: Vista geral das parcelas de monitoramento de taxas de erosão da área 7.*

## Área Prioritária 15

As figuras a seguir apresentam respectivamente: o detalhe do tratamento aplicado nas parcelas (**Figura 214**), detalhes de escavação para sistema de coleta (**Figura 215**) e detalhe de sistema de direcionamento do escoamento superficial (**Figura 216**), detalhe da caçamba basculante e caixa para coleta de sedimentos (**Figura 217**), homogeneização do material coletado nas caixas d'água para amostragem (**Figura 218**) e a amostragem de alíquotas para envio ao laboratório para determinação dos parâmetros SST e granulometria (**Figura 219**).

A **Figura 220** apresenta uma visão geral das parcelas de monitoramento da área 15 com todos os equipamentos instalados.

*Figura 214: Detalhe do tratamento da parcela com retentores de sedimento, adubação e semeio manual.*

*Figura 215: Escavação para instalação do sistema de direcionamento e captação do escoamento superficial*

*Figura 216: Detalhe de instalação da chapa metálica para direcionamento do escoamento superficial*

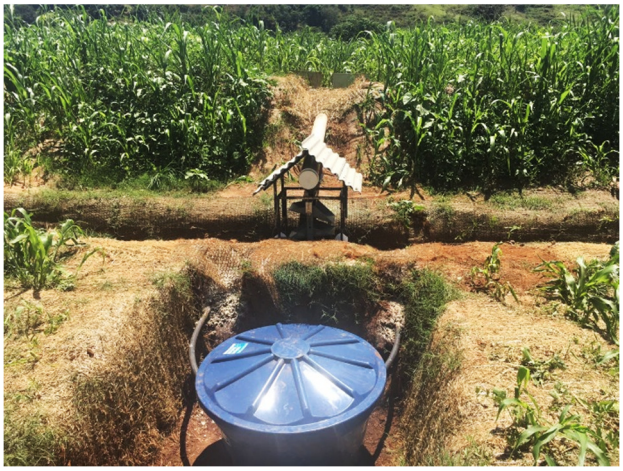


*Figura 217: Detalhe da caçamba basculante e caixa para coleta de sedimentos.*

*Figura 218: Homogeneização do material coletado para amostragem.*

*Figura 219: Amostragem de alíquotas para envio ao laboratório.*

*Figura 220: Visão geral das parcelas de monitoramento de taxas de erosão na área prioritária 15.*

### 4.4.2.2 Equação Universal de Perdas de Solo

A fórmula geralmente empregada para a avaliação de taxas de erosão em termos médios anuais é a Equação Universal de Perdas de Solo, conhecida como USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Foi estabelecida com base em dados estudados em mais de 10.000 lotes, com distintas características de clima, solo, relevo e cultivo, de dimensões reduzidas e, portanto, submetidos a processos de erosão hídrica superficial do tipo laminar (CARVALHO, 2008).

A equação e seus respectivos fatores são descritos abaixo:

**A = R · K · L · S · C · P**

Onde:

A = perda de solo por unidade de área e tempo, em ton/ha;

R = fator de erosividade da chuva, que expressa a erosão potencial, ou poder erosivo da precipitação média anual da região, em t m/ha.mm/h;

K = fator de erodibilidade do solo que representa a capacidade do solo de sofrer erosão por uma determinada chuva, em t/ha/ (tm/ha. mm/h);

L = fator topográfico que expressa o comprimento do declive, em m;

S = fator topográfico que expressa a declividade do terreno ou grau de declive;

C = fator que expressa uso e manejo do solo e cultura;

P = fator que expressa a prática conservacionista do solo.

O fator A, resultado da equação universal da perda de solos, corresponde aos sólidos carreados pelo escoamento superficial e será calculado a partir das medições de escoamento e sólidos suspensos totais para cada evento de chuva em cada parcela.

O fator R, relativo aos eventos pluviométricos, será determinado a partir dos dados dos pluviômetros instalados em cada conjunto de parcelas.

O Fator K, relativo à erodibilidade do solo, foi calculado através da equação de Wischmeier (1971):

$$K = \frac{2.1 \times 10^{-4} (12 - OM) M^{1,14} + 3{,}25 (S - 2) + 2{,}5 (P - 3)}{100}$$

Onde:

K = fator de erodibilidade do solo em tons por acre (sistema inglês)

OM = percentual de matéria orgânica

M = função da distribuição granulométrica do material

- M = (%MS + %VFS) (100 - %CL)
- Onde: MS é o percentual de silte; VFS é o percentual de areia fina; e CL é o percentual de argila

S – estrutura do solo (adotado 2):

- 1 = grãos muito finos (Ø<1mm);
- 2 = grãos finos (1mm<Ø<2mm);
- 3 = grãos médios (2mm<Ø<10mm);
- 4 = grãos grosseiros (Ø>10mm);

P – Permeabilidade do solo (adotado 3):

- 1 = muito rápida;
- 2 = moderadamente rápida;
- 3 = moderada;

- 4 = moderadamente lenta;
- 5 = lenta;
- 6 = muito lenta.

Os fatores L e S são medidos a partir de levantamentos topográficos das áreas das parcelas.

Os fatores C e P são calculados comparando-se a taxa de erosão das parcelas tratadas com a taxa de erosão da parcela controle.

### 4.4.3 Resultados preliminares

A construção das parcelas de monitoramento foi finalizada no final da estação chuvosa de 2017. Portanto, o início da coleta de dados relativos aos processos erosivos ocorreu nos meses de março, abril e maio para as parcelas as áreas 15, 10 e 7, respectivamente.

Desta forma, até o momento foram registrados os resultados relativos a 11 eventos de precipitação sendo:

- 4 eventos nas parcelas da área prioritária 15;
- 5 eventos nas parcelas da área prioritária 10;
- 2 eventos nas parcelas da área prioritária 7.

Tendo em vista o número ainda reduzido de eventos registrados, optou-se por realizar uma análise preliminar de resultados focando apenas a redução da taxa de erosão em cada conjunto de parcelas. Neste momento não é possível realizar uma análise mais abrangente dos resultados, pois ainda não há dados relativos a uma estação chuvosa completa.

#### *4.4.3.1 Barra Longa – Área Prioritária 15*

A **Tabela 33** apresenta um resumo dos eventos registrados nas parcelas da área 15. A chuva e a intensidade máxima da precipitação em 30 minutos (I30) são obtidas através dos registros do pluviômetro. A erosão na parcela controle é calculada multiplicando-se o volume escoado na parcela controle pela concentração de sólidos totais no escoamento da mesma. De forma análoga, calcula-se a erosão nas parcelas tratadas. A redução da erosão proporcionada pelo tratamento é calculada como a diferença entre a erosão na parcela controle e a média da erosão nas parcelas tratadas dividida pela erosão na parcela controle

Notar que o evento 1 (chuva de 100,0 mm ocorrida em 19/03/17) se destaca em relação aos demais pela maior magnitude. Além de gerar maior perda de solo (erosão) do que os demais eventos, a redução da erosão proporcionada pelos tratamentos foi menor neste evento, 68% de redução contra mais de 90% nos outros casos.

**Tabela 33: Resumo dos eventos registrados nas parcelas de monitoramento de erosão da área prioritária 15.**

| Evento | Data | Chuva (mm) | I30 (mm/h) | Erosão na parcela controle (t/ha) | Média da erosão nas parcelas tratadas (t/ha) | Redução da erosão |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 19/03/17 | 100,0 | 22,4 | 11,16 | 3,60 | 68% |
| 2 | 28/03/17 | 35,5 | 6,4 | 0,46 | 0,01 | 98% |

| Evento | Data | Chuva (mm) | I30 (mm/h) | Erosão na parcela controle (t/ha) | Média da erosão nas parcelas tratadas (t/ha) | Redução da erosão |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 27/04/17 | 18,3 | 16,5 | 0,55 | 0,03 | 94% |
| 4 | 22/05/17 | 22,1 | 20,8 | 0,85 | 0,03 | 97% |

A **Figura 221** apresenta os volumes de precipitação e escoamento superficial registrados nas parcelas da área prioritária 15. A **Figura 222** apresenta a perda de solo (em t/ha) calculada para os eventos registrados na área prioritária 15. Optou-se por apresentar a perda de solo também na escala logarítmica (em kg/ha) para permitir melhor visualização dos dados, uma vez que o evento 1 gerou perdas de solo duas ordens de magnitude maiores do que os demais eventos (**Figura 223)**.

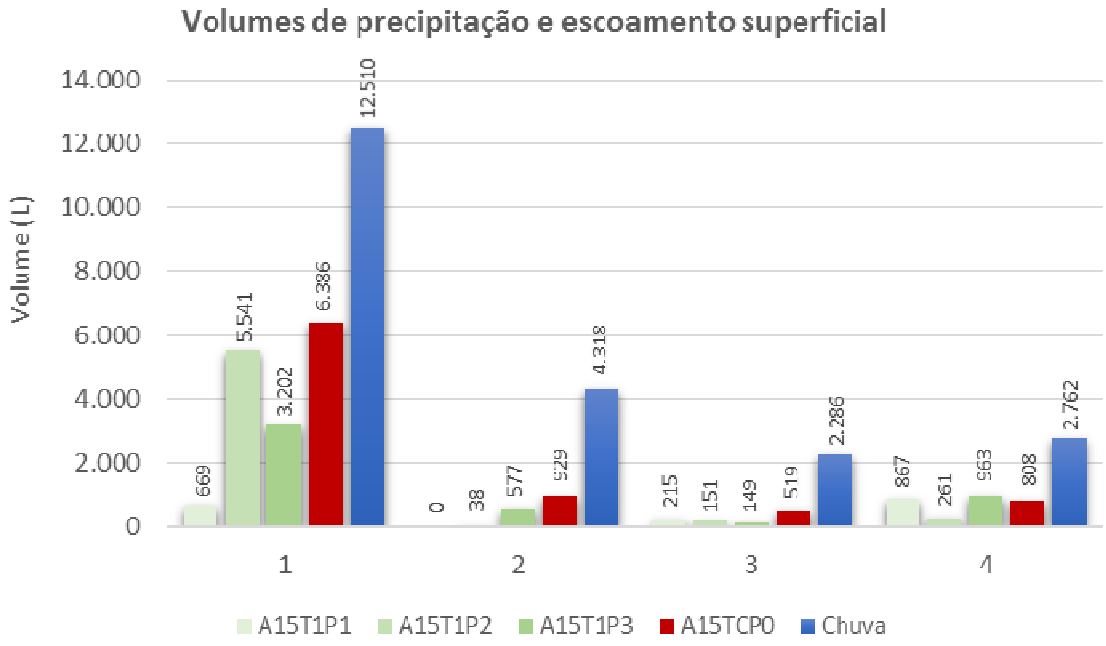



*Figura 221: Volumes de precipitação e escoamento superficial registrados nas parcelas da área prioritária 15.*

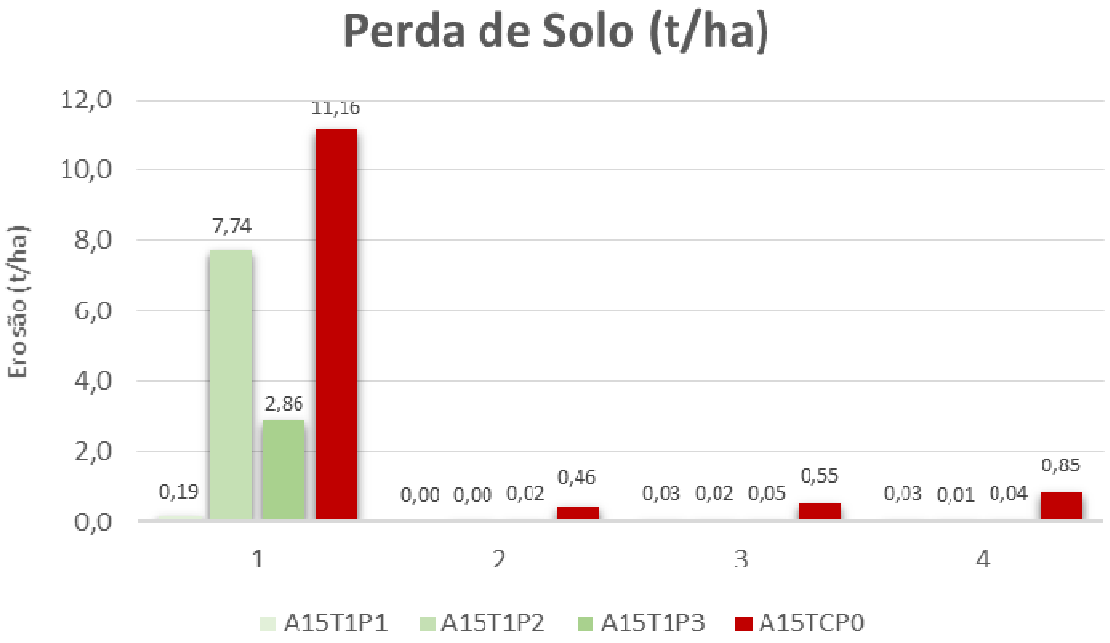



*Figura 222: Perda de solo (em t/ha) calculada nos eventos registrados na área prioritária 15.*

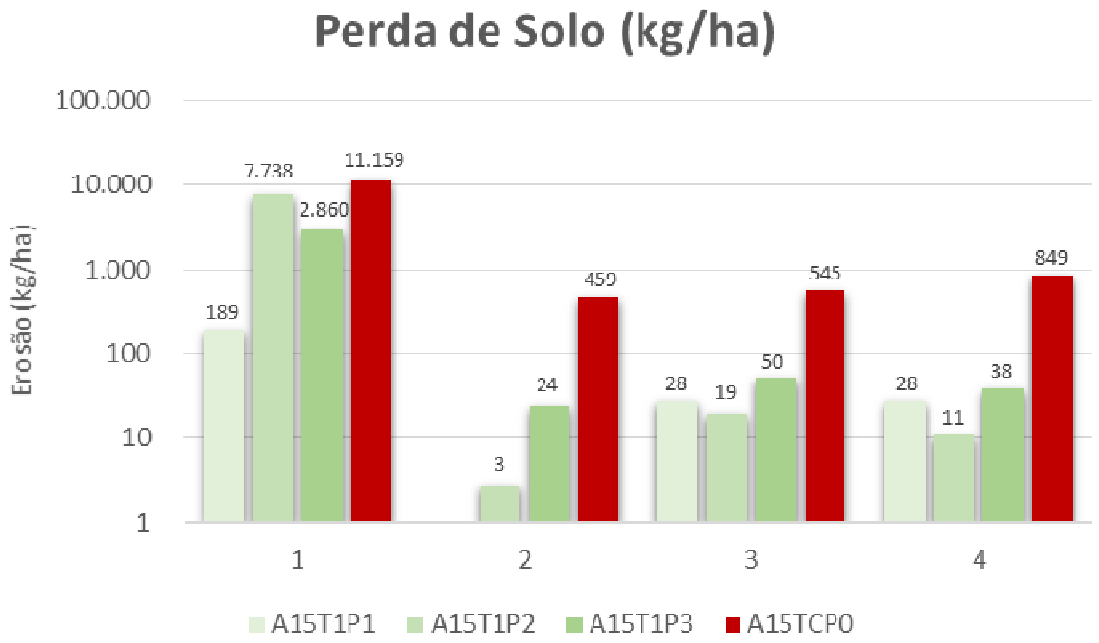



*Figura 223: Perda de solo (em kg/ha) calculada nos eventos registrados na área prioritária 15.*

### *4.4.3.2 Ponte do Gama – Área Prioritária 10*

A **Tabela 34** apresenta um resumo dos eventos registrados nas parcelas da área 10.

**Tabela 34: Resumo dos eventos registrados nas parcelas de monitoramento de erosão da área prioritária 10.**

| Evento | Data | Chuva (mm) | I30 (mm/h) | Erosão na parcela controle (t/ha) | Média da erosão nas parcelas tratadas (t/ha) | Redução da erosão |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 27/04/17 | 27,4 | 22,9 | 0,140 | 0,016 | 89% |
| 2 | 28/04/17 | 14,0 | 5,3 | 0 | 0 | N.A. |
| 3 | 19/05/17 | 10,7 | 3,6 | 0 | 0 | N.A. |
| 4 | 22/05/17 | 12,2 | 11,7 | 0,033 | 0,001 | 98% |
| 5 | 12/06/17 | 41,4 | 24,9 | 0,058 | 0,014 | 76% |

A **Figura 224** apresenta os volumes de precipitação e escoamento superficial registrados nas parcelas da área prioritária 10. A **Figura 225** apresenta a perda de solo (erosão) calculada para os eventos registrados na área prioritária 10. Notar que os eventos 2 e 3, cuja intensidade máxima (I30) foi inferior a 10 mm/h, não geraram erosão quantificável. A redução da erosão proporcionada pelos tratamentos aplicados nas parcelas foi superior a 75%.

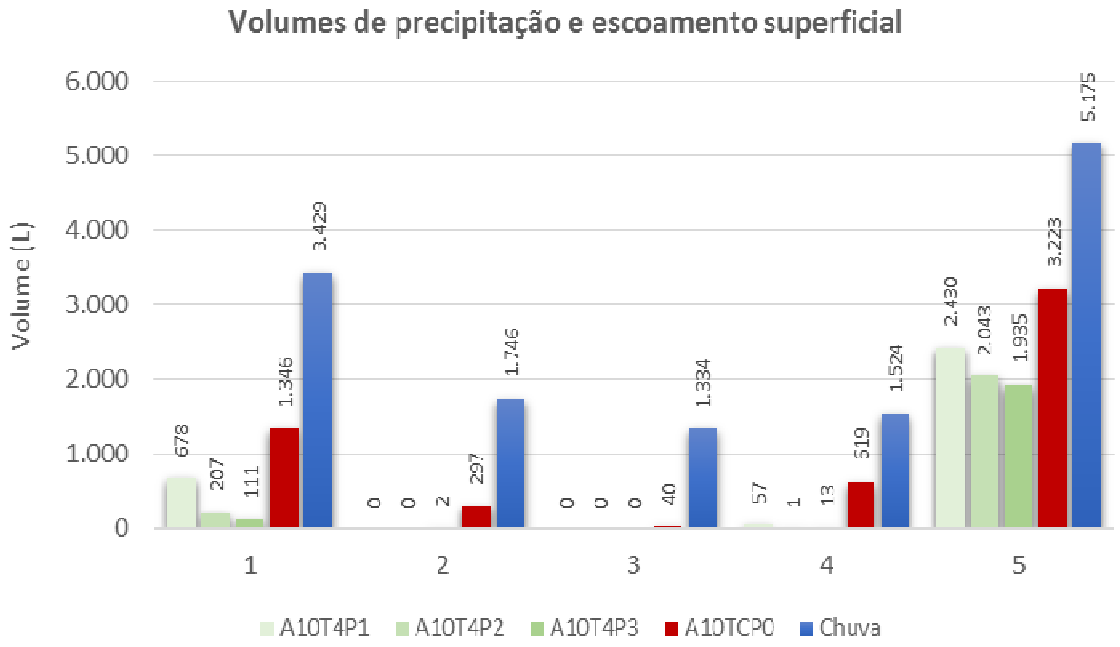



*Figura 224: Volumes de precipitação e escoamento superficial registrados nas parcelas da área prioritária 10.*

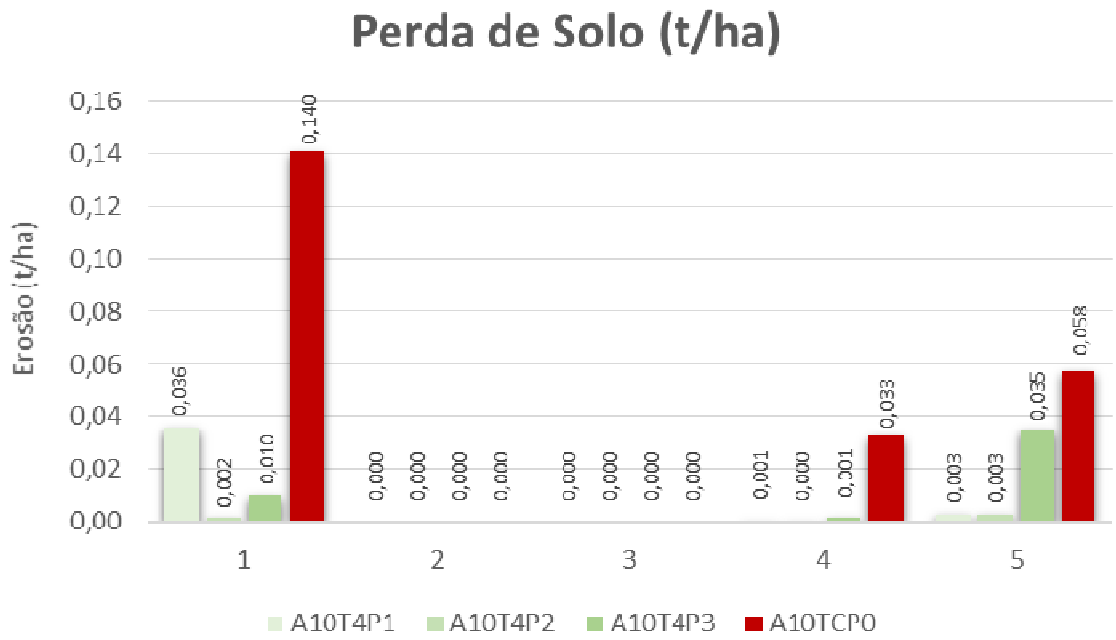



*Figura 225: Perda de solo (em t/ha) calculada nos eventos registrados na área prioritária 10.*

### *4.4.3.3 Pedras – Área Prioritária 7*

A **Tabela 35** apresenta um resumo dos eventos registrados nas parcelas da área 7. A **Figura 226** apresenta os volumes de precipitação e escoamento superficial registrados nas parcelas da área prioritária 10. A **Figura 227** apresenta a perda de solo (erosão) calculada para os eventos registrados na área prioritária 10.

Notar que, diferentemente do observado nas áreas 15 e 7, não houve redução da erosão nas parcelas tratadas em relação à parcela controle na primeira chuva, resultado não esperado. Os dados mostram que o escoamento medido na parcela controle da área 7 foi menor do que nas áreas tratadas, como pode ser visualizado na **Figura 226**. Na chuva de 22/05/17, o escoamento da parcela controle foi de 219 L, enquanto que a média nas parcelas tratadas foi de 984 L.

Após a chuva de 22/05/17, foi observada em campo uma erosão na base do sistema de coleta de escoamento superficial da parcela controle. A erosão gerou pontos de fuga para o escoamento superficial, de modo que nem todo o volume escoado da parcela foi coletado e registrado pela caçamba (**Figura 228**). Foi realizada uma tentativa de correção do problema com preenchimento da erosão com calda de cimento (**Figura 229**). No evento seguinte em 12/06/17, o escoamento superficial na parcela controle ainda foi inferior (117 L) à média nas demais parcelas (158 L), porém a diferença foi menor. Esta situação permanece em observação para que medidas corretivas adicionais sejam tomadas futuramente, caso necessário.

**Tabela 35: Resumo dos eventos registrados nas parcelas de monitoramento de erosão da área prioritária 7.**

| Evento | Data | Chuva (mm) | I30 (mm/h) | Erosão na parcela controle (t/ha) | Média da erosão nas parcelas tratadas T2 (t/ha) | Redução da erosão com tratamento T2 | Média da erosão nas parcelas tratadas T3 (t/ha) | Redução da erosão com tratamento T3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 22/05/17 | 20,1 | 19,8 | 0,084 | 0,311 | -270% | 0,160 | -90% |
| 2 | 12/06/17 | 16,3 | 7,6 | 0,035 | 0,035 | 0% | 0,013 | 64% |

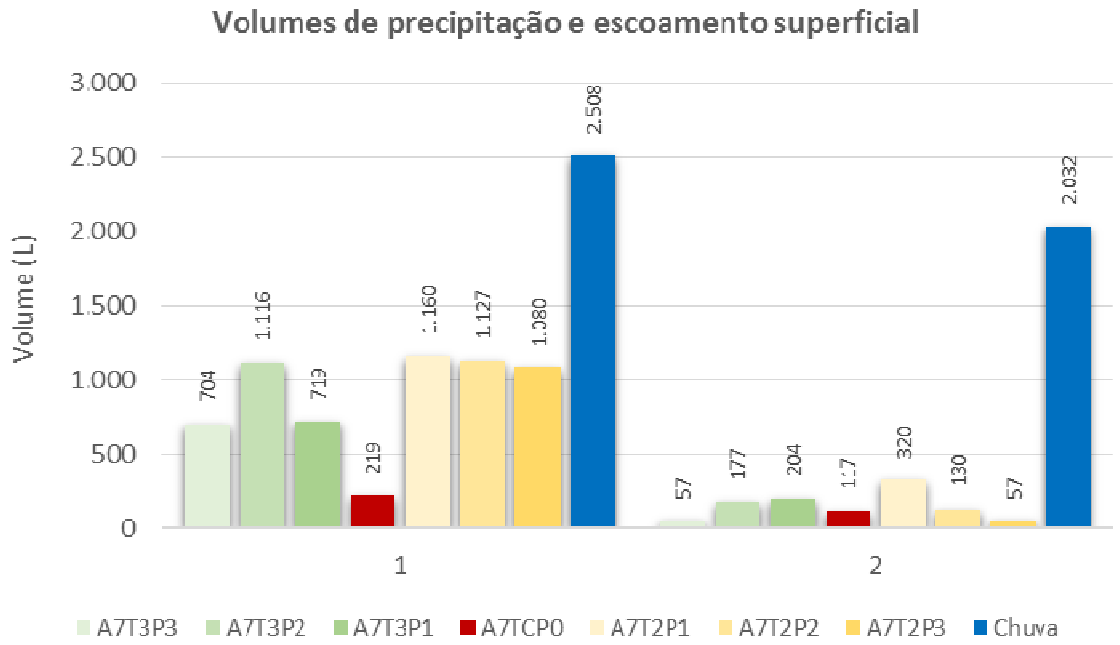



*Figura 226: Volumes de precipitação e escoamento superficial registrados nas parcelas da área prioritária 7.*

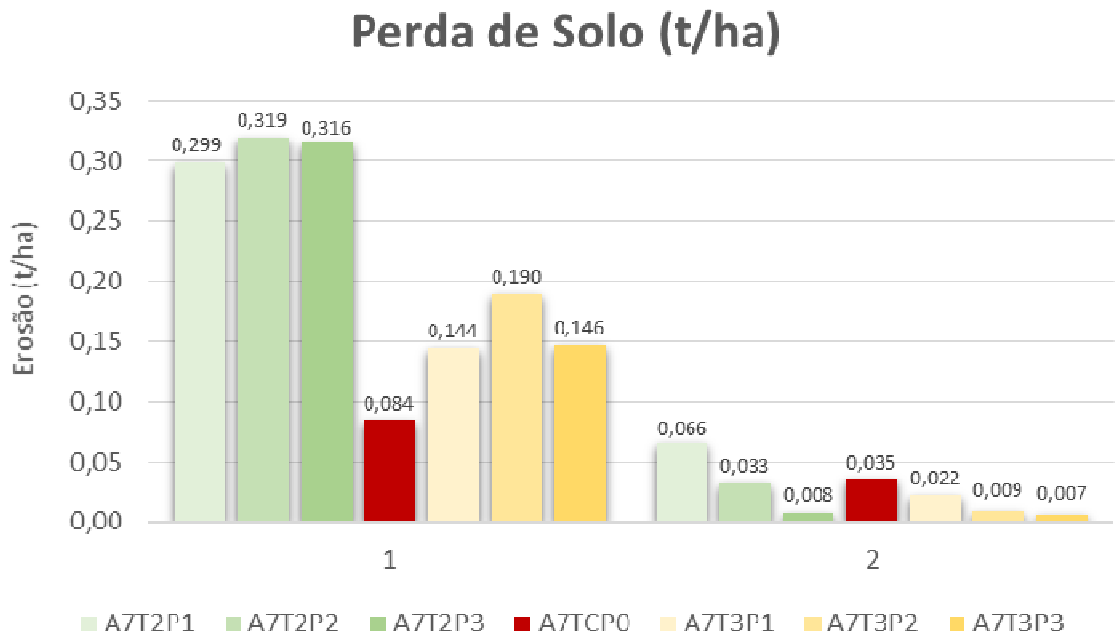



*Figura 227: Perda de solo (em t/ha) calculada nos eventos registrados na área prioritária 7.*

*Figura 228: Erosão na parcela controle da área prioritária 7 observada após a chuva de 22/05/17.*

*Figura 229: Preenchimento da erosão da parcela controle da área prioritária 7 com calda de cimento.*

### 4.4.4 Discussão

De maneira geral, os resultados obtidos até o momento indicam que os tratamentos aplicados nas planícies de inundação são efetivos no controle dos processos erosivos. Salvo no caso específico da área prioritária 7, onde ocorreu falha na medição do escoamento superficial, houve redução substancial na perda de solo das parcelas tratadas em comparação com as parcelas controle. Em alguns casos, a diminuição na perda de solo proporcionada pelos tratamentos foi da ordem de 90% ou mais.

O conjunto de dados ainda é pequeno e pouco robusto para permitir extrapolações para toda área impactada ou mesmo comparações das taxas de erosão obtidas nas parcelas com valores de literatura. Considera-se necessário no mínimo um ano de coleta de dados para permitir este tipo de análise.

Nesse contexto a continuidade do monitoramento de taxas de erosão é fundamental para melhorar o conhecimento do tema e dar robustez ao conjunto de dados.

Cabe ressaltar ainda que, como em todo experimento científico realizado em condições campo, existe uma curva de aprendizado na aplicação do método para a condição local específica. As atividades realizadas até o momento serviram para validar o método, identificar pontos de atenção e adequar procedimentos à realidade local. Nesse contexto, foi realizada a validação do melhor método analítico para a quantificação dos sólidos totais em suspensão e determinação da curva granulométrica do material carreado. Outro exemplo são as calibrações periódicas das caçambas e manutenção nos equipamentos para garantir o seu funcionamento adequado.

# 5.0 MONITORAMENTO DE TURBIDEZ EM TRIBUTÁRIOS E RIOS PRINCIPAIS

## 5.1 Contextualização

Entre 26 de julho de 2016 e 31 de agosto de 2017, amostras de qualidade de água foram coletadas em 10 tributários afetados pelo rompimento da barragem de Fundão. Os 10 tributários estão localizados nas sub-bacias dos rios Gualaxo do Norte e do Carmo, entre a mina da Samarco até a confluência com o rio Piranga, Dois pontos de amostragem foram definidos em cada tributário, um a montante do trecho afetado pelo rompimento (denominado como Ponto Montante) e outro ponto situado no trecho afetado (denominado como Ponto Jusante), conforme indicado pela **Figura 230.** Um tributário que não sofreu intervenções e outro com monitoramento realizado apenas antes das obras foram utilizados como controle para comparação com os tributários que sofreram intervenções. As amostras foram analisadas quanto aos parâmetros turbidez e sólidos em suspensão totais (SST).

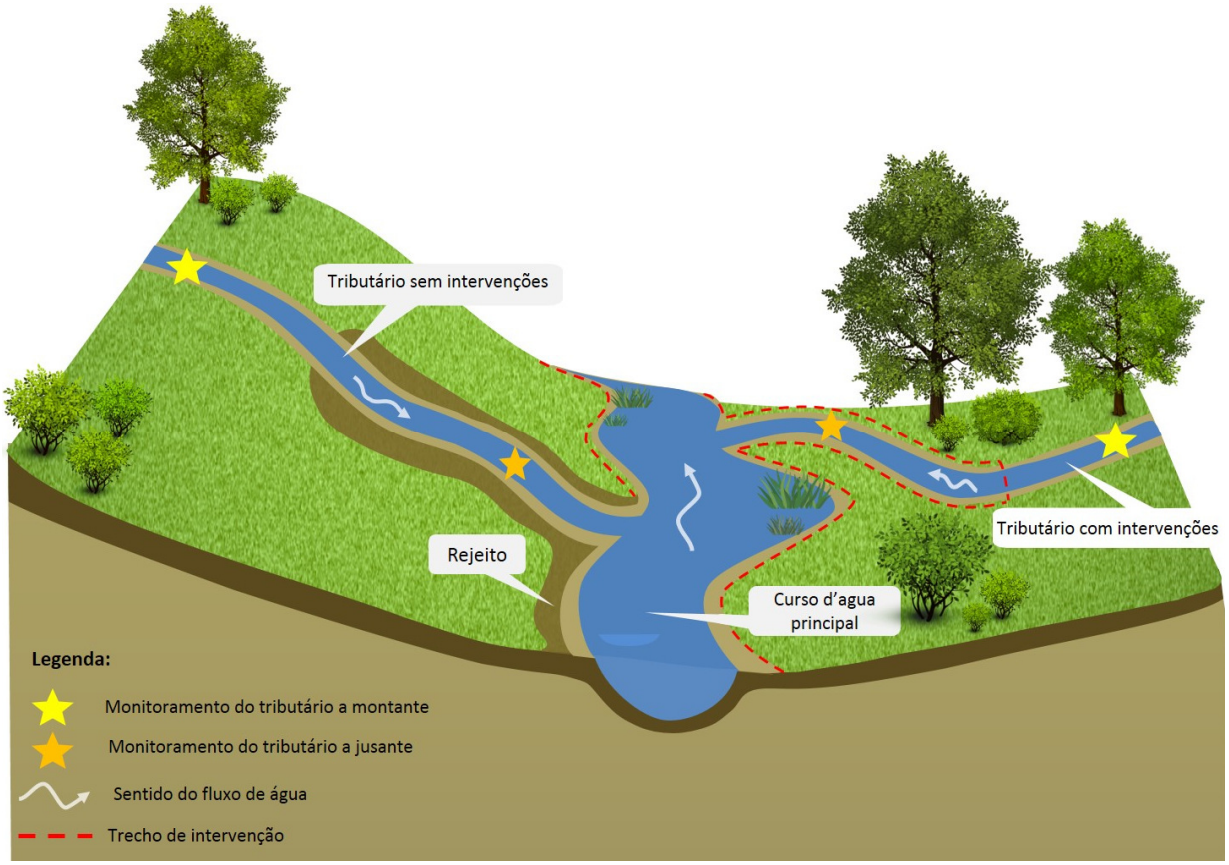



*Figura 230: Figura esquemática da localização dos pontos de amostragem de turbidez e SST nos tributários.*

Os tributários monitorados estão listados na **Figura 231** à **Figura 233**e na **Tabela 36.** Ao todo, 18 tributários já foram monitorados, dentre os quais estão incluídos tributários que foram alvo de obras de recuperação e um tributário no qual não foram realizadas intervenções (i.e., TG16), servindo como controle. Os pontos de amostragem por tributário são apresentados nas mesmas figuras e suas coordenadas na **Tabela 36**. Após o início do monitoramento, dois tributários (i.e., TC02 e TG34) foram monitorados de julho a setembro de 2016 e, posteriormente, os mesmos foram substituídos pelos tributários TG03 e TG53A.

Em janeiro de 2017, por solicitação da Fundação Renova, a Golder estabeleceu os critérios listados a seguir, nessa ordem, para seleção dos tributários a serem monitorados, a saber:

1) Tipo de intervenção realizada (i.e., comprimento e tipo de projeto de intervenção);

2) Facilidade de acesso ao tributário e aos pontos de coleta;

3) Status da obra no tributário (obras não iniciadas tiveram preferência sobre obras em andamento que, por sua vez, têm preferência sobre obras concluídas);

4) Vazão de projeto do tributário;

5) Tributários já sendo monitorados.

Dessa forma, a partir de 16 de janeiro de 2017, o monitoramento foi retomado no TC02 e iniciado no TC05, TG16 e TG48. Enquanto isso, o monitoramento foi interrompido nos tributários TG03, TG10, TG36, TG53A e TG55. O monitoramento diário de turbidez nesses tributários, por iniciativa da Fundação Renova, se estendeu então até 30 de junho de 2017.

Uma vez que o Programa de Monitoramento Quali-quantitativo da Água e Sedimentos do Rio Doce (PMQQS) ainda não havia sido iniciado, o monitoramento voluntário dos tributários foi retomado em 31 de julho de 2017, porém com uma configuração alternativa. Com o objetivo principal de manter o monitoramento de turbidez nos tributários e expandir a malha amostral para os cursos de água principais (i.e., rio Gualaxo do Norte e rio do Carmo), o monitoramento sofreu as seguintes alterações listadas abaixo, sem alterar de forma significativa o esforço amostral:

- Aumento do número de pontos de amostragem (i.e., de 20 pontos para 41 pontos);
- Diminuição da frequência de monitoramento em cada ponto de amostragem (i.e., de frequência diária passou-se à frequência semanal);
- Integração com outros programas de monitoramento em andamento ou sob responsabilidade da Fundação Renova.

Os pontos de amostragem situados nos rios principais estão apresentados na **Tabela 37**, com as respectivas coordenadas indicadas.

Cabe ressaltar que o monitoramento de qualidade de água realizado pela Fundação Renova até o momento é de cunho voluntário e não possui a mesma abrangência do PMQQS (i.e., em termos de número de pontos de amostragem, frequência e parâmetros físicos, químicos e biológicos). O monitoramento de turbidez, no formato recente, está programado para se estender até o final de outubro de 2017.

664000 666000 667500 669000 670500 672000 673500 675000 676500 678000

7763000 7762000 7760500 7759000 7757000 7756000

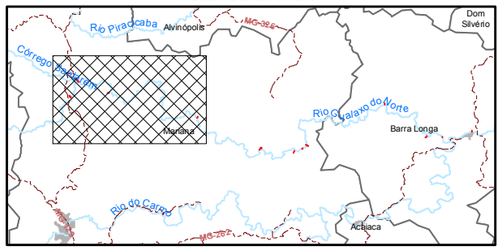
Córrego Santarém
Córrego Mirandinha
Córrego Camarão
Rio Gualaxo do Norte

TG03 / TUR-106
TG03
A3TG03
TG03 / TUR-107
A3TG02
A3M
TG10-J / TUR-85
TG10
TG10-M / TUR-84
TG11
A13M
TG11-J
TG11-M
A11M
TG16-M / TUR-116
TG16
TG16-J / TUR-117
TG18-M / TUR-86
TG18
A10J
TG18-J / TUR-87
TG20-J
TG20
TG20-M
A10M

## LEGENDA

- Ponto de monitoramento
- Tributário monitorado
- Tributários afetados

### ÁREA DE ESTUDO




### LOCALIZAÇÃO

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 500 1.000 2.000 m

ESCALA GRÁFICA

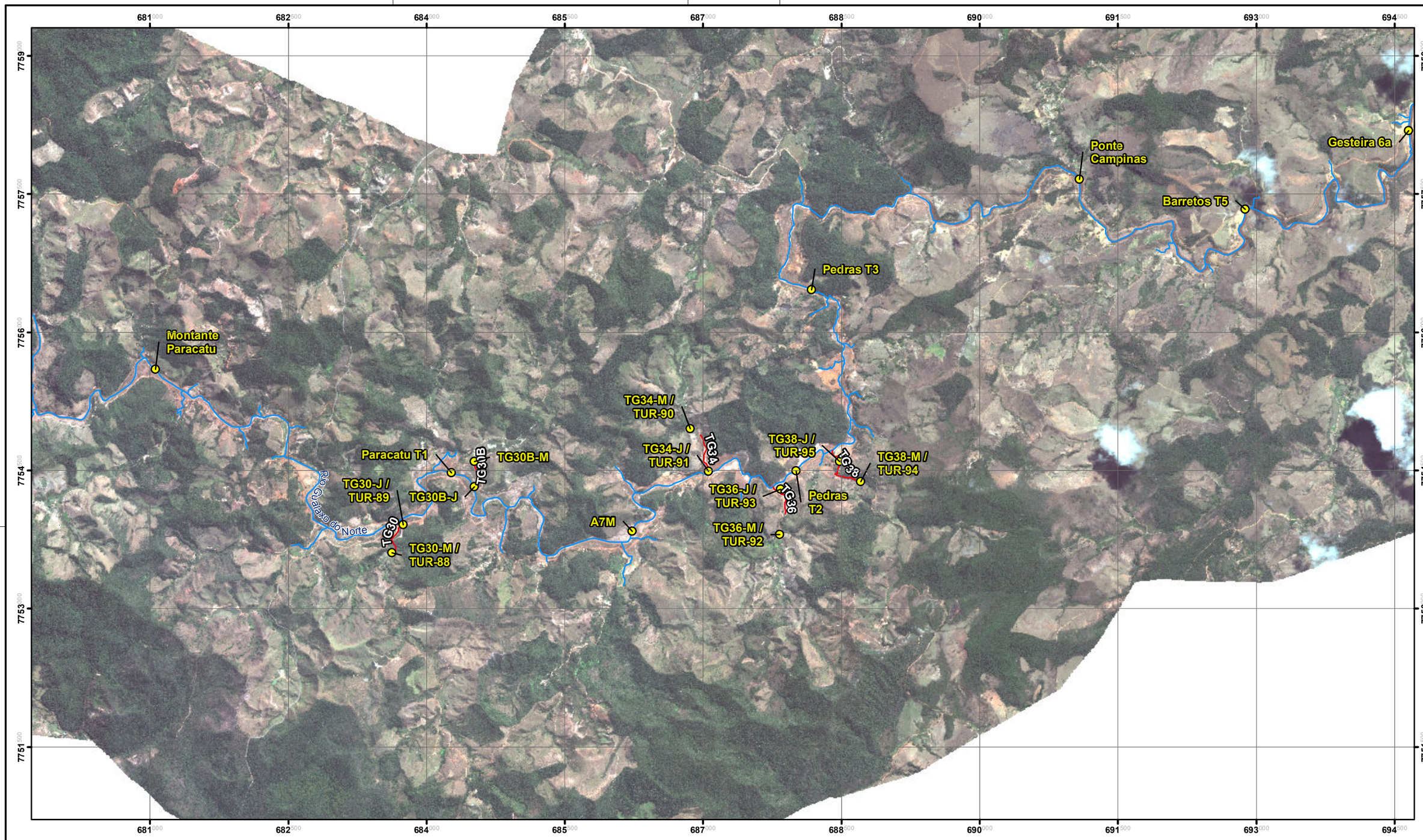
PROJETO:
**ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

TÍTULO:
**LOCALIZAÇÃO DOS TRIBUTÁRIOS TG03, TG10, TG11, TG16, TG18 E TG20 MONITORADOS PELA FUNDAÇÃO RENOVA DURANTE O PERÍODO DE 26 DE JULHO DE 2016 A 31 DE AGOSTO 2017**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:40.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | mtaguiar | out/2017 | **Figura 1** |
| REV | HDuarte | 00 | |

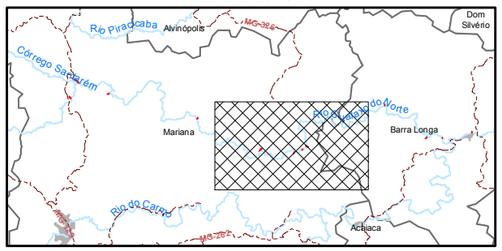
Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_fisico\monitoramento_agua\Monit_Samarco_tributarios_01_A3v2.mxd




**LEGENDA**

- Ponto de monitoramento
- Tributário monitorado
- Tributários afetados

**ÁREA DE ESTUDO**




**LOCALIZAÇÃO**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 500 1.000 2.000 m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:
**ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

TÍTULO:
**LOCALIZAÇÃO DOS TRIBUTÁRIOS TG30, TG30B, TG34, TG36 E TG38 MONITORADOS PELA FUNDAÇÃO RENOVA DURANTE O PERÍODO DE 26 DE JULHO DE 2016 A 31 DE AGOSTO 2017**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | ESCALA: 1:40.000 |
|---|---|---|
| GIS | mtaguiar | out/2017 |
| REV | HDuarte | 00 |

**Figura 2**

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_22822_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_fisico\monitoramento_agua\Monit_Samarco_tributarios_02_A3v2.mxd

694 500 696 000 697 500 699 000 700 500 702 000 703 500 705 000 706 500 708 000 709 500 711 000

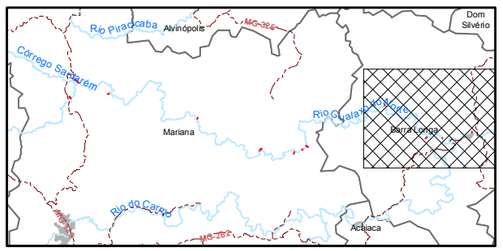
7762 500 7760 500 7759 000 7757 500 7756 000 7754 000 7753 000

TG49-M / TUR-96
TG49-J / TUR-97
TG46
Gesteira 6a
Gesteira 6b
TG48-J / TUR-119
TG48
TG48-M / TUR-118
Rio Gualaxo do Norte
TG53A-J / TUR-103
TG53A
TG56-J / TUR-98
TG56-M / TUR-99
TG56
TG55
TG53A-M / TUR-102
TG55-J / TUR-109
TG55-M / TUR-108
Rio do Carmo
Barra Longa
TC02-M / TUR-120
TUR-100
TC02
TC02-J / TUR-121
TUR-101
TC05-J / TUR-123
TC05
TC05-M / TUR-122

**LEGENDA**

- Ponto de monitoramento
- Tributário monitorado
- Tributários afetados

**ÁREA DE ESTUDO**




**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 500 1.000 2.000 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:
**ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

TÍTULO:
**LOCALIZAÇÃO DOS TRIBUTÁRIOS TG48, TG49, TG53A, TG55, TG56, TC02 E TC05 MONITORADOS PELA FUNDAÇÃO RENOVA DURANTE O PERÍODO DE 26 DE JULHO DE 2016 A 31 DE AGOSTO 2017**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:45.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | mtaguiar | out/2017 | **Figura 3** |
| REV | HDuarte | 00 | |

Document Path: S:\Sig\201512_Meio_Ambiente\159_515_22822_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_fisico\monitoramento_agua\Monit_Samarco_tributarios_03_A3v2.mxd

**Tabela 36: Informações sobre os tributários incluídos no monitoramento de qualidade de água diário desde julho de 2016.**

| Tributário | Descrição | Tipo de intervenção | Vazão de projeto[1] | Intervalo de tempo das obras | | Intervalo de tempo do monitoramento | | Coordenadas UTM[2] - Ponto Montante | | Coordenadas UTM[2] - Ponto Jusante | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Início | Fim | Início | Fim | Leste | Norte | Leste | Norte |
| TC02 | Localizado a jusante da cidade de Barra Longa, dentro da Área Prioritária 15[3] | Proteção de enrocamento no pé do talude e biomanta no restante do talude. O leito foi escavado até o terreno natural | 9,38 m³/s | 14/03/16 | 13/10/16 | 26/07/16 | 30/08/17[4] | 705046 | 7756838 | 705130 | 7756560 |
| TC05 | | Proteção de enrocamento no pé do talude e biomanta no restante do talude. Em alguns trechos, o leito foi escavado até o solo natural | 9,55 m³/s | 17/10/16 | 04/05/17 | 16/01/17 | 30/08/17 | 709984 | 7757150 | 709602 | 7757435 |
| TG03 | Localizado em Mariana, dentro da Área Prioritária 3 | Geotêxtil e enrocamento em toda a seção (proteção apoiada sobre rejeitos) | 1,46 m³/s | 13/04/16 | 27/06/16 | 30/09/16 | 30/08/17[5] | 665503 | 7759778 | 665641 | 7759666 |
| TG10 | Localizado próximo ao distrito de Camargos, dentro da Área Prioritária 13 | Proteção de enrocamento e o geotêxtil no fundo e pé do talude | 2,88 m³/s | 06/07/16 | 29/09/16 | 26/07/16 | 16/01/17 | 669297 | 7760117 | 669384 | 7760116 |
| TG11 | | Escavado até terreno natural e biomantas ou enrocamento no leito | 7,71 m³/s | 24/06/16 | 29/09/16 | 31/07/17 | 30/08/17 | 669438 | 7759514 | 669716 | 7759790 |
| TG16 | Localizado a jusante da PCH Bicas, dentro da Área Prioritária 11 | - | 4,06 m³/s | - | - | 16/01/17 | 31/08/17 | 674825 | 7761485 | 674709 | 7760284 |
| TG18 | Localizado em Mariana, dentro da Área Prioritária 10 | Proteção de enrocamento no pé do talude e biomantas no restante do talude. O leito foi escavado até o terreno natural | 9,77 m³/s | 16/05/16 | 05/08/16 | 26/07/16 | 31/08/17 | 678334 | 7758365 | 677663 | 7758003 |

| Tributário | Descrição | Tipo de intervenção | Vazão de projeto[1] | Intervalo de tempo das obras | | Intervalo de tempo do monitoramento | | Coordenadas UTM[2] - Ponto Montante | | Coordenadas UTM[2] - Ponto Jusante | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Início | Fim | Início | Fim | Leste | Norte | Leste | Norte |
| TG20 | Localizado próximo ao subdistrito de Ponte do Gama, a jusante da Área Prioritária 10 | Escavado até terreno natural e proteção de enrocamento no pé do talude e biomantas no restante do talude. Espigões implantados no leito do canal com blocos selecionados. | 5,57 m³/s | 11/05/16 | 10/08/16 | 01/08/17 | 31/08/17 | 677502 | 7757238 | 677853 | 7757303 |
| TG30 | Localizado no distrito de Paracatu, dentro da Área Prioritária 5 | Proteção de enrocamento no pé do talude e biomantas no restante do talude. O leito foi escavado até o terreno natural | 7,09 m³/s | 11/02/16 | 07/04/16 | 26/07/16 | 10/05/17 | 683623 | 7753604 | 683742 | 7753910 |
| TG30B | | Geotêxtil e enrocamento em toda a seção (proteção apoiada sobre rejeitos) | 1,99 m³/s | 09/11/16 | 23/12/16 | 01/08/17 | 31/08/17 | 684516 | 7754598 | 684516 | 7754324 |
| TG34 | Localizado no distrito de Pedras, dentro da Área Prioritária 7 | Escavado até terreno natural, enrocamento no pé do talude e biomanta no restante do talude | 5,17 m³/s | 14/06/16 | 08/08/16 | 26/07/16 | 30/08/17[6] | 686858 | 7754953 | 687056 | 7754490 |
| TG36 | | | 6,43 m³/s | 04/07/16 | 19/08/16 | 26/07/16 | 16/01/17 | 687832 | 7753805 | 687838 | 7754297 |
| TG38 | | Proteção de enrocamento no pé do talude e biomanta no restante do talude. O leito foi escavado até o terreno natural | 6,77 m³/s | 26/04/16 | 20/07/16 | 26/07/16 | 30/06/17 | 688709 | 7754380 | 688479 | 7754597 |
| TG48 | Localizado no distrito de Gesteira, dentro da Área Prioritária 6 | Escavado até terreno natural e biomanta instalada nos taludes | 5,35 m³/s | 01/04/16 | 30/05/16 | 16/01/17 | 30/08/17 | 695263 | 7757650 | 695455 | 7758288 |
| TG49 | | Proteção de enrocamento no pé do talude e trechos apenas com biomantas. O leito foi escavado até o terreno natural | 9,65 m³/s | 16/03/16 | 05/04/16 | 26/07/16 | 30/08/17 | 695029 | 7758984 | 695726 | 7759007 |

| Tributário | Descrição | Tipo de intervenção | Vazão de projeto[1] | Intervalo de tempo das obras | | Intervalo de tempo do monitoramento | | Coordenadas UTM[2] - Ponto Montante | | Coordenadas UTM[2] - Ponto Jusante | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Início | Fim | Início | Fim | Leste | Norte | Leste | Norte |
| TG53A | Localizado próximo à foz do rio Gualaxo do Norte em Barra Longa, a montante da Área Prioritária 15 | Foi escavado até terreno natural e biomanta aplicada nos taludes. | 1,09 m³/s | 07/02/17 | 10/02/17 | 09/08/16 | 16/01/17 | 700688 | 7756459 | 700600 | 7756368 |
| TG55 | | Escavado até terreno natural. Biomanta nos taludes e enrocamento no pé do talude no trecho final | 2,05 m³/s | 21/10/16 | 11/01/17 | 07/10/16 | 16/01/17 | 701375 | 7755848 | 701439 | 7755900 |
| TG56 | | Proteção de enrocamento no fundo e pé do talude e trechos apenas com biomantas | 5,03 m³/s | 01/02/16 | 16/03/16 | 26/07/16 | 30/06/17 | 701786 | 7756016 | 701818 | 7756292 |

Notas:
(1) Vazão de projeto associada ao tempo de retorno de 1 ano;
(2) Coordenada UTM (Universal Transersa de Mercator), projeção 23k e datum SIRGAS2000;
(3) As áreas prioritárias estão definidas no Plano de Recuperação Ambiental Integrado (PRAI);
(4) O monitoramento no tributário TC02 é intermitente. Durante o período de 5 de outubro de 2016 a 15 de janeiro de 2017 dados não foram coletados;
(5) O monitoramento no tributário TG03 é intermitente. Durante o período de 16 de janeiro de 2017 a 29 de julho de 2017 dados não foram coletados;
(6) O monitoramento no tributário TG34 é intermitente. Durante o período de 5 de outubro de 2016 a 30 de julho de 2017 dados não foram coletados.

**Tabela 37: Pontos de amostragem nos rios principais adicionados ao monitoramento a partir de 31 de julho de 2017.**

| Código | Descrição | Intervalo de tempo do monitoramento | | Coordenadas Geográficas (1) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Início | Fim | Leste | Norte | Zona |
| A3M | Localizado no rio Gualaxo do Norte em área afetada, a montante da Área Prioritária 3. | 31/07/17 | 30/08/17 | 664511 | 7758556 | 23k |
| A3TG02 | Localizado no rio Gualaxo do Norte dentro da Área Prioritária 3, próximo à foz do TG02. | 31/07/17 | 30/08/17 | 665016 | 7759192 | 23k |
| A3TG03 | Localizado no rio Gualaxo do Norte dentro da Área Prioritária 3, próximo à foz do TG03. | 31/07/17 | 30/08/17 | 665674 | 7759666 | 23k |
| A13M | Localizado no rio Gualaxo do Norte dentro da Área Prioritária 13, no trecho de montante da área. | 31/07/17 | 30/08/17 | 669744 | 7759814 | 23k |
| A11M | Localizado no rio Gualaxo do Norte a montante da Área Prioritária 11. | 01/08/17 | 31/08/17 | 673127 | 7761160 | 23k |
| A10M | Localizado no rio Gualaxo do Norte dentro da Área Prioritária 10, no trecho de montante da área. | 01/08/17 | 31/08/17 | 675765 | 7757487 | 23k |
| A10J | Localizado no rio Gualaxo do Norte dentro da Área Prioritária 10, no trecho de jusante da área. | 01/08/17 | 31/08/17 | 677782 | 7757724 | 23k |
| Montante Paracatu | Localizado no rio Gualaxo do Norte dentro da Área Prioritária 8, a montante do distrito de Paracatu de Baixo. | 01/08/17 | 31/08/17 | 681055 | 7755597 | 23k |
| Paracatu T1 | Localizado no rio Gualaxo do Norte dentro da Área Prioritária 5, próximo ao distrito de Paracatu de Baixo. | 01/08/17 | 31/08/17 | 684269 | 7754475 | 23k |
| A7M | Localizado no rio Gualaxo do Norte dentro da Área Prioritária 7, a jusante do distrito de Paracatu de Baixo. | 01/08/17 | 31/08/17 | 686231 | 7753837 | 23k |
| Pedras T2 | Localizado no rio Gualaxo do Norte dentro da Área Prioritária 7, a montante do distrito de Pedras. | 01/08/17 | 31/08/17 | 688007 | 7754493 | 23k |
| Pedras T3 | Localizado no rio Gualaxo do Norte dentro da Área Prioritária 7, a jusante do distrito de Pedras. | 01/08/17 | 31/08/17 | 688178 | 7756462 | 23k |

| Código | Descrição | Intervalo de tempo do monitoramento | | Coordenadas Geográficas (1) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Início | Fim | Leste | Norte | Zona |
| Ponte Campinas | Localizado no rio Gualaxo do Norte a montante da Área Prioritária 9. | 01/08/17 | 31/08/17 | 691085 | 7757663 | 23k |
| Barretos T5 | Localizado no rio Gualaxo do Norte dentro da Área Prioritária 9, próximo ao distrito de Barretos. | 01/08/17 | 31/08/17 | 692880 | 7757335 | 23k |
| Gesteira 6a | Localizado no rio Gualaxo do Norte dentro da Área Prioritária 6, a montante do distrito de Gesteira. | 01/08/17 | 31/08/17 | 694655 | 7758192 | 23k |
| Gesteira 6b | Localizado no rio Gualaxo do Norte dentro da Área Prioritária 6, próximo ao distrito de Gesteira. | 01/08/17 | 31/08/17 | 695965 | 7758811 | 23k |
| Barra Longa | Localizado no rio do Carmo dentro da Área Prioritária 15, próximo ao município de Barra Longa. | 02/08/17 | 30/08/17 | 704245 | 7756077 | 23k |

Notas:
(1) Coordenada UTM (Universal Transersa de Mercator), projeção 23k e datum SIRGAS2000.

## 5.2 Objetivos

O objetivo geral deste monitoramento é avaliar de forma sistemática a variabilidade temporal e espacial dos parâmetros de turbidez e SST nos tributários compreendidos ao longo das áreas prioritárias (i.e., nos rios Gualaxo do Norte e Carmo e tributários), entre o trecho da mina da Samarco até a UHE Risoleta Neves (i.e., Barragem Candonga), e como as atividades de recuperação têm afetado os valores de turbidez nos mesmos, entre o período de 26 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.

Complementarmente, foram reportados os resultados de turbidez nos rios principais (i.e., rio Gualaxo do Norte e rio do Carmo) obtidos a partir do monitoramento retomado em 31 de julho de 2017, com objetivo de avaliar se os efeitos das atividades de recuperação sobre a turbidez dos tributários também podem ser observados nos corpos hídricos para os quais confluem.

## 5.3 Metodologia de Análise dos Dados de Turbidez

Os dados de turbidez e SST das amostras de água coletadas nos tributários entre 26 de julho de 2016 e 31 de agosto de 2017 foram compilados (**Anexo G**) e avaliados no presente documento. Como a análise preliminar dos dados indicou que os dois parâmetros monitorados apresentam padrões de variação espacial e temporal similares e levando-se em consideração que SST tem menor tempo de monitoramento, optou-se por focar a análise dos resultados deste relatório na turbidez.

Os dados de cada ponto de amostragem situados nos tributários, a montante e a jusante da área de intervenção, foram então subdivididos em duas categorias:

- Durante as obras, quando disponível. Os tributários TG53A e TG55 são os únicos a apresentarem resultados de turbidez antes do início das obras, contudo, por intervalo de tempo muito reduzido no segundo caso, ao passo que no primeiro caso o monitoramento não permaneceu durante as obras (ver **Tabela 36**). No tributário TG16 não foram realizadas intervenções, servindo como tributário controle;
- Após conclusão das obras, quando disponível (ver **Tabela 36**).

### 5.3.1 Análise de Não Conformidade

Uma vez que os dados dos tributários foram divididos nas duas categorias, os seguintes cálculos foram realizados:

- Número total de amostras em cada ponto de amostragem;
- Número total de amostras com resultados acima do limite de quantificação (LQ);
- Número total de amostras em não conformidade com relação ao padrão de qualidade classe 2 para água doce da Resolução CONAMA 357/2005 (i.e., 100 UNT);
- Porcentagem de amostras em não conformidade com o padrão de qualidade.

O cálculo de não conformidade foi conduzido usando a seguinte equação:

$$\text{Porcentagem de amostras em não conformidade (\%)} = \frac{\text{número de amostras em não conformidade}}{\text{número total de amostras}} \cdot 100$$

Os resultados foram então avaliados com intuito de identificar padrões. Em especial, comparou-se as concentrações e os percentuais de não conformidade dos pontos localizados no trecho a jusante dos tributários após o término das obras com:

- Os resultados observados nos mesmos pontos durante as obras;
- Os resultados dos pontos localizados a montante das obras;

- Os resultados dos pontos em tributários com obras e aqueles sem obras (ou antes das obras se iniciarem).

Em ambos os casos busca-se a utilização de um controle para avaliar a efetividade das obras. Contudo, no primeiro caso há a ressalva de que, no período de execução das obras, as intervenções físicas podem ter gerado aumento adicional da turbidez (e.g., em função de escavações para reconformar o curso hídrico) durante certo intervalo de tempo.

No segundo caso, há que se ponderar que não é incomum observar-se, em condições naturais, aumento de turbidez na comparação entre pontos a montante e a jusante de um curso hídrico, tendo em vista o aumento da bacia de captação de sedimentos.

Para os pontos de monitoramento localizados nos rios principais, não foi realizada o cálculo de não conformidade tendo em vista que foram coletados poucos dados (i.e., 9 resultados de turbidez) e representativos apenas do período seco.

### 5.3.2 Avaliação Espacial e Temporal

#### *5.3.2.1 Rios Principais*

Para a avaliação espacial e temporal dos resultados de turbidez nos pontos localizados nos rios principais (i.e., rio Gualaxo do Norte e rio do Carmo), foram elaborados gráficos de série temporal. Nos gráficos, os valores de turbidez foram plotados juntamente com os dados de chuva disponíveis durante o período de estações telemétricas (i.e., mínimo e máximo das estações PCH Furquim Jusante [código 56149000] e PCH Salto Jusante [código 56208000]), localizadas mais próximas do trecho do rio Gualaxo do Norte e rio do Carmo afetadas pelo rompimento.

Buscou-se avaliar a tendência dos valores de turbidez no monitoramento diário da bacia do rio Doce realizado pela Fundação Renova nos rios Gualaxo do Norte e Carmo (i.e., de dezembro de 2016 até 30 de junho de 2017) e, em sequência, avaliar o comportamento do mesmo parâmetro nos pontos monitorados a partir de 31 de julho de 2017.

#### *5.3.2.2 Tributários monitorados*

Para a avaliação espacial e temporal dos resultados de turbidez, foram elaborados gráficos com séries temporais para cada tributário. Nos gráficos, os valores de turbidez foram plotados juntamente com os dados de chuva disponíveis durante o período de estações telemétricas (i.e., mínimo e máximo das estações PCH Furquim Jusante [código 56149000] e PCH Salto Jusante [código 56208000]), localizadas mais próximas do trecho do rio Gualaxo do Norte e rio do Carmo afetadas pelo rompimento.

Além da análise gráfica, foi realizado um teste estatístico com os dados de turbidez com intuito de responder às seguintes perguntas:

- Pergunta 1: Os resultados de turbidez diminuíram nos pontos a jusante após as obras?
- Pergunta 2: Os resultados de turbidez são similares entre os pontos a montante e a jusante tanto durante quanto após as obras?

As duas perguntas puderam ser respondidas integralmente apenas para os tributários que apresentaram monitoramento durante e após as obras, quais sejam: TC02, TC05, TG34 e TG36. Para estes casos, um Análise de Variância (ANOVA) Bi-fatorial foi utilizada para comparar os três fatores: períodos [antes x depois das obras]; locais [montante x jusante da zona de intervenções]; e interação entre períodos e locais. Nos casos de diferenças significativas para a interação, o pós-teste de Tukey foi utilizado para comparar os quatro tratamentos envolvidos entre si.

No caso dos tributários que só foram monitorados após as obras, apenas parte da pergunta 2 pôde ser respondida: a comparação entre pontos a montante e a jusante da zona de intervenção. O mesmo é válido

para o tributário TG16 (controle), que não sofreu intervenções, para o tributário TG53A, que sofreu intervenções, mas só foi monitorado durante as obras, e para os tributários TG03, TG10, TG18, TG30, TG38, TG48, TG49, TG55 e TG56, que sofreram intervenções, mas foram monitorados apenas após as obras. Para esse conjunto de tributários, a comparação entre pontos a montante e a jusante da zona de intervenção foi feita através de Teste-t.

Com o intuito de evitar a influência da sazonalidade hídrica sobre os resultados dos testes estatísticos, procedeu-se com a exclusão de alguns dados para a ANOVA bifatorial, aqueles coletados no período chuvoso. Esse processo foi realizado já que durante o período chuvoso não foram coletados dados suficientes durante e após as obras.

Para o teste t, foram realizadas análises separadas quando havia disponibilidade de dados durante os períodos seco e chuvoso (i.e., tributários TG10, TG16, TG18, TG30, TG38, TG48, TG49, TG53A e TG56). Para os demais tributários (i.e., TG03 e TG55), apenas estavam disponíveis resultados de turbidez durante o período chuvoso

A **Tabela 38** apresenta o número de pares de dados de turbidez para cada tributário, discriminado entre os períodos seco, chuvoso, durante e após as obras. Não foram apresentados os tributários TG11, TG20 e TG30b na tabela devido ao número insuficiente de dados (i.e., 9 registros) para realização das análises estatísticas.

**Tabela 38: Número de pares de resultados de turbidez para cada tributário, discriminado para os períodos seco, chuvoso, durante e pós-obras.**

| Tributário | Número do par de dados de turbidez(1) | Período Seco | | Período Chuvoso | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Antes/durante | Pós-obra | Antes/durante | Pós-obra |
| **ANOVA Bifatorial** | | | | | |
| TC02 | 231 | ***67***(2) | ***100*** | 4 | 60 |
| TC05 | 111 | ***31*** | ***43*** | 37 | - |
| TG34 | 80 | ***13*** | ***63*** | - | 4 |
| TG36 | 164 | ***24*** | ***43*** | - | 97 |
| **Teste t** | | | | | |
| TG03 | 100 | - | 9 | - | ***91*** |
| TG10 | 163 | ***65*** | 2 | - | ***96*** |
| TG16 | 111 | ***74***(3) | - | ***37***(3) | - |
| TG18 | 277 | 10 | ***131*** | - | ***136*** |
| TG30 | 322 | - | ***166*** | - | ***156*** |
| TG38 | 268 | - | ***132*** | - | ***136*** |
| TG48 | 158 | - | ***100*** | - | ***58*** |
| TG49 | 277 | - | ***141*** | - | ***136*** |
| TG53A | 150 | ***53***(4) | - | ***97***(4) | - |
| TG55 | 91 | - | - | ***86*** | 5 |
| TG56 | 267 | - | ***131*** | - | ***136*** |

Notas:
(1) O número total de dados, bem como o número de dados discriminado por período e *status* das obras, corresponde ao número de par de dados para cada tributário;
(2) Dados em negrito foram utilizados para as análises estatísticas;
(3) Tributário com monitoramento de turbidez durante época sem intervenções no trecho impactado (tributário controle);
(4) Tributário com monitoramento de turbidez apenas durante as obras.

Os testes utilizados neste estudo foram calculados utilizando o software para análises de dados científicos PAST, elaborado pela Universidade de Oslo, Noruega por Oyvind Hammer. Todos os testes utilizaram intervalo de confiança de 5 % e seguiram, em linhas gerais, os procedimentos descritos em Zar (2010)[1].

## 5.4 Resultados

### 5.4.1 Análise de Não Conformidade

O monitoramento diário realizado nos tributários, entre 26 de julho de 2016 e 31 de agosto de 2017, indicam que as atividades de recuperação parecem estar causando efeito positivo, resultando na redução da turbidez. Como exemplo, as porcentagens de dados de turbidez acima do padrão de qualidade aplicável (i.e., 100 UNT), ou seja, em não conformidade com o padrão, diminuíram de 18,3 % para 5,0 % e de 85 % para 22,4 % nos pontos do trecho de jusante, após a conclusão das obras dos tributários TC02 e TG34, respectivamente (**Tabela 39**). A única exceção a este padrão, dentre as estações que tiveram monitoramento durante e após as obras, é o TG18. Nesse caso, contudo, a elevação na porcentagem de resultados acima de 100 UNT no ponto a jusante (6,4 %) foi próxima à observada no ponto a montante (3,4 %). No entanto, o monitoramento após as obras se estendeu durante o período chuvoso, o que pode ter causado a elevação da turbidez nos pontos a montante a jusante.

No caso dos tributários que só apresentam monitoramento após as obras, a comparação entre os pontos a jusante e a montante indica, de forma geral, porcentagens similares de dados acima do padrão de qualidade aplicável (**Tabela 39**). Dessa forma, o trecho do tributário no qual foram realizadas intervenções não têm elevação relevante de turbidez no curso d'água.

Para aqueles tributários com dados de turbidez coletados durante ou antes do início das obras, é possível destacar dois comportamentos distintos: (1) porcentagem baixa ou nula de resultados de turbidez acima do padrão aplicável (i.e., em não conformidade) para os pontos a montante e a jusante das obras (e.g., TC05, TG10, TG18, TG53A e TG55); (2) nenhum resultado de turbidez acima do padrão aplicável para os pontos a montante e porcentagem elevada nos pontos localizados a jusante das obras (e.g., TC02, TG16, TG34 e TG36).

**Tabela 39: Porcentagem de resultados de turbidez acima do padrão aplicável de 100 UNT.**

| Tributário | Durante as obras | | Após as obras | |
|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| TC02 | 0,0% | 18,3% | 4,4% | 5,0% |
| TC05 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| TG03 | - | - | 9,0% | 10,0% |
| TG10 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| TG11 | - | - | 0,0% | 0,0% |
| TG16 | 0,0%(2) | 21,6%(2) | - | - |
| TG18 | 0,0% | 0,0% | 3,4% | 6,4% |
| TG20 | - | - | 0,0% | 0,0% |
| TG30 | - | - | 2,2% | 2,5% |
| TG30b | - | - | 0,0% | 0,0% |
| TG34 | 0,0% | 84,6% | 0,0% | 22,4% |

[1] Zar, J. Bioestatistical Analysis. 5ª edição. New Jersey, Pentice Hall. 2010.

| Tributário | Durante as obras | | Após as obras | |
|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| TG36 | 0,0% | 12,5% | 3,6% | 6,4% |
| TG38 | - | - | 2,6% | 3,7% |
| TG48 | - | - | 0,0% | 0,6% |
| TG49 | - | - | 4,3% | 5,4% |
| TG53A | 1,3% | 1,3% | - | - |
| TG55 | 1,2% | 1,2% | 0,0% | 0,0% |
| TG56 | - | - | 0,4% | 1,1% |

Notas:
(1) "-" = não foram coletadas amostras durante o período;
(2) Tributário no qual não foram realizadas obras (tributário controle).

As **Figura 234** e **Figura 235** apresentam os resultados absolutos descritos na **Tabela 39**. São indicados nas figuras o número absoluto de resultados de turbidez coletados em cada ponto de amostragem nos tributários e o número de resultados acima do padrão de qualidade de 100 UNT. Os pontos de amostragem nos tributários estão indicados pelo número do tributário, seguido pelos sufixos "-M" e "-J" para os pontos a montante e jusante, respectivamente (e.g., TC02-M e TC02-J).

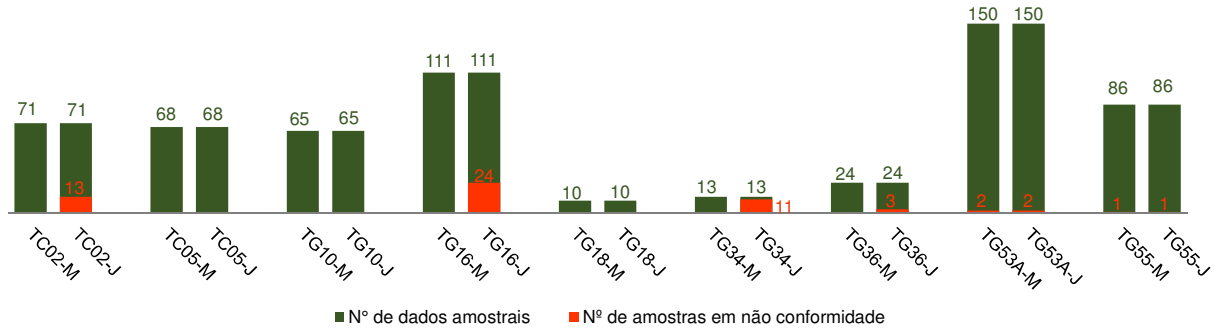



*Figura 234: Número de resultados de turbidez (em verde) em cada ponto e resultados acima do padrão aplicável (em laranja) antes e durante as obras nos tributários TC02, TC05, TG10, TG16, TG18, TG34, TG36, TG53A e TG55.*

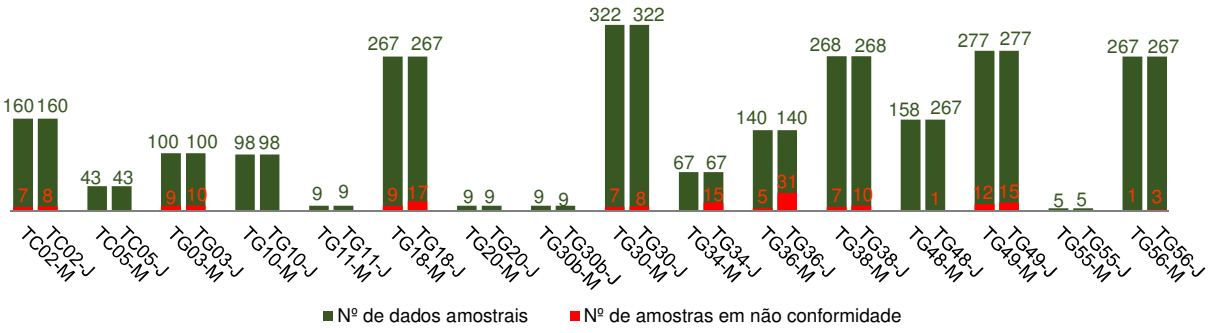



*Figura 235: Número de resultados de turbidez (em verde) em cada ponto e resultados acima do padrão aplicável (em laranja) após as obras nos tributários TC02, TC05, TG03, TG10, TG11, TG18, TG20, TG30B, TG30, TG34, TG36, TG38, TG48, TG49, TG55 e TG56.*

## 5.4.2 Avaliação Espacial e Temporal

### *5.4.2.1 Rios Principais*

De maneira geral, as intervenções e outras obras de reabilitação que vêm sendo realizadas pela Fundação Renova parecem causar efeito positivo sobre os valores de turbidez no rio Gualaxo do Norte e rio do Carmo. Conforme seção 3.5.2, de fato houve um incremento substancial do aumento da cobertura vegetal após o rompimento da barragem, o que corrobora para a diminuição dos valores de turbidez. Como apresentado na **Figura 236**, os valores de turbidez nos rios principais têm diminuído quando comparados àqueles observados logo após o rompimento da barragem. Embora tenha sido observada uma elevação nos valores de turbidez com o início do período chuvoso de 2016/2017, os valores não alcançaram os patamares observados anteriormente. Destaca-se os valores de turbidez na foz do rio do Carmo, os quais estiveram geralmente menores que o padrão de qualidade (i.e., 100 UNT) durante o mês de junho de 2017 (principalmente no ponto situado no rio do Carmo).

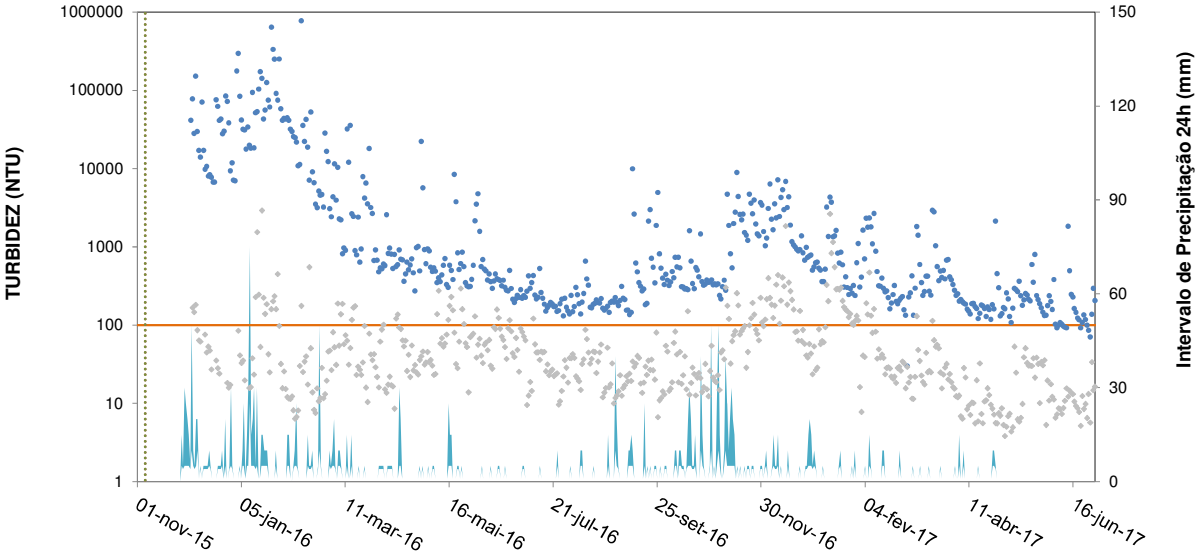
Ao comparar os valores de turbidez do ponto afetado com relação aos dados históricos de turbidez da estação RD071 do IGAM, situada no rio do Carmo próxima à cidade de Barra Longa, nota-se igualmente uma tendência de melhora. Ao passo que no ano hidrológico de 2015/2016 (i.e., novembro de 2015 a setembro de 2016) a turbidez permaneceu consistentemente acima dos percentis de 95% nos períodos chuvoso e seco, no ano hidrológico de 2016/2017 (i.e., outubro de 2016 a julho de 2017) os valores deste parâmetro se reduziram e passaram a oscilar em torno destes limiares (**Figura 236**).

Contudo, deve-se considerar que, em adição às intervenções promovidas pela Fundação Renova com o propósito de controle de rejeitos e erosão (i.e., aplicação de biomantas e enrocamento em margens e planícies de inundação), que os valores mais baixos de turbidez podem estar relacionados também à menor pluviosidade observada durante a estação chuvosa de 2016/2017, em comparação com 2015/2016, na bacia do rio Doce. Apesar da **Figura 236** não indicar claramente esta diferença, de acordo com o IGAM (2017) a pluviosidade na bacia do rio Doce em 2016/2017 foi, de forma geral, inferior em comparação com 2015/2016 (IGAM, 2017)[2].

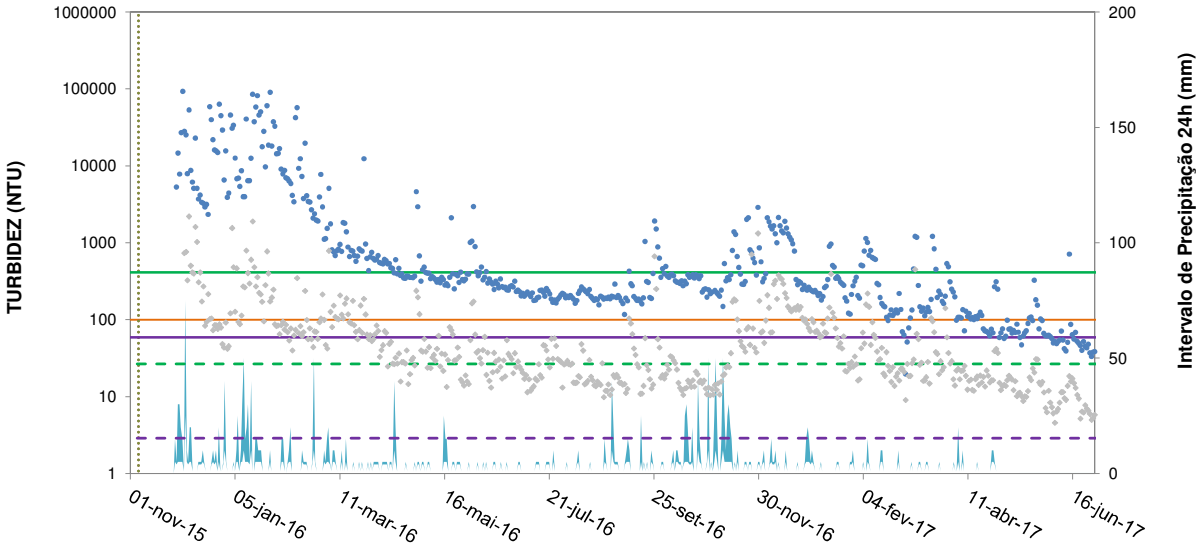
Além disso, a **Figura 236** apresenta os valores de turbidez monitorados em pontos dos mesmos cursos de água, porém em trechos não afetados pelo rompimento da barragem (i.e., a montante da confluência com o córrego Santarém no rio Gualaxo do Norte e a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte no rio do Carmo). É possível notar que ao longo do monitoramento, há uma tendência dos valores de turbidez em trechos afetados e não afetados se aproximarem gradativamente, em especial nos períodos secos, evidenciando a melhoria dos valores de turbidez na foz dos rios principais. Há que se considerar, ainda, a ressalva de que os pontos controle (não afetados) e os impactados distam cerca de 73 e 27 km entre si nos rios Gualaxo do Norte e Carmo, respectivamente. Ou seja, é possível que parte dessa diferença de turbidez entre os pontos da zona de confluência com os de montante já ocorresse antes do rompimento da barragem.

[2]

## RIO GUALAXO DO NORTE




## RIO DO CARMO




**Legenda:**

- Ponto na foz (trecho afetado)
- Ponto não afetado
- Chegada estimada do pico de vazão devido ao rompimento
- Chegada estimada da pluma devido ao rompimento, baseado na turbidez
- Padrão de qualidade para água doce classe 2 (Resolução CONAMA 357/2005)
- Percentil P5% de turbidez no periodo chuvoso dos dados do IGAM
- Percentil P5% de turbidez no periodo seco dos dados do IGAM
- Percentil P95% de turbidez no periodo chuvoso dos dados do IGAM
- Percentil P95% de turbidez no periodo seco dos dados do IGAM
- Intervalo de precipitação na área (ONS)

*Figura 236: Resultados do monitoramento diário de turbidez no rio Gualaxo do Norte e no rio do Carmo, de 30 de novembro de 2015 a 30 de junho de 2017.*

A partir de 31 de julho de 2017, os valores de turbidez dos rios principais puderam ser acompanhados novamente. Os dados de turbidez referentes a estes pontos estão compilados no **Anexo G** e a **Figura 237** apresenta o cálculo dos percentis de 5 e 95 % e mediana. Os pontos estão posicionados no sentido de montante para jusante e as áreas prioritárias estão indicadas.

Ao longo do período monitorado, durante a estação seca, não foram registrados eventos de chuva relevantes que pudessem influenciar de alguma forma os valores de turbidez. De forma geral, os resultados para o percentil 5 % e mediana estiveram abaixo do padrão de qualidade aplicável em todos os pontos. Os resultados do percentil 95 % estiveram, quase em sua totalidade, acima do padrão mencionado, com destaque para os valores mais elevados nas áreas prioritárias 10, 8, 5 e 7. Após esse trecho, os valores de turbidez reduziram até se enquadrarem com o padrão de qualidade aplicável em Barra Longa. Isso sugere que há fatores pontuais que estão afetando os valores de turbidez na água, podendo ou não ter relação com o rompimento da barragem de Fundão.

A partir da **Figura 238**, é possível notar que os valores de turbidez medidos nos dias 7 e 8 de agosto de 2017 foram responsáveis pelos valores mais elevados de P95% nas áreas prioritárias supracitadas. Durante estas medições, estavam sendo realizadas obras na calha do rio principal a montante da Área Prioritária 10 (i.e., na Área Não Prioritária 21), o que resultou em um aumento no valor de turbidez ao longo dessa área prioritária. Após os picos de turbidez medidos na Área Prioritária 10, seria esperado observar uma redução do valor de turbidez nos pontos a jusante, caso não existisse outra fonte importante de turbidez à água. No entanto, foi registrado atividade de garimpo no rio Gualaxo do Norte a montante do ponto Montante Paracatu. Observou-se, durante o momento da coleta, a atividade de lavra por desmonte hidráulico dos taludes as margens do rio (**Figura 239**).

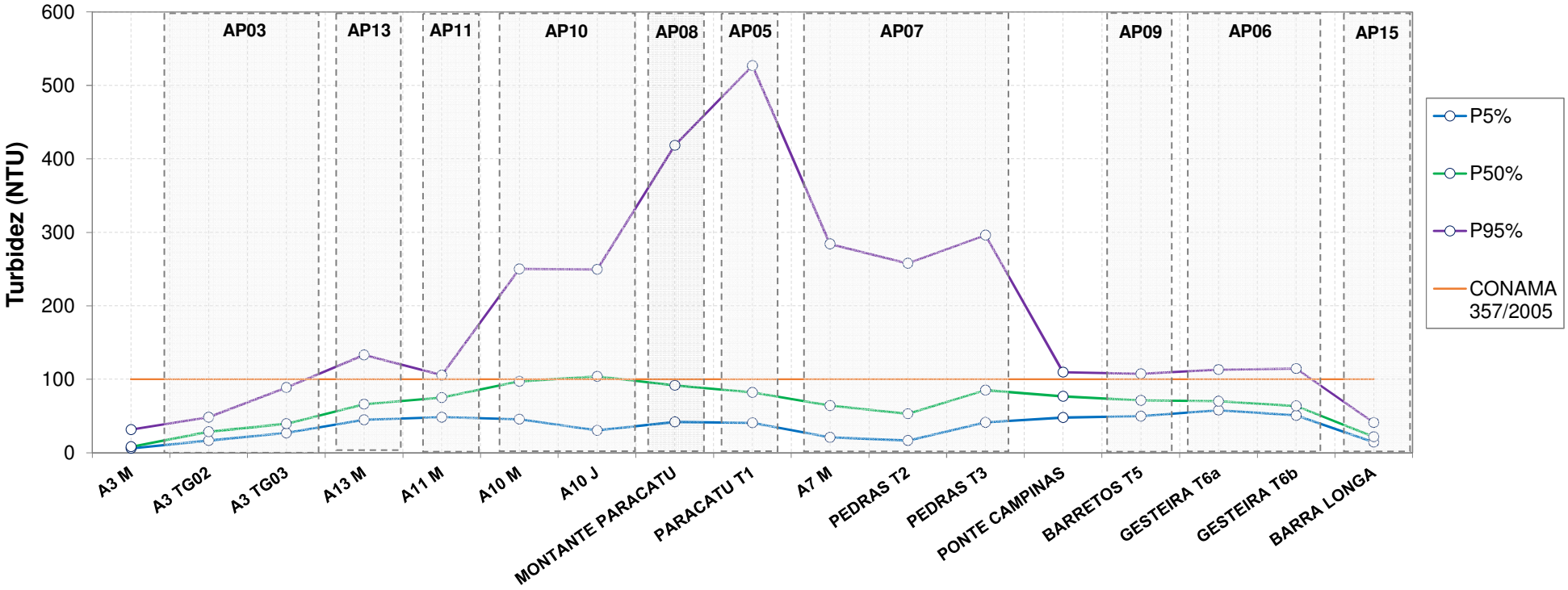



*Figura 237: Valores de turbidez (i.e., P5%, mediana e P95%) nos pontos de monitoramento situados nos rios principais a partir de 31 de julho de 2017.*

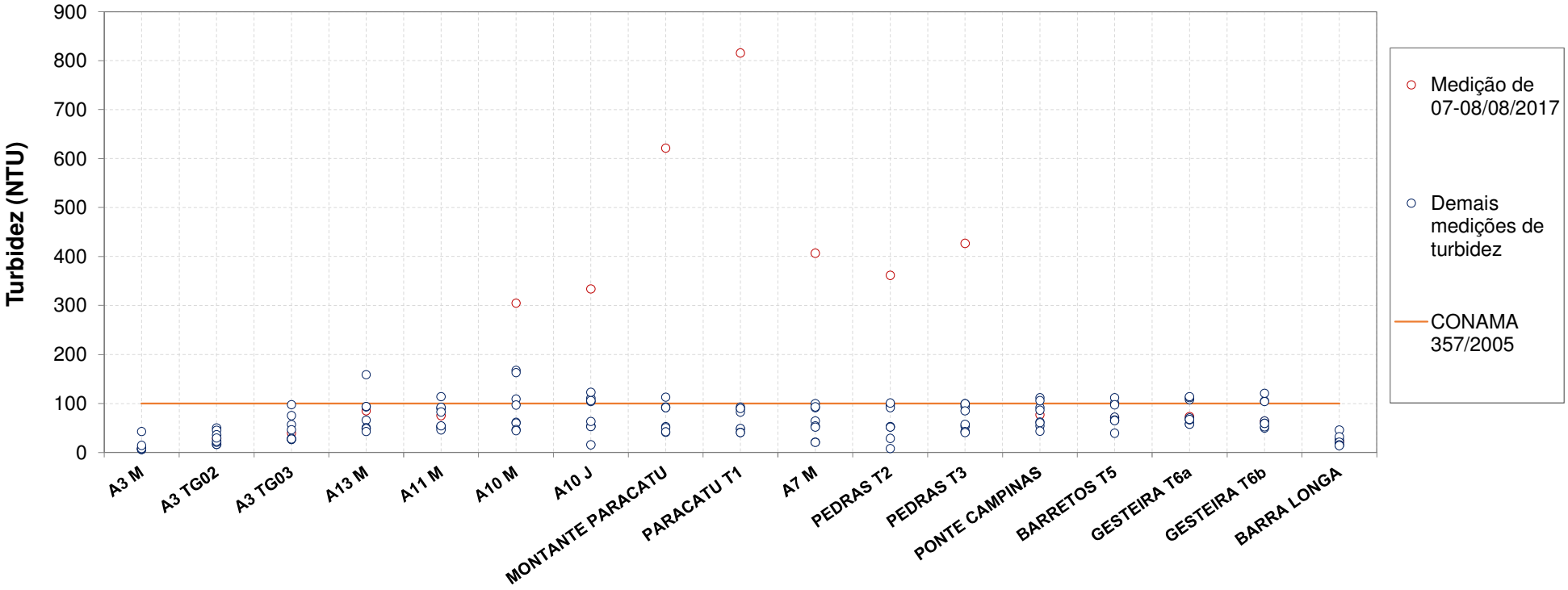



*Figura 238: Valores de turbidez nos pontos de monitoramento situados nos rios principais a partir de 31 de julho de 2017, com destaque para coletas em 7 e 8 de agosto de 2017 (pontos em vermelho).*

*Figura 239: Registro da atividade de garimpo no dia 08 de agosto de 2017, a montante do ponto Montante Paracatu. Valor de turbidez atingiu 622 UNT.*

A **Figura 240** apresenta gráficos de séries temporais de quatro pontos de monitoramento no rio Gualaxo do Norte. Os gráficos para os demais pontos de monitoramento encontram-se no **Anexo H**. Durante o período de 31 de julho a 31 de agosto de 2017, não foi possível observar nenhuma tendência de variação nos valores de turbidez em nenhum dos pontos dos rios principais. Os resultados se manteram geralmente estáveis abaixo ou próximos do padrão aplicável. Para o ponto A3TG03 não foi registrado nenhum valor de turbidez acima do padrão aplicável, enquanto para o ponto Gesteira T6b os valores de turbidez estiveram acima, porém próximo ao padrão em duas oportunidades. Para os pontos A10M e Montante Paracatu, salvo as influências das obras e atividade de garimpo, respectivamente, os resultados foram geralmente estáveis e abaixo do padrão aplicável.

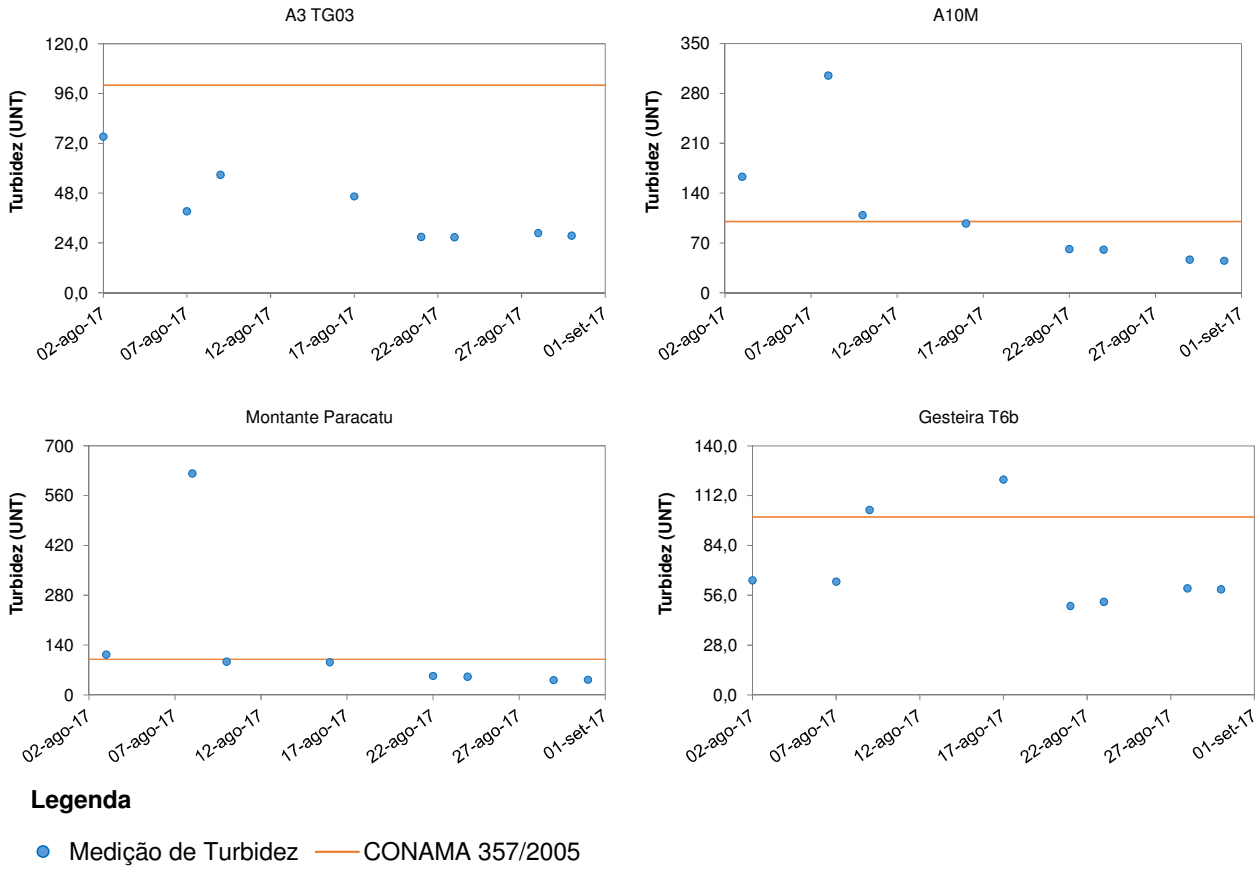



*Figura 240: Gráficos de séries temporais de turbidez medidos nos pontos A3TG03, A10M, Montante Paracatu e Gesteira T6b.*

### 5.4.2.2 Tributários monitorados

Os gráficos de série temporal dos pontos de medição de turbidez são apresentados no **Anexo H**.

Os picos de turbidez nos pontos a jusante após as obras tenderam a ser inferiores do que aqueles observados durante as obras, como pode ser observado nas **Figura 241** e **Figura 242** (Tributários TC02 e TG36, respectivamente). Já os picos de turbidez observados nos pontos a jusante após o término das obras estiveram geralmente acompanhados de picos de turbidez nos pontos a montante e também de pluviosidade.

No caso de TG34 (**Figura 243**), nota-se que, apesar dos pulsos de turbidez serem menores após as obras, os resultados dos pontos a jusante tendem a permanecer consistentemente acima dos observados nos pontos a montante, principalmente no primeiro mês após o término das obras. Como observado anteriormente, os resultados de frequência de não conformidade apresentaram tendência similar (**Tabela 38**). Os resultados de turbidez em não conformidade nos pontos a jusante das obras podem ter relação com o uso agrícola de grande parte da área de inundação desse tributário. Apenas uma pequena área da planície de inundação estava disponível para revegetação.

Nota-se também, no caso dos tributários TC02, TG34 e TG36, pulsos de elevação da turbidez exclusivos para os pontos a jusante durante as obras que não estão relacionados a eventos de chuva. É provável, portanto, que tais pulsos tenham sido provocados pelas obras, através da movimentação de máquinas e equipamentos que podem provocar, momentaneamente, a ressuspensão de sedimentos.

Para os tributários TG30, TG38 e TG49 (ver **Figura 244** à **Figura 246**) nos quais o monitoramento foi iniciado somente após o fim das obras, os picos de turbidez em pontos a montante e a jusante das obras geralmente foram simultâneos e tenderam a coincidir com dias de maior pluviosidade.

Fotos e gráficos dos demais pontos de monitoramento são apresentados no **Anexo H**. De forma geral, os resultados observados para as estações cujos gráficos de dispersão são apresentados no **Anexo H** seguem padrões similares aos descritos para as estações apresentadas no presente documento.

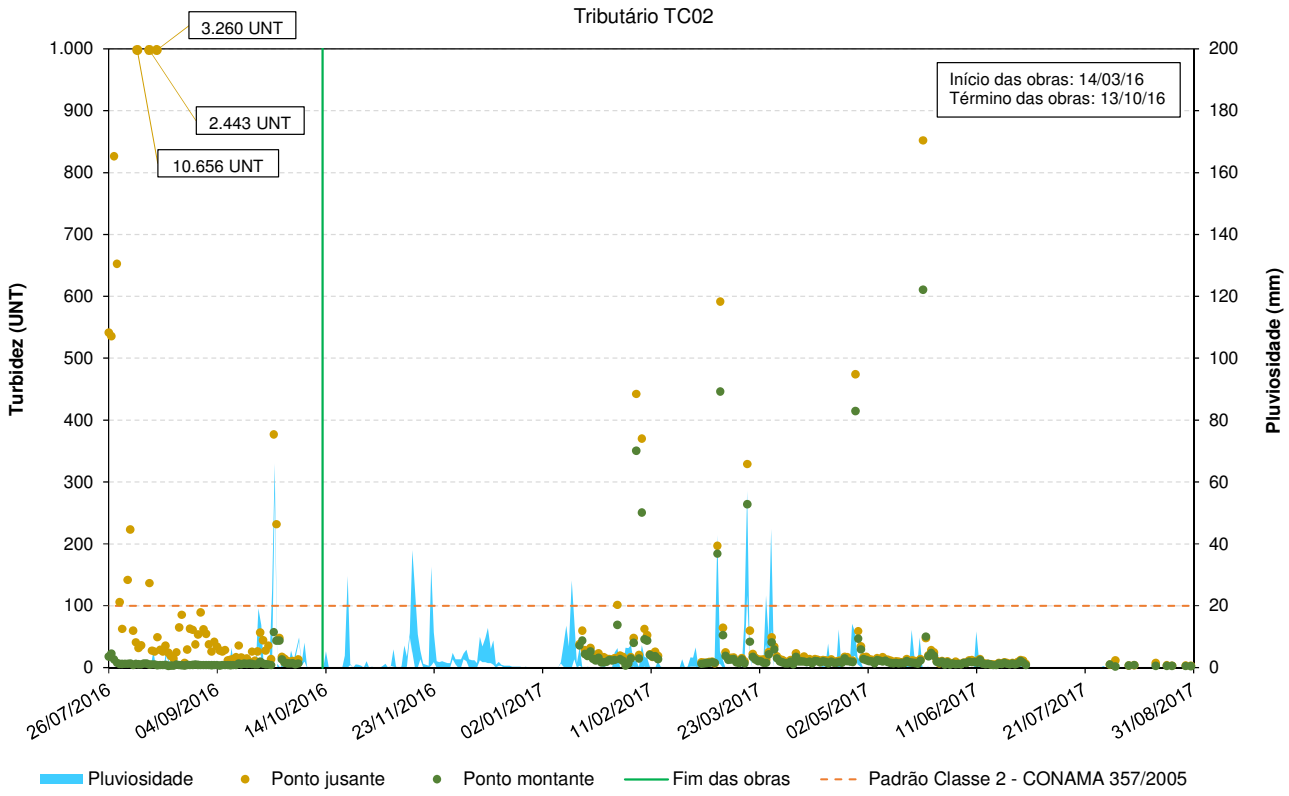



*Figura 241: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TC02.*

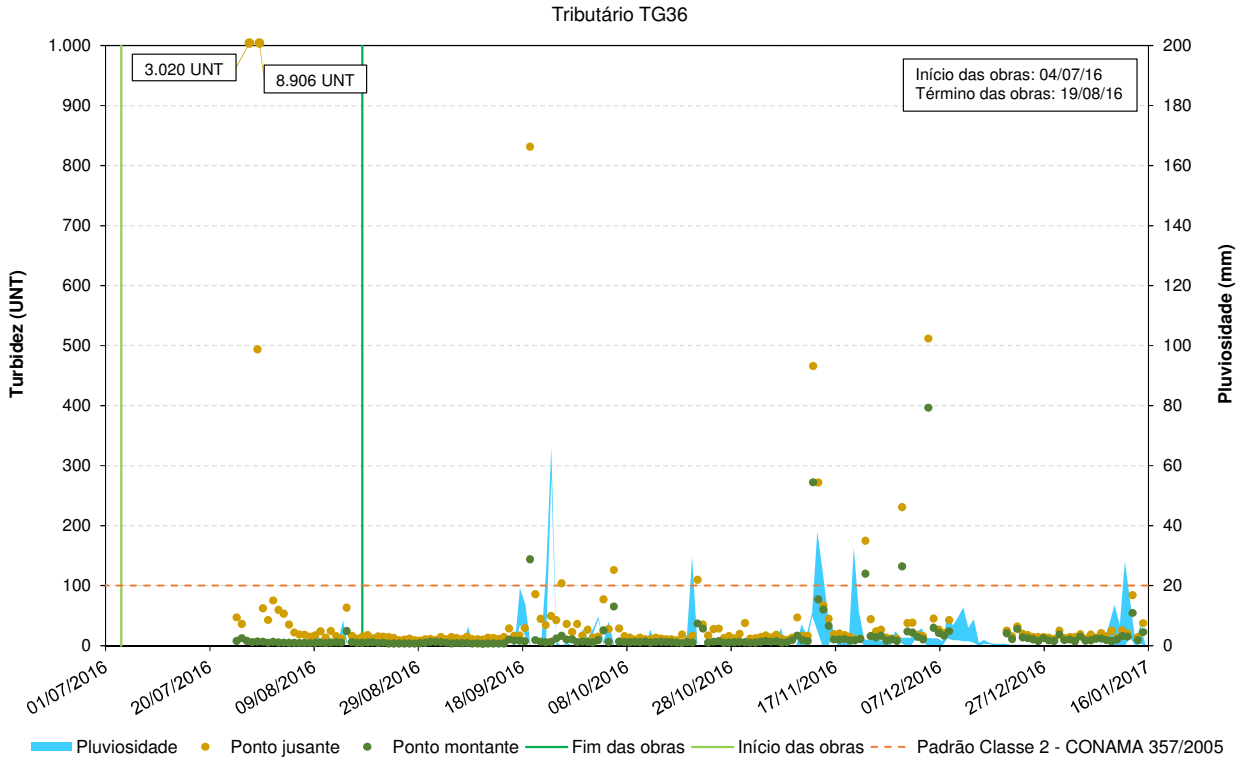



*Figura 242: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG36.*

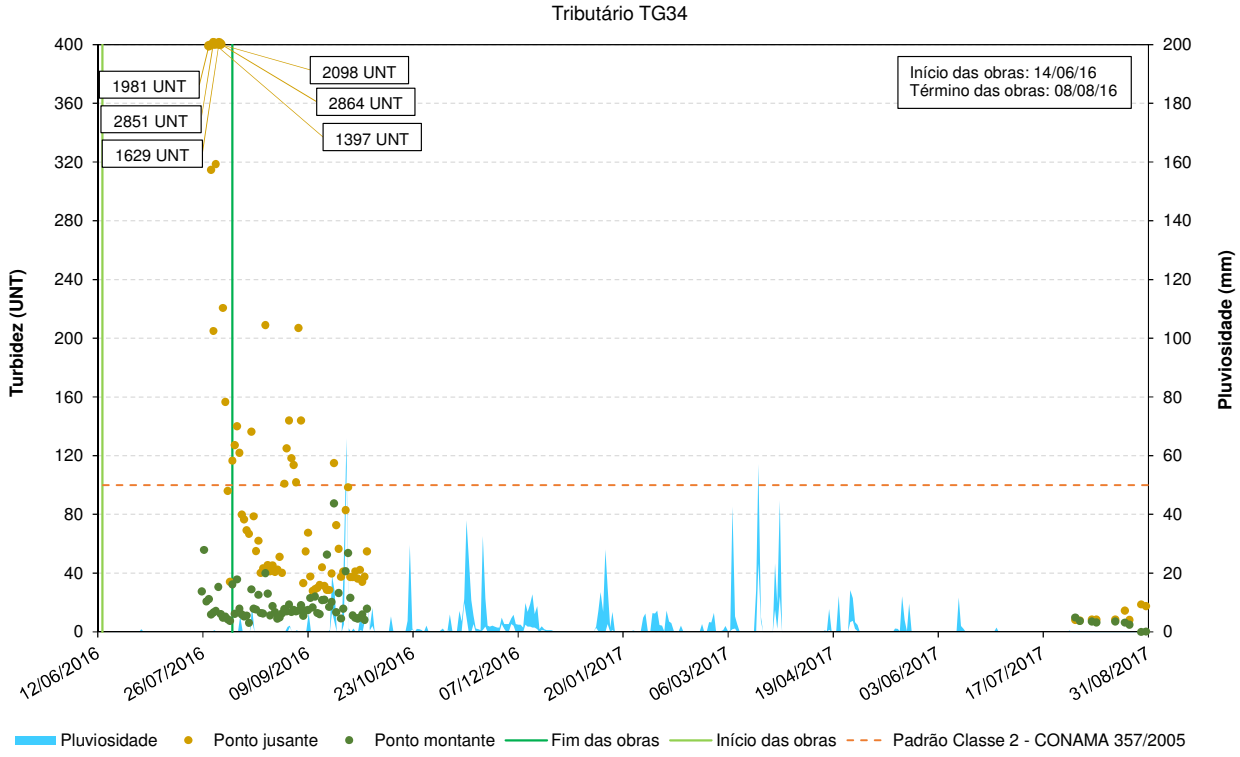



*Figura 243: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG34.*

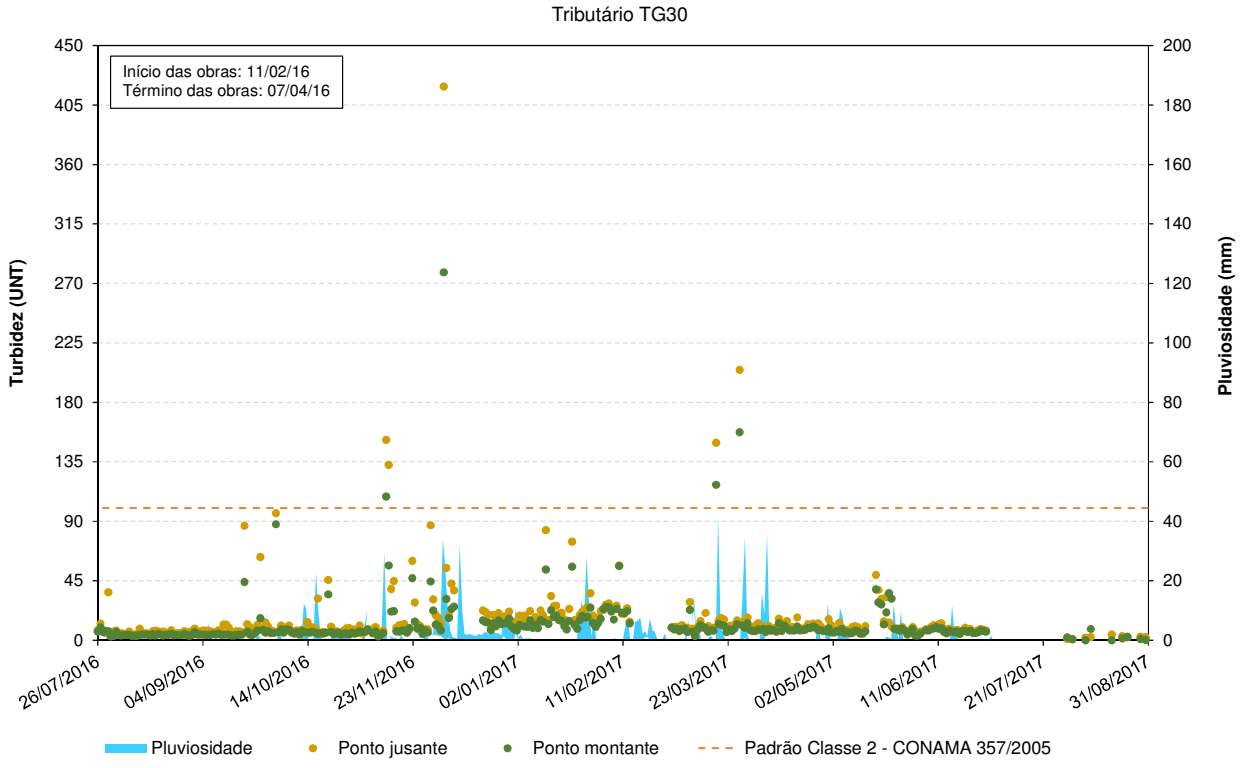



*Figura 244: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG30.*

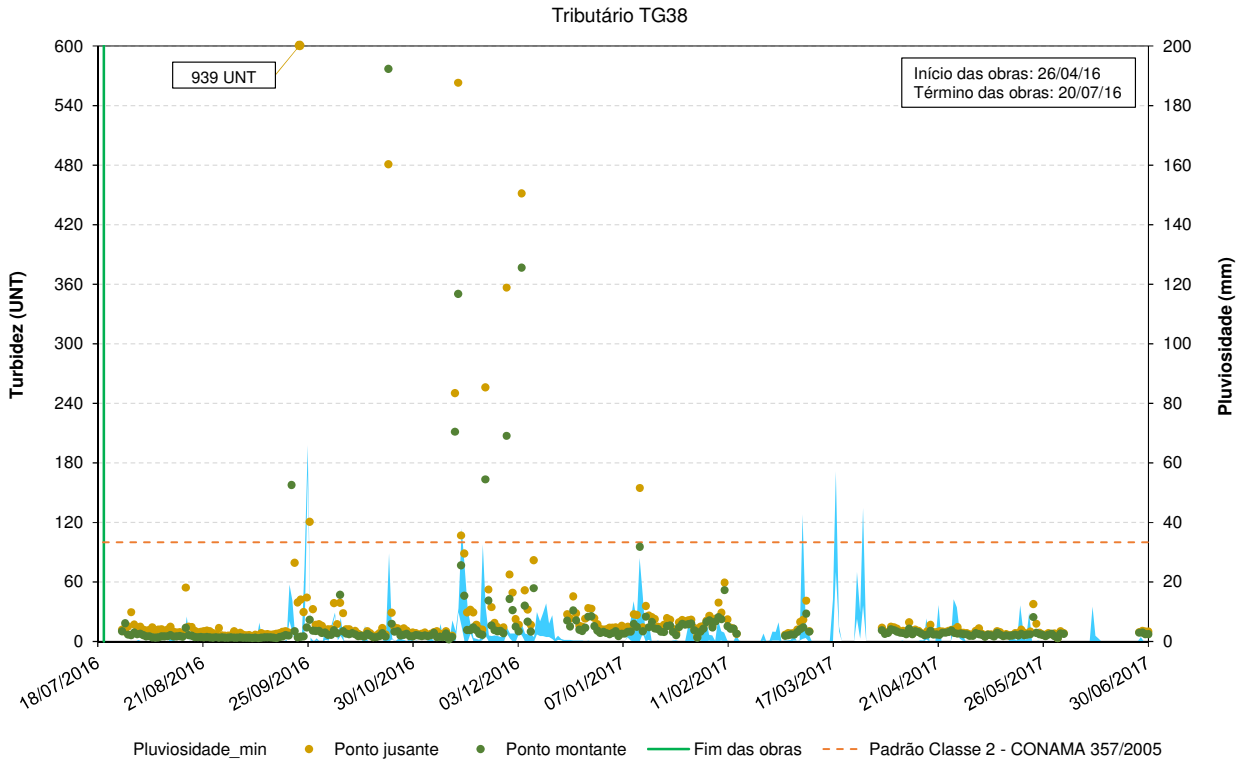



*Figura 245: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG38.*

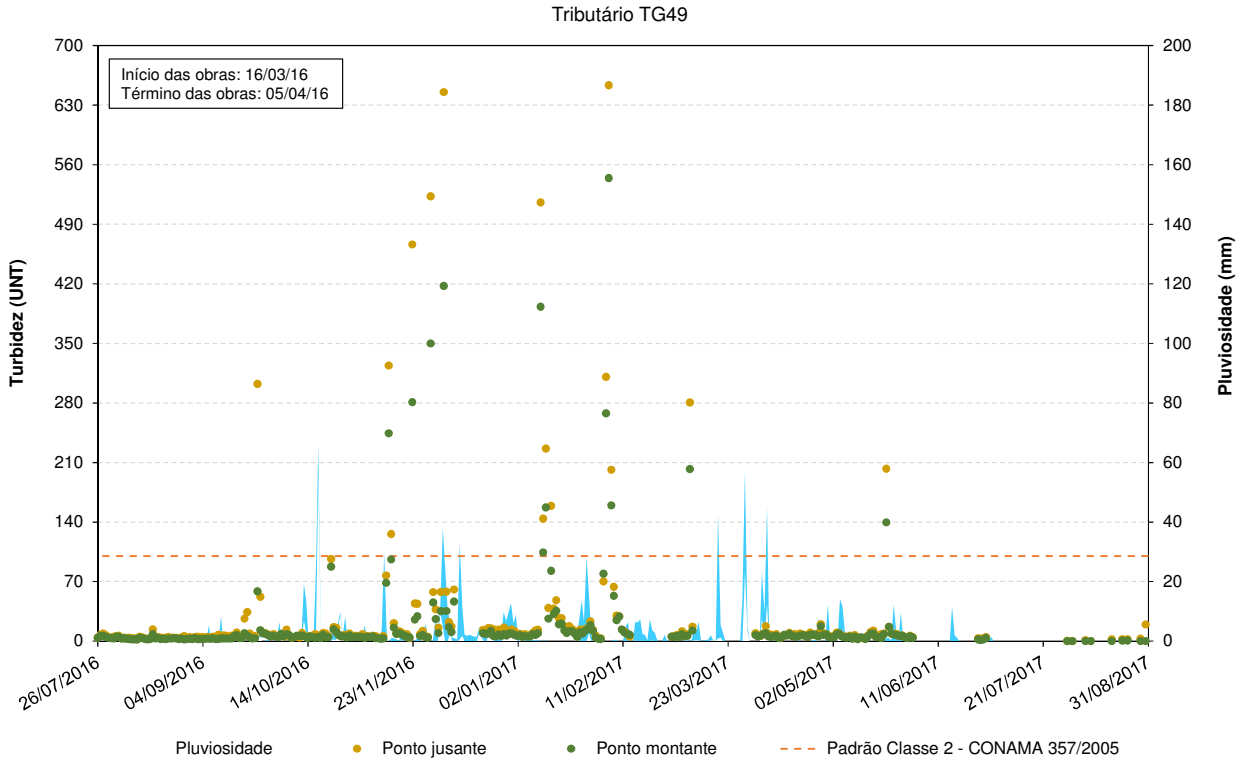



*Figura 246: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG49.*

Os resultados do teste da ANOVA bifatorial são apresentados na **Tabela 40**. Foram encontrados resultados significativos apenas para os tributários TC02 e TG34. Com exceção da comparação entre locais para o tributário TC02, todos os fatores apresentaram diferenças significativas.

**Tabela 40: Resumo dos resultados da ANOVA bifatorial para os resultados de turbidez considerando os fatores Período (durante e depois das obras), Local (montante e jusante das obras) e interação entre ambos (Período x Local).**

| Fator | Número de dados | | Graus de liberdade | F calculado | *p-valor* |
|---|---|---|---|---|---|
| | Durante as obras | Pós-obras | | | |
| **TC02** | | | | | |
| Período: | 67 | 100 | 1 | 4,44 | **0,03587** |
| Local: | | | 1 | 3,765 | 0,05319 |
| Período x Local: | | | 1 | 5,176 | **0,02354** |
| **TC05** | | | | | |
| Período: | 31 | 43 | 1 | 1,414 | 0,2364 |
| Local: | | | 1 | 1,854 | 0,1755 |
| Período x Local: | | | 1 | 0,02508 | 0,8744 |
| **TG34** | | | | | |
| Período: | 13 | 63 | 1 | 58,77 | **< 0,0001** |
| Local: | | | 1 | 19,27 | **< 0,0001** |

| Fator | Número de dados | | Graus de liberdade | F calculado | *p-valor* |
|---|---|---|---|---|---|
| | Durante as obras | Pós-obras | | | |
| Período x Local: | | | 1 | 58,54 | **< 0,0001** |
| **TG36** | | | | | |
| Período: | 24 | 43 | 1 | 3,08 | 0,0816 |
| Local: | | | 1 | 2,411 | 0,1229 |
| Período x Local: | | | 1 | 3,141 | 0,0787 |

Nota: Valores em negrito são significativos para $p<0,05$.

Em seguida, são apresentados os resultados do teste *post-hoc*, ou *a posteriori*, que compara os grupos envolvidos na análise (**Tabela 41**) para aqueles tributários com diferença significativa entre as interações dos fatores. A **Figura 247** apresenta as médias de turbidez para os pontos a montante a jusante nos tributários acima, no período durante e após as obras.

Na comparação entre os locais de monitoramento, nota-se que a turbidez é significativamente mais elevada nos pontos a montante apenas durante as obras. Após as obras não são observadas diferenças significativas entre os pontos a jusante e a montante das obras. Na comparação entre os períodos, nota-se que também foram obtidos resultados significativamente mais elevados durante as obras apenas nos pontos a jusante

Ao demonstrar que após as obras os valores de turbidez tornaram-se similares entre os pontos que passaram por intervenção (a jusante) e os controle (a montante), esse resultado evidencia a efetividade das ações de recuperação dos tributários no controle do carreamento de sólidos.

**Tabela 41: Resultados de p-valor para os testes *post-hoc* de Tukey.**

| Tributários | Tratamentos | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Durante-Montante** | **Após-Montante** | **Durante-Jusante** | **Durante-Montante** |
| | **Durante-Jusante** | **Após-Jusante** | **Após-Jusante** | **Após-Montante** |
| TC02 | **0,0079** | 0,9980 | **0,0050** | 0,9921 |
| TG34 | **< 0,0001** | 0,6830 | **< 0,0001** | 0,9998 |

Nota: Valores em negrito são significativos para $p < 0,05$.

A **Figura 248** apresenta as médias de turbidez para os pontos a montante a jusante dos tributários TC05 e TG36, nos períodos durante e após as obras. Apesar de não ter havido diferenças significativas entre os fatores nesses tributários, destaca-se que, para o TC05, os valores de turbidez foram constantemente baixos e se mantiveram dentro do padrão aplicável durante todo o monitoramento, tanto a montante quanto a jusante das obras. Ou seja, é possível que as intervenções tenham gerado algum nível de melhoria da qualidade de água neste tributário, mas como os valores de turbidez já eram baixos mesmo antes das obras, não foi possível identificar tal efeito no teste estatístico.

Para o TG36, embora não tenha sido observada diferenças significativas a partir do teste estatístico, houve uma redução dos valores de turbidez no ponto localizado a jusante das obras quando comparado o período durante e após as obras, padrão de variação muito similar ao descrito para os tributários TC02 e TG34. Contudo, a variância mais elevada das médias neste tributário provavelmente impediu a confirmação estatística deste padrão.

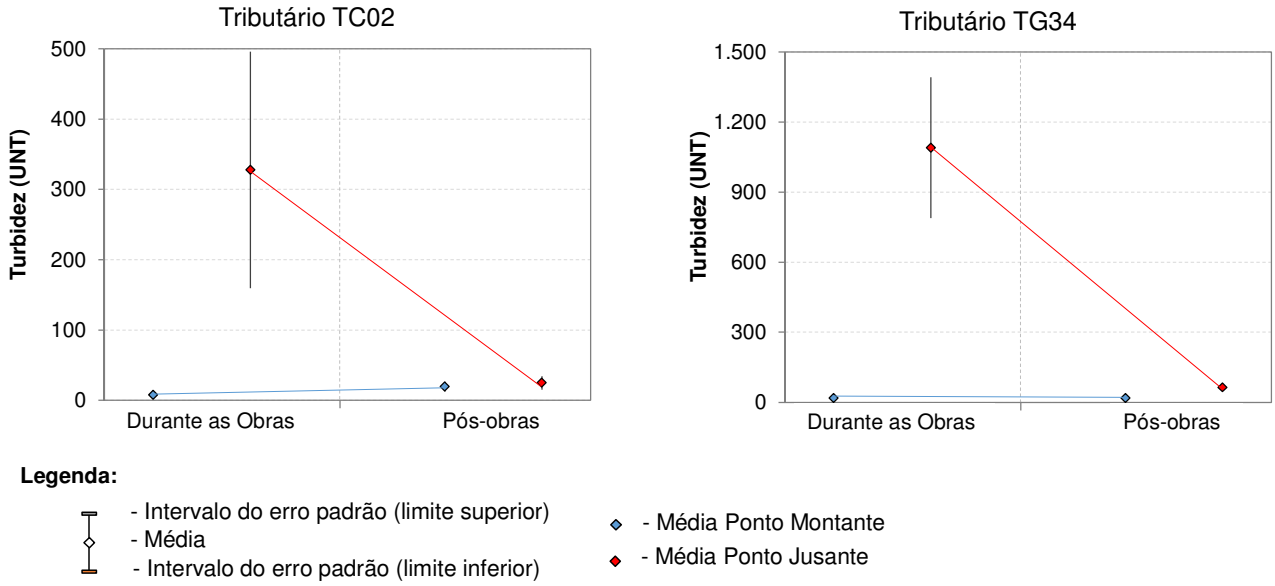



*Figura 247: Médias dos resultados de turbidez dos tratamentos dos tributários TC02 e TG34.*

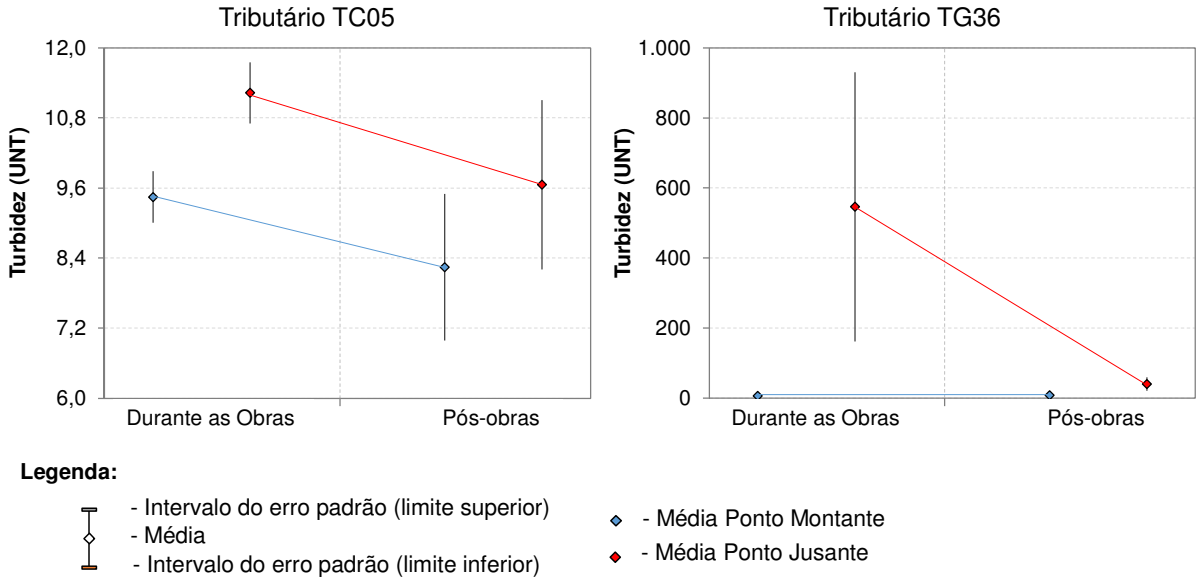



*Figura 248: Médias dos resultados de turbidez dos tratamentos dos tributários TC05 e TG36.*

Para os demais tributários que não apresentaram dados suficientes durante a execução das obras para realização da ANOVA bifatorial, os resultados do teste *t* estão apresentados na **Tabela 42** e **Tabela 43**, para os períodos seco e chuvoso, respectivamente. A seguir, são apresentados gráficos contendo a média e o intervalo de confiança de 95 % plotados para cada tributário no período seco e chuvoso (**Figura 249** e **Figura 250**).

De forma geral, os resultados do teste *t* corroboram os descritos anteriormente para a ANOVA bifatorial. Tanto no período seco, quanto no chuvoso a turbidez tende a não se diferenciar significativamente entre os pontos montante e jusante após as intervenções. Por outro lado, em TG16 (controle – i.e., sem intervenções) e TG53A, onde o monitoramento foi feito apenas antes das intervenções, a turbidez tende a ser significativamente mais elevada nos pontos a jusante. As exceções a esta tendência geral são apenas os

tributários TG10 e TG56 no período seco e o tributário TG53A no período chuvoso. Neste último caso, apesar de não haver diferença significativa, a média no ponto a jusante é mais elevada, o que está de acordo com o esperado para o período anterior às obras. Em TG10 e TG56, no período seco, apesar dos resultados significativamente mais elevados nos pontos a jusante, os valores são baixos (i.e., cerca de uma ordem de grandeza mais baixos que o valor máximo permitido – 100 UNT), assim como a diferença entre as médias (**Tabela 42**).

**Tabela 42: Resultados do teste t para tributários monitorados apenas antes ou após as obras durante o período seco.**

| Tributário | Local | Nº de Dados | Turbidez (UNT) | | | *p-valor*(1) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Média | Intervalo Inferior | Intervalo Superior | |
| **Tributários monitorados sem obras e/ou intervenções** | | | | | | |
| TG16 | Montante | 74 | 10,95 | 8,75 | 13,16 | ***< 0,0001*** |
| | Jusante | 74 | 29,52 | 19,38 | 39,66 | |
| TG53A | Montante | 53 | 4,86 | 4,03 | 5,69 | ***0,0001*** |
| | Jusante | 53 | 8,43 | 6,83 | 10,04 | |
| **Tributários monitorados após as obras** | | | | | | |
| TG10 | Montante | 65 | 10,10 | 8,34 | 11,86 | ***0,0216*** |
| | Jusante | 65 | 14,22 | 11,15 | 17,30 | |
| TG18 | Montante | 131 | 16,69 | 9,87 | 23,51 | 0,1244 |
| | Jusante | 131 | 26,24 | 16,05 | 36,43 | |
| TG30 | Montante | 166 | 26,31 | 4,48 | 48,14 | 0,8232 |
| | Jusante | 166 | 29,89 | 6,99 | 52,79 | |
| TG38 | Montante | 132 | 8,23 | 5,90 | 10,55 | 0,0994 |
| | Jusante | 132 | 20,14 | 6,08 | 34,21 | |
| TG48 | Montante | 100 | 5,29 | 3,77 | 6,81 | 0,1472 |
| | Jusante | 100 | 7,23 | 5,07 | 9,39 | |
| TG49 | Montante | 141 | 6,05 | 3,96 | 8,14 | 0,1235 |
| | Jusante | 141 | 10,32 | 5,27 | 15,37 | |
| TG56 | Montante | 131 | 5,27 | 4,29 | 6,25 | ***0,0057*** |
| | Jusante | 131 | 9,89 | 6,76 | 13,02 | |

Nota:
(1) Valores em negrito são significativos para $p$=0,05.

**Tabela 43: Resultados do teste t para tributários monitorados apenas antes ou após as obras durante o período chuvoso.**

| Tributário | Local | Nº de Dados | Turbidez (UNT) | | | *p-valor*(1) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Média | Intervalo Inferior | Intervalo Superior | |
| **Tributários monitorados sem obras e/ou intervenções** | | | | | | |
| TG16 | Montante | 37 | 22,49 | 17,78 | 27,21 | ***< 0,0001*** |
| | Jusante | 37 | 127,14 | 87,18 | 167,11 | |
| TG53A | Montante | 97 | 11,13 | 5,87 | 16,38 | 0,0569 |
| | Jusante | 97 | 20,36 | 12,36 | 28,35 | |
| **Tributários monitorados após as obras** | | | | | | |
| TG03 | Montante | 91 | 38,91 | 22,00 | 55,82 | 0,5199 |
| | Jusante | 91 | 47,36 | 27,55 | 67,17 | |
| TG10 | Montante | 96 | 10,98 | 8,36 | 13,61 | 0,0763 |
| | Jusante | 96 | 14,50 | 11,60 | 17,40 | |
| TG18 | Montante | 136 | 33,69 | 22,84 | 44,54 | 0,0757 |
| | Jusante | 136 | 52,65 | 34,64 | 70,67 | |
| TG30 | Montante | 156 | 17,14 | 12,57 | 21,71 | 0,0884 |
| | Jusante | 156 | 24,11 | 17,48 | 30,74 | |
| TG38 | Montante | 136 | 27,63 | 15,79 | 39,47 | 0,2865 |
| | Jusante | 136 | 37,55 | 23,51 | 51,60 | |
| TG48 | Montante | 58 | 11,38 | 7,25 | 15,51 | 0,3298 |
| | Jusante | 58 | 14,48 | 9,67 | 19,29 | |
| TG49 | Montante | 136 | 35,11 | 20,88 | 49,34 | 0,3093 |
| | Jusante | 136 | 47,55 | 28,03 | 67,08 | |
| TG55 | Montante | 86 | 11,34 | 7,90 | 14,78 | 0,0737 |
| | Jusante | 86 | 16,69 | 11,89 | 21,50 | |
| TG56 | Montante | 136 | 9,24 | 6,15 | 12,34 | 0,1628 |
| | Jusante | 136 | 13,06 | 8,64 | 17,47 | |

Nota:
(1) Valores em negrito são significativos para $p$=0,05.

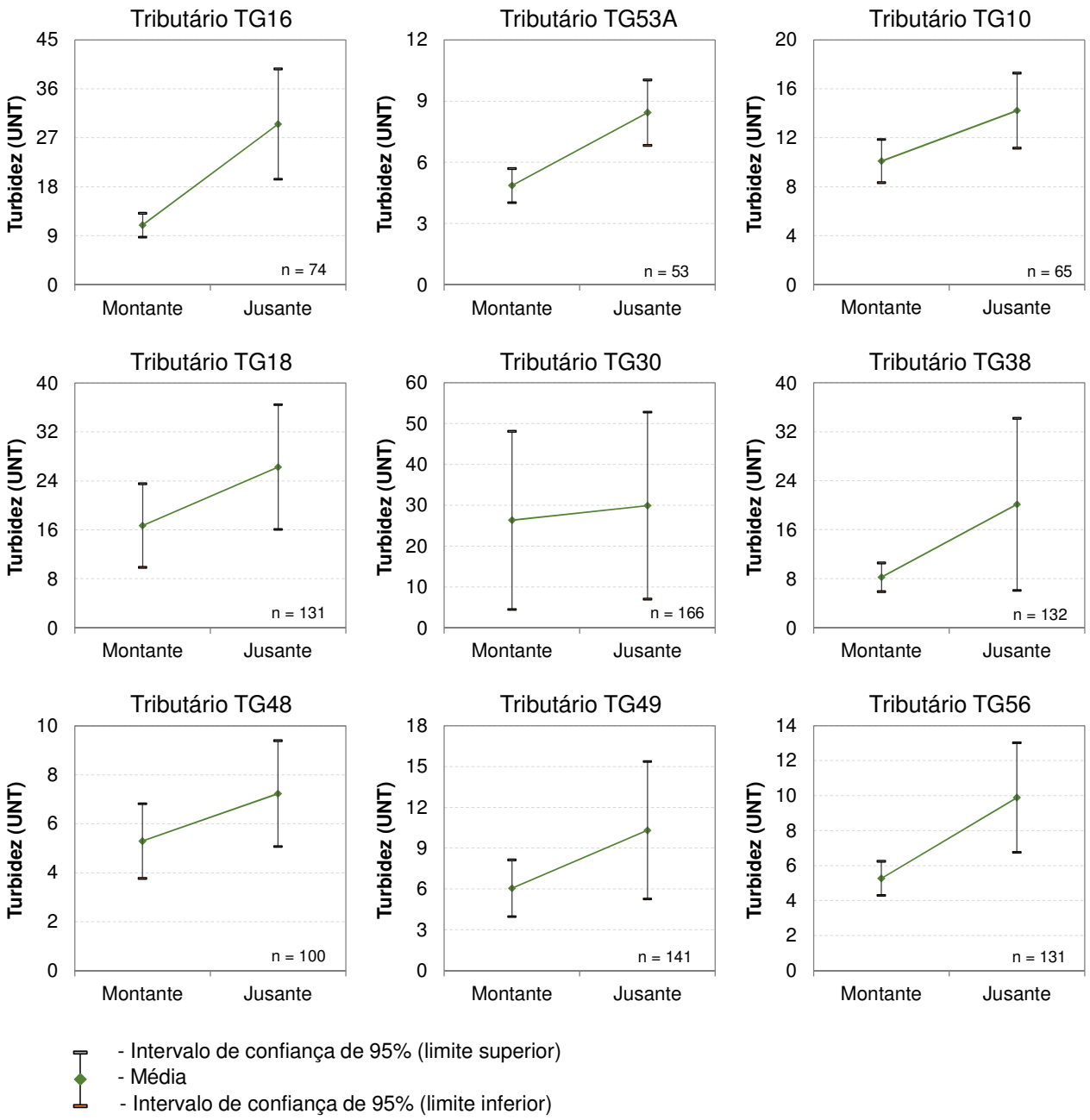



*Figura 249: Médias e intervalos de confiança de 95 % de turbidez para os tributários TG16, TG53A, TG10, TG18, TG30, TG38, TG48, TG49 e TG56 para o período seco.*

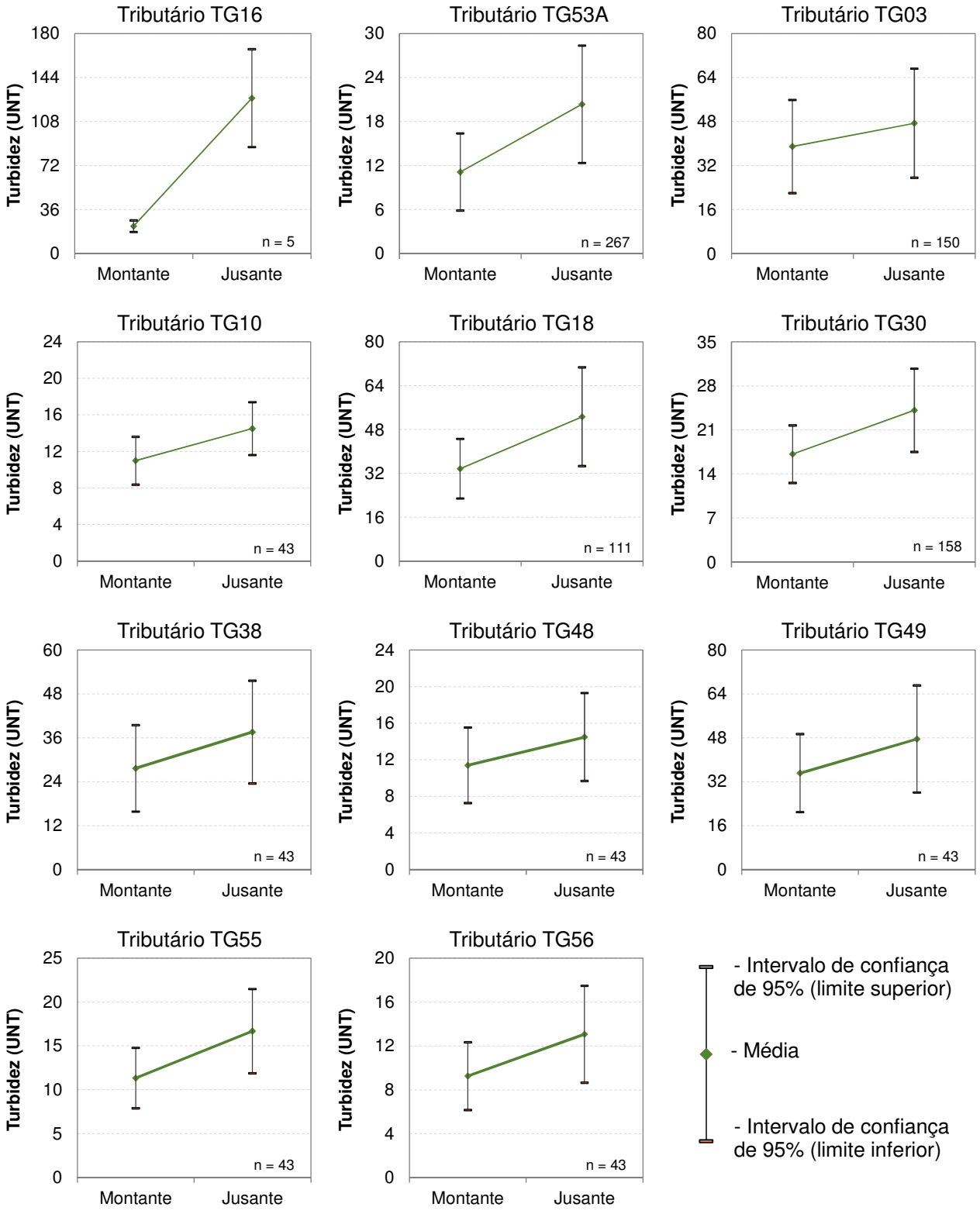



*Figura 250: Médias e intervalos de confiança de 95 % de turbidez para os tributários TG16, TG53A, TG03, TG10, TG18, TG30, TG38, TG48, TG49, TG55 e TG56 para o período chuvoso.*

## 5.5 Considerações Finais

Para os tributários monitorados, os resultados obtidos ao longo do monitoramento indicaram evidências de efetividade das intervenções realizadas nas calhas e planícies de inundação dos próprios tributários. De forma geral, após a finalização das obras os valores de turbidez e a frequência de não conformidade com relação ao padrão regulatório (CONAMA 357/2005) nos pontos localizados a jusante das intervenções se reduziram e tornaram-se similares aos observados nos pontos a montante (controle). Os testes estatísticos empregados corroboraram estas tendências e demonstraram que as mesmas são válidas tanto para o período chuvoso, quanto para o seco.

As intervenções nos tributários parecem estar surtindo efeito positivo sobre a qualidade de água nos rios principais (rios Gualaxo do Norte e Carmo), onde a turbidez, que apresentou pulso de elevação pronunciado após a passagem da pluma de rejeitos, tende a se reduzir gradativamente e a se aproximar cada vez mais da faixa histórica e do padrão regulatório, tanto na estação seca, quanto na chuvosa. No período seco de 2016/2017, o monitoramento indicou valores de turbidez estáveis e geralmente abaixo do padrão regulatório, sem padrão de variação detectável. Picos de turbidez foram observados nas áreas prioritárias 10, 8, 5 e 7 devido às obras de reabilitação realizadas pela Fundação Renova na calha do rio a montante da Área Prioritária 10 e atividade garimpeira, a montante da Área Prioritária 8.

Não obstante, a ausência de monitoramento sistemático dos tributários antes das obras confere certo grau de incerteza às conclusões, na medida em que foram observados, em alguns tributários, picos de elevação da turbidez durante as obras que podem estar relacionados ao efeito de máquinas e equipamentos.

Espera-se que, com a continuidade deste monitoramento, as incertezas associadas a essas conclusões sejam gradativamente reduzidas.

# 6.0 EQUIPE TÉCNICA

A **Tabela 44** apresenta a equipe técnica chave alocada para a elaboração deste documento.

**Tabela 44: Equipe Técnica alocada ao programa de monitoramento.**

| Nome | Formação Profissional | Função no Projeto |
|---|---|---|
| Antônio Freitas (Revisor) | Engº Químico | Coordenação Geral |
| Antônio Harley | Engº. Civil | Gerente de Projeto |
| Diego Aniceto | Engº. Agrônomo (M.Sc.) | Coordenação Técnica |
| Lúcio Bedê | Ecólogo (Ph D) | Vegetação |
| Manuel Gontijo | Biólogo | Vegetação |
| Pedro Lemos | Engº. Florestal (M.Sc.) | Vegetação |
| Alexandre Pulino | Engº. Ambiental (M.Sc.) | Engenharia e Controle de Erosão |
| Sebastian Torrealba | Engº. Civil (PhD) | Sedimentologia e Controle de Erosão |
| Bernardo Menezes | Engº. Civil e Biólogo | Controle de Erosão |
| Daiane Ferreira | Engº. Civil | Sedimentologia e Controle de Erosão |
| Rowland Atkins | Geógrafo (Ph D) | Morfologia Fluvial |
| Helvécio Duarte | Engº. Ambiental | Qualidade da Água |
| Gustavo Estrada | Oceanógrafo (Ph D) | Qualidade da Água |
| Alice Lima | Estagiária | Qualidade da Água |
| Fabrício Santos | Geógrafo | Geoprocessamento |
| Maurício Aguiar | Geógrafo | Geoprocessamento |
| Fernando Oliveira | Técnico | Auxiliar Técnico |
| Carolina Lima | Técnica Segurança do Trabalho | SSO |

# 7.0 CONCLUSÕES

As ações iniciais de monitoramento têm se mostrado promissoras e permitirão, a partir de um maior volume de dados coletados, avaliar a eficiência das intervenções prioritárias adotadas. Uma vez que as obras se estenderam para áreas anteriormente consideradas como não prioritárias, é pertinente que novas áreas amostrais sejam incorporadas e o esforço incrementado para se avaliar também as intervenções nestas áreas.

Num primeiro momento, verifica-se que as ações emergenciais de revegetação, que tiveram como objetivo inicial cobrir as planícies de inundação impactadas e minimizar o carreamento de sedimentos, foram mais eficientes onde também incidiram intervenções de reconformação e drenagem. Onde estas intervenções não foram executadas anteriormente ao plantio, observou-se a formação de sulcos e ravinas ativos em meio à vegetação, principalmente onde predominam espécies arbustivas, como a crotalária e o feijão guandu. Nesses casos, técnicas localizadas de bioengenharia foram prontamente executadas visando a redução do carreamento de sedimentos para os cursos d'água adjacentes.

No que tange aos percentuais de cobertura vegetal, é possível que, com a aquisição de geradas a partir de VANT, as leituras realizadas revelem um incremento, uma vez que as atividades de plantio continuaram sendo realizadas após a realização dos sobrevoos.

As análises realizadas com os dados de biomassa vegetal permitiram traçar um retrato fidedigno do status da vegetação após a estação chuvosa 2016/2017 e como ela tem se comportado perante as variações sazonais. Entretanto, é importante salientar que o modelo precisa ser alimentado com um número maior de dados, principalmente aqueles relacionados à biomassa vegetal das áreas em regeneração, que atualmente se mostram importantes no recobrimento das áreas impactadas. Neste contexto, ressalta-se a importância da elaboração de um plano controlado de manejo da espécie *Mimosa setosa* que, apesar de nativa, têm se mostrado agressiva na colonização das áreas afetadas.

Questões relacionadas à biomassa hipógea (biomassa abaixo da superfície do solo) precisam ser melhor entendidas visando elucidar o comportamento do sistema radicular das plantas na camada de rejeitos e em camadas subjacentes. Neste sentido, novas propostas de estudo têm surgido a partir de resultados obtidos com o monitoramento, como o aprofundamento dos estudos da microbiota do solo, a qual exerce grande influência sobre o crescimento e desenvolvimento das raízes. Tais estudos poderão, num futuro próximo, subsidiar ações voltadas ao reflorestamento.

O monitoramento mostrou-se efetivo na avaliação da eficiência da implantação de estacas em estruturas de contenção, permitindo reorientar intervenções em curso. Como esperado, grande parte destas estruturas já não apresentam incremento de sedimentos, seja em função da própria eficiência dos controles adotados à montante ou mesmo pela baixa precipitação observada nos últimos meses.

O período após a implantação das parcelas de monitoramento de taxas de erosão foi dedicado à calibração dos equipamentos em campo e à análise minuciosa dos primeiros dados gerados. Nesse intervalo houve intensa redução dos eventos pluviométricos e a série de dados atualmente disponível sugere redução significativa das taxas de erosão em parcelas com tratamento comparadas com as taxas de erosão em parcelas sem tratamento. Entretanto, o conjunto de dados ainda é pequeno e pouco robusto para permitir extrapolações para toda área impactada ou mesmo comparações das taxas de erosão obtidas nas parcelas com valores de literatura.

Os resultados obtidos na análise dos dados de qualidade da água indicaram indícios de efetividade das intervenções nos tributários estudados, revelados pela redução consistente de turbidez após a finalização das obras. Além disso, nas ocasiões em que foram observados picos de turbidez acima do padrão de qualidade aplicável, geralmente o resultado de turbidez já era elevado no ponto de medição localizado a montante da área afetada (i.e., trecho com intervenções) do tributário. Os testes estatísticos empregados corroboraram estas tendências e demonstraram que as mesmas são válidas tanto para o período chuvoso, quanto para o seco.

A efetividade das intervenções nos tributários também parece estar surtindo efeito positivo sobre a qualidade de água nos rios principais (i.e., rios Gualaxo do Norte e Carmo). Desde o início do monitoramento (i.e.,

dezembro de 2015), quando foi observado um pulso de elevação pronunciado após a passagem da pluma de rejeitos, a turbidez tende a se reduzir gradativamente e a se aproximar cada vez mais da faixa histórica e do padrão regulatório, tanto na estação seca, quanto na chuvosa. O monitoramento realizado no período seco de 2017 indicou valores estáveis de turbidez e geralmente abaixo do padrão regulatório. No entanto, os valores deste parâmetro foram sensíveis às atividades antrópicas no leito do rio Gualaxo do Norte, devido às obras e atividades de garimpo na região.

# 8.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTRA, F. A. DE; NETO, A. E. F.; PAULA, M. B. DE; MESQUITA, A. G. DE; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo vermelho-escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n.2, p. 277-288. 2000.

ALMEIDA, R. O. P. O; SÁNCHEZ, L.E. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. R. Árvore, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.47-54. 2005.

ALTIERI M. A.; NICHOLLS, C. I. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica*) Nº. 64 p. 17 - 24. 2002.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. DA; FILHO, W. M.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verde de interesse para a conservação e recuperação de solos. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v.30, n.2, p175-185, fev. 1995.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E. & OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. B. Inf. *SBCS*, 25:27-32, 2000.

ALVES, L. F., VIEIRA, S. A., SCARANELLO, M. A., CAMARGO, P. B., SANTOS, F. A., Joly, C. A., & MARTINELLI, L.A. Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil). *Forest Ecology and Management*, 260(5), 679-691, 2010.

ALVES, S. M. C.; ABBOUD, A. C. S.; RIBEIRO, R. L. D.; ALMEIDA, D. L. Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após incorporação de biomassa de guandu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira,* 39(11): 1111-1117. 2004.

AMADE, P.; LIMA, H. M. de. Desenvolvimento sustentável e garimpo - O caso do Garimpo do Engenho Podre em Mariana, Minas Gerais. *Revista Escola de Minas Gerais* - REM, v 62, n.2, abr. - jun. 2009, p. 237-242.2009.

AMARO, M. A. Quantificação do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual no Município de Viçosa-MG. 2010. 168f. T*ese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa*, Viçosa, MG, 2010.

ANDERSON, T.H. & DOMSCH, K.H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. *Biol. Fertil. Soils*, 1:81-89, 1985.

APHA; AWWA; WEF. Standards Methods for the Examination of Water & Wastewater. 21st ed., Baltimore, Maryland. USA. 2005.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Biosci*. J., v. 23, p. 66–75, 2007.

BELLOTTO, A., VIANI, R.A.G., NAVE, A.G., GANDOLFI, S. & RODRIGUES, R.R. 2009. Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade das ações de restauração e para redefinição metodológica. In: R.R. Rodrigues, P.H.S. Brancalion & I. Isernhagen. (orgs.). Pacto pela restauração da mata atlântica: Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. 1 ed. LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, São Paulo.

BARTLETT, R.J. & ROSS, D.N. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. *Soil Sci. Soc. Am*. J., 52:1191-1192, 1988.

BASTIDA, F. et al. Past, present and future of soil quality indices: a biological perspective. *Geoderma*, v. 147, n. 3, p. 159-171, 2008.

BELLOTTO, A., VIANI, R.A.G., NAVE, A.G., GANDOLFI, S. & RODRIGUES, R.R. 2009. Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade das ações de restauração e para redefinição metodológica. In: R.R. Rodrigues, P.H.S. Brancalion & I. Isernhagen. (orgs.). Pacto pela restauração da mata atlântica: Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. 1 ed. LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, São Paulo.CARVALHO, Newton de Oliveira. *Hidrossedimentologia prática*. 2. Ed *Revisada e ampliada.* Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2008. 599 p

BENNIE, A.T.P. Growth and mechanical impedance. In: WAISEL,Y.; ESHEL, A. & KAFKAFI, U., eds. Plants roots: the hiddenhalf. 2.ed. New York, Marcel Dekker, 1996. p.453-470.

BEULTER, A. N.; CENTURION J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.39, n.6, p.581-588, jun. 2004.

BEUTLER, Amauri Nelson; CENTURION, José Frederico. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 6, p. 581-588, 2004.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

BRASIL. Decreto nº6.660, de 21 de novembro de 2008. Regulamenta dispositivos da Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica.

BRAZ, A. M., DE ANDRADE ÁGUAS, T., & GARCIA, P. H. M. (2015). Análise de índices de vegetação NDVI e SAVI e Índice de Área Folear (IAF) para a comparação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do córrego ribeirãozinho, município de Selvíria–MS. *Revista Percurso*, *7*(2), 5-22. 2015.

BVAN, Raij. Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: contexto mundial e técnicas de suporte. Piracicaba: INPI-Brasil, p. 349-82, 2010.

CARVALHO, Newton de Oliveira. *Hidrossedimentologia prática*. 2. Ed Revisada e ampliada. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 599 p. 2008

CESAR, M. N.; Z.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D.; URQUIAGA, S. S. C. PADOVAN, M. P. Performance de adubos verdes cultivados em duas épocas do ano no Cerrado do Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Agroecologia, 6(2): 159-169. 2011.

CHAVE, J.,*et al.*,. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global change biology*, 20(10), 3177-3190. 2014.

CHAVE, Jérôme et al. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global change biology*, v. 20, n. 10, p. 3177-3190. 2014.

CINTRA, FLD; LIBARDI, P. L.; JORGE, LAC. Distribuição do sistema radicular do citros em solo de tabuleiro costeiro. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDOS DE CASOS. Anais... Aracajú. 1999. p. p179-189.

COLTRI, P. P., ROMANI, L. A. S., DUBREUIL, V., CORGNE, S., JUNIOR, J. Z., & PINTO, H. S. Variação temporal da biomassa do café arábica arborizado e a pleno sol, através de índices de vegetação. In XV *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*-SBSR. INPE (pp. 531-538). INPE, 2011.

Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. 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.

Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução 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.

CUPOLILLO, F. 2008. (Tese de Doutorado). Diagnóstico Hidroclimático da Bacia do Rio Doce. Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Belo Horizonte. 2008.

DALL'AGLIO-HOLVORCEM, C.G.; MESQUITA, C.A.B.; SILVA, T.B.; MORAES, A.P.; NETTO, D.S.A.; BENINI, R.M.; MENEZES, P.D.; TIEPOLO, G. e BEDE, L.C. Corredor ecológico Monte Pascoal–Pau-Brasil. In: PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H.C.; TAFFARELLO, D .*et al.,* Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil. São Paulo: *SMA/CBRN*, p. 274, 2013.

DE ARAÚJO, Ademir Sérgio Ferreira; MONTEIRO, Regina Teresa Rosim. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Bioscience Journal*, v. 23, n. 3, 2007.

DOS SANTOS, J. V. et al. Soil biological attributes in arsenic-contaminated gold mining sites after revegetation. *Ecotoxicology*, v. 22, n. 10, p. 1526–1537, 2013.

DRUMOND, Marcos Antonio et al. Alterações fitossociológicas e edáficas na Mata Atlântica em função das modificações da cobertura vegetal. *Revista Árvore*, v. 20, n. 4, p. 451-466, 1996.

EIRAS, P. P.; COELHO, F. C. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura de milho. Inter Science place. Ano 4 - Nº 17 Abril /Junho.2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2ª. ed. rev. – Rio de Janeiro, 230p., 2011.

FERNANDES, M.F.; BARRETO, A.C.; EMÍDIO FILHO, J. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. *Revista agropecuária brasileira, Brasília*, v.34, n.9, p.1593-1600, 1999.

FERREIRA *et al*. Produção de biomassa por cultivos de cobertura do solo e produtividade do algodoeiro em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.6, p.546-553, jun. 2010.

GALVÃO, A.C; DURIGAN, G.. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. 2006.

GAZEL, D. L. T.; TAMOS, D. C.; DIAS, H. C. T. Revegetação das áreas mineiradas pela extração de ouro por draga nas margens do Rio Gualaxo do Norte, Mariana-MG. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 2.,2. 2009, Taubaté. Recuperação de áreas degradadas, serviços ambientais e sustentabilidade. Anais... Taubaté: IPABHi, 2009. p. 297-304.

GEOPIXEL Soluções em Geotecnologia e TI. Relatório Metodológico e de Resultados da Geração dos Índices de Vegetação e Modelo de Mistura". 2017

GOLDER. Tailings dam breach geomorphological and hidrological assessment. Submetido em julho, 2016.

GOLDER. Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistema de Água e Sedimentos. Última versão submetido em Abril, 2017.

HAERTEL, Vitor F.; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. Spectral linear mixing model in low spatial resolution image data. IEEE *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 43, n. 11, p. 2555-2562, 2005.

HANN, C. T.; BARFIELD, B. J.; HAYES, J. C. Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments. 1994.

HEINEMEYER, O. et al. Soil microbial biomass and respiration measurements: An automated technique based on infra-red gas analysis. *Plant and Soil*, v. 116, n. 2, p. 191–195, 1989.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2007. *Manual Técnico de Pedologia* 2007

IIJIMA, M. et al. Effects of soil compaction on the development of rice and maize root systems. *Environmental and Experimental Botany*, v. 31, n. 3, p. 333-342, 1991.

Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Acompanhamento da qualidade das águas superficiais do rio Doce após o rompimento da barragem da Samarco no distrito de Bento Rodrigues – Mariana/MG. Março de 2017.2017.

JENKINSON, D.S. & LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A. & LADD, J.N., eds., *Soil Biol. Biochem.*, 5:415-471, 1981.

JIMENEZ, Rodrigo L. et al. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 2, p. 116-121, 2008.

JORGE, L.A.C.; CRESTANA, S. 1996. SIARCS 3.0: novo aplicativo para análise de imagens digitais aplicado a ciência do solo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIENCIA DO SOLO, 13., ago. 1996, Águas de Lindoia, SP. Solo suelo 96. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. *Embrapa* Instrumentação. 1996.

JÚNIOR, NOGUEIRA et al. Allometric equations for estimating tree biomass in restored mixed-species Atlantic Forest stands. *Biota Neotropica*, 14: 2 e20130084, 2014.

L.S. Bernstein, X. Jin, B. Gregor and S.M. Adler-Golden, *The Quick Atmospheric Correction (QUAC) Code: Algorithm Description and Recent Upgrades*, *SPIE Optical Engineering*, Vol.51(11), 111719. 2012.

LAMLOM, S. H.; SAVIDGE, R. A. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. *Biomass and Bioenergy*, v. 25, n. 4, p. 381-388, 2003.

LIMA FILHO, OSCAR FONTÃO DE; et al. 2014. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas. Brasília, DF: *EMBRAPA*. 2014

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants.New York, *Academic Press*, 1995. 889p

MATERECHERA, S.A.; ALSTON, A.M.; KIRBY, J.M. & DEXTER, A.R. Influence of root diameter on the penetration of seminal roots into a compacted subsoil. *Plant Soil*, 144:297-303, 1992

MULLER, I.; B. SCHMID & J. WEINER. The effect of nutrient availability on biomass allocation patterns in 27 species of herbaceous plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 3:115–127. 2000.

NIELSEN, Mette Neiendam et al. Microorganisms as indicators of soil health. *National Environmental Research Institute*, 2002.

PÁDUA, F. T.; ALMEIDA, J. C. C.; MAGIERO, J. Q.; NEPOMUCENO, D. D.; SILVA, T. O. e ROCHA, N. S. 2004. Produção de matéria seca e de sementes de leguminosas forrageiras tropicais cultivadas em diferentes espaçamentos. *Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida*, Seropédica, RJ: EDUR, v. 24, n.2, p. 67-71, jul.-dez. 2004

PATENAUDE, G., HILL, R. A., MILNE, R., GAVEAU, D. L., BRIGGS, B. B. J., & DAWSON, T. P. Quantifying forest above ground carbon content using LiDAR remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 93(3), 368-380, 2004.

PAULO CÉSAR TIMOSSI; JULIO CEZAR DURIGAN; GILSON JOSÉ LEITE. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. Bragantia, Campinas, v.66, n.4, p.617-622. 2007.

PIZARRO, E. A.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, M. A. Forage potential and seed production of accessions of selected Calopogonium mucunoides in the Brazilian Cerrados. *Past Trop*, v. 18, p. 25-31, 1996.

POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C & CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.*, 19:159-164, 1987.

QUADROS, P. D. DE *et al.* Coal mining practices reduce the microbial biomass, richness and diversity of soil. Applied *Soil Ecology*, v. 98, p. 195–203, 2016.

BVAN, Raij. Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: contexto mundial e técnicas de suporte. Piracicaba: INPI-Brasil, p. 349-82, 2010.

RAYOL, B. P.; ALVINO-RAYOL F. O. 2012. Uso de feijão guandu (Cajanus cajan (L.) Millsp.) para adubação verde e manejo agroecológico de plantas espontâneas em reflorestamento no estado do Pará *Revista Brasileira de Agroecologia*, 7(1): 104-110. 2012

RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29, p. 297-300, 2005.

RUSSELL, R.S. & GOSS, M.J. Physical aspects of soil fertility - The response of roots to mechanical impedance. Neth. J. *Agric. Sci.*, 22:305-318, 1974

SANTIAGO, M. M., SILVA, H. A., GALVINCIO, J. D., & OLIVEIRA, T. H. Análise da cobertura vegetal através dos índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) no entorno da Barragem do Botafogo-PE. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 14, 3003-3009, 2009.

SANTOS, L. C. 2008. Crescimento inicial de leguminosas forrageiras tropicais inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio. *Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual de Santa Cruz* – UESC. 2008.

SCHAEFER C. E. G. R.; SANTOS E. E.; FERNANDES FILHO E. I.; ASSIS I. R. 2016. Paisagens de Lama: Os Tecnossolos para recuperação ambiental de áreas afetadas pelo desastre da barragem do Fundão, em Mariana. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. *Boletim informativo* vol.1, n. 1. 2016 (jan./abr. 2016).

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MARONEZZI, A. C.; TAFFAREL, V.; TAFFAREL, J. Plantio direto do arroz de sequeiro de alta tecnologia na zona tropical úmida do centro-norte do Mato Grosso. Informações agronômicas, Piracicaba, n. 86, p. 1-28, jun. Encarte técnico. 1999.

SHEORAN, V.; SHEORAN, A. S.; POONIA, P. Soil Reclamation of Abandoned Mine Land by Revegetation: A Review. International *Journal of Soil, Sediment and Water*, v. 3, n. 2, p. 1–21, 2010.

SHIMABUKURO, Yosio Edemir; SMITH, James A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. IEEE *Transactions on Geoscience and Remote sensing*, v. 29, n. 1, p. 16-20, 1991.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, n. 2, 2001.

SOUTO, M. A.; BOERGER, M. R. T. Estrutura e composição do estrato de regeneração e vegetação associada de diferentes estádios sucessionais no leste do Paraná. Revista Ciência Florestal, Santa Maria, v.21, n.3, p. 393-407, jul./set. 2011.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro: I. nas propriedades físico-hídricas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v. 6, n. 2, p. 213-218, maio/ago.2002.

ŚWIECIŁO, A.; ZYCH-WEZYK, I. Bacterial stress response as an adaptation to life in a soil environment. Polish *Journal of Environmental Studies*, v. 22, n. 6, p. 1577–1587, 2013.

TAYLOR, HiM; BRAR, G. S. Effect of soil compaction on root development. *Soil and Tillage Research*, v. 19, n. 2-3, p. 111-119, 1991.

TEIXEIRA, P. R. et al.. Adubação verde na recuperação de solos degradados do campus rural do IFPA no município de Conceição do Araguaia. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, Salvador-BA. 2013

TIMOSSI, P.C.; DURIGAN, J.C.; LEITE, G.J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema de plantio direto. *Bragantia*, v.66, p.617-622, 2007.

TÓTOLA, M. R. & CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V., V. H. et al. Tópicos em ciência do solo/ publicação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. – vol. 1 (2000) – Viçosa: *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 2000. pp. 195-276.

VALCARCEL, R.; VALENTE, F. D. W.; MOROKAWA, M. J.; NETO, F. V. C.; PEREIRA, C. R. Avaliação da biomassa de raízes finas em área de empréstimo submetida a diferentes composições de espécies. *Revista Árvore*, vol. 31, núm. 5, pp. 923-930. 2007.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. & JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 19:703-707, 1987.

WALKLEY, A. & BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37:29-38, 1934.

WALL, D. H.; NIELSEN, U. N.; SIX, J. Perspective Soil biodiversity and human health. *Nature*, v. 528, p. 69–76,. 2015.

WHITELEY, G. M.; DEXTER, A. R. 1982. Root development and growth of oilseed, wheat and pea crops on tilled and nontilled soil. Soil and Tillage Research, v.2, p.379-393.Zar, J. Bioestatistical Analysis. 5ª edição. New Jersey, *Pentice Hall*. 2010.

WISCHMEIER, Walter H.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B. V. Soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. 1971.

**GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.**

Diego Oliveira
Engenheiro Agrônomo M.Sc.

Antônio Freitas
Engenheiro Químico Ph.D.

DO/AF/aes

Golder, Golder Associates e os símbolos GA e globo são marcas registradas da Golder Associates Corporation.

q:\3-projetos\2015\2-meio ambiente\159 515 2282_samarco\3-relatorio\rt - relatório técnico\rt-049_159-515-2282_02-b\1-texto\rt-049_159-515-2282_02-b.docx

# ANEXO A

## Laudo Laboratorial de Análise de Sementes – APSEMG

APSEMG
Associação dos Produtores de Sementes e Mudas do Estado de Minas Gerais

**Laboratório de Análise de Sementes**
**Credenciamento no RENASEM nº MG-01938/07**
**Av. Amazonas, 6.020 – Bairro Gameleira**
**CEP 30.510-000 – Belo Horizonte – Minas Gerais**
**Telefax: (31) 3372-8989** e-mail: apsemg@apsemg.com.br

Requerente: **Golder Associates Brasil e Projetos Ltda.**
Endereço: Rua Pernambuco, N º 1.000 – 10º andar Bairro Funcionários – Belo Horizonte/MG CEP: 30.130 - 151

# AMOSTRA 01

**Peso Inicial : 422,600 (g)** **Peso Final: 418,422 (g)** **Perdas: 4,178 (g)**

| | Nome Científico | Nome Comum | Composição da Amostra | |
|---|---|---|---|---|
| I | Espécies Cultivadas | | Sementes (g) | Sementes (%) |
| 01 | *Lablab purpureus* | Lab lab | 39,312 | 9,40 |
| 02 | *Lupinus albus* | Tremoço branco | 1,418 | 0,34 |
| 03 | *Stylosanthes* spp | Estilosantes | 6,321 | 1,51 |
| 04 | *Sorghum bicolor* | Sorgo | 17,414 | 4,16 |
| 05 | *Vigna unguiculata* | Feijão-miúdo | 22,145 | 5,29 |
| 06 | *Helianthus annus* | Girassol | 27,547 | 6,58 |
| 07 | *Vicia sativa* | Ervilhaça | 22,824 | 5,45 |
| 08 | *Cajanus cajan* | Guandu | 38,776 | 9,27 |
| 09 | *Crotalaria* spp | Crotalária | 86,166 | 20,59 |
| 10 | *Pueraria phaseoloides* | Pueraria | 0,212 | 0,05 |
| 11 | *Neonotonia wightii* | Soja perene | 27,281 | 6,52 |
| 12 | *Triticum aestivum* | Trigo | 0,335 | 0,08 |
| 13 | *Lolium multiflorum* | Azévem | 19,648 | 4,70 |
| 14 | *Avena strigosa* | Aveia preta | 24,220 | 5,79 |
| 15 | *Canavalia ensiformis* | Feijão de porco | 33,391 | 7,98 |
| 16 | *Brachiaria* spp | Brachiária | 0,090 | 0,02 |
| 17 | *Pennisetum glaucum* | Pasto italiano | 0,190 | 0,05 |
| | Total I: | | 367,290 | 87,78 |
| II | Espécies Silvestres | | | |
| 01 | *Amaranthus* spp | Carurú | 9,905 | 2,37 |
| 02 | *Sida* spp | Guanxuma | 0,140 | 0,03 |
| 03 | *Ipomoea* spp | Corda de viola | 2,788 | 0,67 |
| 04 | *Senna obtusifolia* | Fedegoso | 17,732 | 4,24 |
| 05 | *Commelina agraria* | Trapoeraba | 0,091 | 0,02 |
| 06 | *Sorghum halepense* | Sorgo de halepo | 0,091 | 0,02 |
| 07 | Outras | | 11,309 | 2,70 |
| | Total II : | | 42,056 | 10,05 |
| III | Material Inerte | | 9,076 | 2,17 |
| TOTAL: | | | 418,422 | 100,00 |

**Observações:** Natureza do Material Inerte: Fragmento de plantas, sementes chochas, pedras e terra.

Belo Horizonte, 17 de fevereiro de 2017.

*Engª Agrª Maria Selma*
*Renasem: MG-00691/2006*

APSEMG
Associação dos Produtores de Sementes e Mudas do Estado de Minas Gerais

**Laboratório de Análise de Sementes**
**Credenciamento no RENASEM nº MG-01938/07**
**Av. Amazonas, 6.020 – Bairro Gameleira**
**CEP 30.510-000 – Belo Horizonte – Minas Gerais**
**Telefax: (31) 3372-8989** e-mail: apsemg@apsemg.com.br

Requerente: Golder Associetes Brasil e Projetos Ltda.
Endereço: Rua Pernambuco, N º 1.000 – 10º andar Bairro Funcionários – Belo Horizonte/MG CEP: 30.130 - 151

# AMOSTRA 02

**Peso Inicial : 215,300 (g)** **Peso Final: 211,593 (g)** **Perdas: 3,707 (g)**

| | Nome Científico | Nome Comum | Composição da Amostra | |
|---|---|---|---|---|
| I | Espécies Cultivadas | | Sementes (g) | Sementes (%) |
| 01 | *Lablab purpureus* | Lab lab | 28,858 | 13,64 |
| 02 | *Lupinus albus* | Tremoço branco | 1,096 | 0,52 |
| 03 | *Stylosanthes* spp | Estilosantes | 2,784 | 1,32 |
| 04 | *Sorghum bicolor* | Sorgo | 11,166 | 5,28 |
| 05 | *Vigna unguiculata* | Feijão-miúdo | 14,356 | 6,78 |
| 06 | *Helianthus annus* | Girassol | 7,165 | 3,39 |
| 07 | *Vicia sativa* | Ervilhaça | 14,822 | 7,00 |
| 08 | *Cajanus cajan* | Guandu | 23,230 | 10,98 |
| 09 | *Crotalaria* spp | Crotalária | 32,371 | 15,30 |
| 10 | *Pueraria phaseoloides* | Pueraria | 0,035 | 0,02 |
| 11 | *Triticum aestivum* | Trigo | 0,984 | 0,46 |
| 12 | *Lolium multiflorum* | Azévem | 10,161 | 4,80 |
| 13 | *Avena strigosa* | Aveia preta | 15,943 | 7,53 |
| 14 | *Canavalia ensiformis* | Feijão de porco | 18,879 | 8,92 |
| 15 | *Neonotonia wightii* | Soja perene | 8,438 | 3,99 |
| | Total I | | 190,288 | 89,93 |
| II | Espécies Silvestres | | | |
| 01 | *Amaranthus* spp | Carurú | 3,269 | 1,54 |
| 02 | *Sida* spp | Guanxuma | 0,163 | 0,08 |
| 03 | *Ipomoea* spp | Corda de Viola | 0,809 | 0,38 |
| 04 | *Senna obtusifolia* | Fedegoso | 9,688 | 4,58 |
| 04 | Outras | | 4,922 | 2,33 |
| | Total II | | 18,851 | 8,91 |
| III | Material Inerte | | 2,454 | 1,16 |
| TOTAL: | | | 211,593 | 100,00 |

**Observações:** Natureza do Material Inerte: Fragmento de plantas, sementes chochas, pedras e terra.

**Belo Horizonte, 17 de fevereiro de 2017.**

*Engª Agrª Maria Selma*
*Renasem: MG-00691/2006*
*Responsável Técnica*

APSEMG
Associação dos Produtores de Sementes e Mudas do Estado de Minas Gerais

**Laboratório de Análise de Sementes**
**Credenciamento no RENASEM nº MG-01938/07**
**Av. Amazonas, 6.020 – Bairro Gameleira**
**CEP 30.510-000 – Belo Horizonte – Minas Gerais**
**Telefax: (31) 3372-8989** e-mail: apsemg@apsemg.com.br

Requerente: Golder Associetes Brasil e Projetos Ltda.
Endereço: Rua Pernambuco, N º 1.000 – 10º andar Bairro Funcionários – Belo Horizonte/MG CEP: 30.130 - 151

# AMOSTRA 03

**Peso Inicial :** 157,900 **(g)** **Peso Final:** 155,516 **(g)** **Perdas:** 2,384 **(g)**

| | Nome Científico | Nome Comum | Composição da Amostra | |
|---|---|---|---|---|
| I | Espécies Cultivadas | | Sementes (g) | Sementes (%) |
| 01 | *Lupinus albus* | Tremoço branco | 8,237 | 5,30 |
| 02 | *Sorghum bicolor* | Sorgo | 11,533 | 7,42 |
| 03 | *Vigna unguiculata* | Feijão-miúdo | 7,888 | 5,07 |
| 04 | *Helianthus annus* | Girassol | 16,571 | 10,66 |
| 05 | *Cajanus cajan* | Guandu | 19,126 | 12,30 |
| 06 | *Crotalaria* spp | Crotalária | 33,139 | 21,31 |
| 07 | *Pueraria phaseoloides* | Pueraria | 0,103 | 0,07 |
| 08 | *Lolium multiflorum* | Azévem | 3,552 | 2,28 |
| 09 | *Avena strigosa* | Aveia preta | 13,875 | 8,92 |
| 10 | *Canavalia ensiformis* | Feijão de porco | 5,908 | 3,80 |
| 11 | *Neonotonia wightii* | Soja perene | 7,368 | 4,74 |
| 12 | *Pennisetum glaucum* | Pasto italiano | 7,923 | 5,09 |
| | Total I | | 135,223 | 86,96 |
| II | Espécies Silvestres | | | |
| 01 | *Amaranthus* spp | Carurú | 3,172 | 2,04 |
| 02 | *Sida* spp | Guanxuma | 0,223 | 0,14 |
| 03 | *Ipomoea* spp | Corda de viola | 0,437 | 0,29 |
| 04 | *Senna obtusifolia* | Fedegoso | 1,314 | 0,84 |
| 05 | *Rumex acetosella* | Azedinha | 0,465 | 0,30 |
| 06 | *Setaria kazangula* | Capim setária | 0,126 | 0,08 |
| 06 | Outras | | 2,820 | 1,81 |
| | Total II | | 8,557 | 5,50 |
| III | Material Inerte | | 11,726 | 7,54 |
| TOTAL: | | | 155,516 | 100,00 |

**Observações:** Natureza do Material Inerte: Fragmento de plantas, sementes chochas, pedras e terra.

**Belo Horizonte, 17 de fevereiro de 2017.**

*Engª Agrª Maria Selma*
*Renasem: MG-00691/2006*
*Responsável Técnica*

APSEMG
Associação dos Produtores de Sementes e Mudas do Estado de Minas Gerais

**Laboratório de Análise de Sementes**
**Credenciamento no RENASEM nº MG-01938/07**
**Av. Amazonas, 6.020 – Bairro Gameleira**
**CEP 30.510-000 – Belo Horizonte – Minas Gerais**
**Telefax: (31) 3372-8989** e-mail: apsemg@apsemg.com.br

Requerente: Golder Associetes Brasil e Projetos Ltda.
Endereço: Rua Pernambuco, N ° 1.000 – 10º andar Bairro Funcionários – Belo Horizonte/MG CEP: 30.130 - 151

# AMOSTRA 04

**Peso Inicial : 165,800 (g)** **Peso Final: 162,351 (g)** **Perdas: 3,449 (g)**

| | Nome Científico | Nome Comum | Composição da Amostra | |
|---|---|---|---|---|
| I | Espécies Cultivadas | | Sementes (g) | Sementes (%) |
| 01 | *Lupinus albus* | Tremoço branco | 11,598 | 7,14 |
| 02 | *Lablab purpureus* | Lab lab | 7,906 | 4,87 |
| 03 | *Stylosanthes* spp | Estilosantes | 0,735 | 0,45 |
| 04 | *Cajanus cajan* | Guandu | 15,572 | 9,59 |
| 05 | *Crotalaria* spp | Crotalária | 14,832 | 9,14 |
| 06 | *Pueraria phaseoloides* | Pueraria | 4,511 | 2,78 |
| 07 | *Lolium multiflorum* | Azévem | 14,215 | 8,75 |
| 08 | *Avena strigosa* | Aveia preta | 14,998 | 9,24 |
| 09 | *Neonotonia wightii* | Soja perene | 0,639 | 0,39 |
| 10 | *Pennisetum glaucum* | Pasto italiano | 0,336 | 0,21 |
| 11 | *Triticum aestivum* | Trigo | 1,584 | 0,98 |
| 12 | *Trifolium repens* | Trevo branco | 12,345 | 7,60 |
| 13 | *Paspalum notatum* | Pensacola | 8,923 | 5,50 |
| 14 | *Panicum maximum* | Capim colonião | 8,730 | 5,38 |
| 15 | *Cynodon dactylon* | Capim de burro / bermuda | 0,604 | 0,37 |
| 16 | *Mucuna pruriens* | Mucuna preta | 14,152 | 8,72 |
| 17 | *Melinis minutiflora* | Capim gordura | 0,463 | 0,29 |
| | Total I | | 132,143 | 81,40 |
| II | Espécies Silvestres | | | |
| 01 | *Rumex acetosella* | Azedinha | 0,123 | 0,08 |
| 02 | *Commelina agraria* | Trapoeraba | 0,073 | 0,04 |
| 03 | Outras | | 0,083 | 0,05 |
| | Total II | | 0,279 | 0,17 |
| III | Material Inerte | | 29,929 | 18,43 |
| TOTAL: | | | 162,351 | 100,00 |

**Observações:** Natureza do Material Inerte: Fragmento de plantas, sementes chochas, pedras e terra.

**Belo Horizonte, 17 de fevereiro de 2017.**

*Engª Agrª Maria Selma*
*Renasem: MG-00691/2006*
*Responsável Técnica*

# ANEXO B

## Áreas Amostrais para o Monitoramento Vegetação

664400 664400 664800 665200 665600 666000 666400

7760000 7759600 7759200 7758800

TG03

M03

Área 4

Área 3

664400 664400 664800 665200 665600 666000 666400

**LEGENDA**

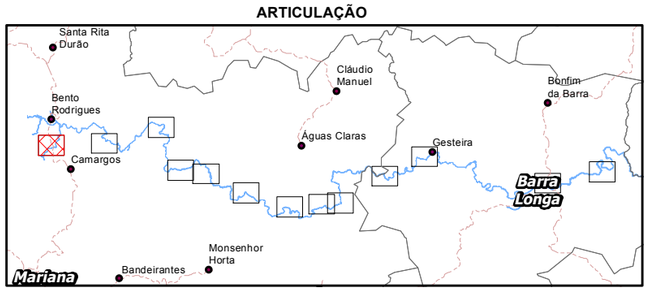
Área prioritárias

**Área de monitoramento**

Planície

Tributário

**ARTICULAÇÃO**




**LOCALIZAÇÃO**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS2000

0 75 150 300 m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**ÁREAS AMOSTRAIS PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| N° PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:7.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | nov/2017 | **Folha: 01** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_bioticolarea_monit_veg_A3.mxd

668 900 | 669 000 | 669 100 | 670 000 | 670 100 | 670 200

7760 000 | 7759 900 | 7759 800

Área 13

TG11

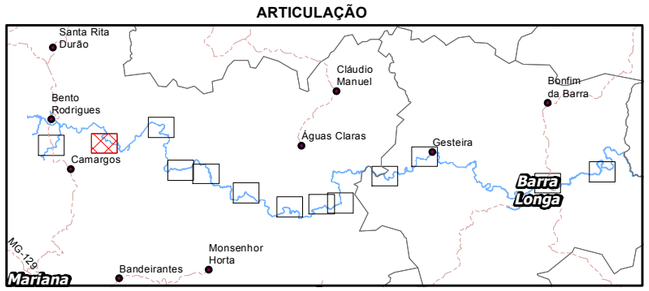
**LEGENDA**

- Área prioritárias

**Área de monitoramento**

- Tributário

**ARTICULAÇÃO**




**LOCALIZAÇÃO**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS2000

0 75 150 300 m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**ÁREAS AMOSTRAIS PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| N° PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:7.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | nov/2017 | **Folha: 02** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_bioticolarea_monit_veg_A3.mxd

672800 673200 673600 674000 674400 674800 675200 675600

7761800 7761200 7760600 7760000

B36

Área 11

Área de Regeneração Natural

672800 673200 673600 674000 674400 674800 675200 675600

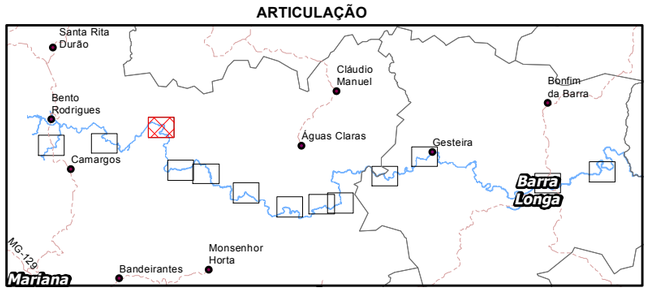
**LEGENDA**

- Área prioritárias

**Área de monitoramento**

- Planície
- Tributário

**ARTICULAÇÃO**




**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS2000

0 75 150 300 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**ÁREAS AMOSTRAIS PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| N° PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:8.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | nov/2017 | **Folha: 03** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\area_monit_veg_A3.mxd

674400 674800 675200 675600 676000 676400 676800

7758000 7757600 7757200 7756800

Área 10

M08

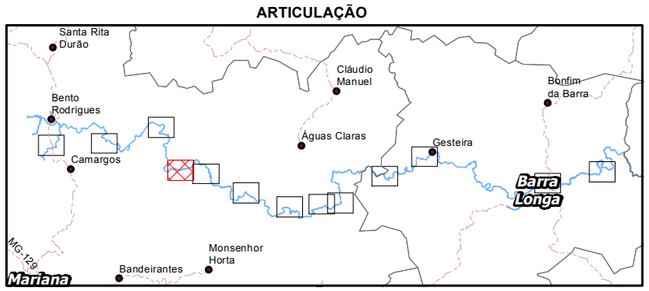
**LEGENDA**

- Área prioritárias

**Área de monitoramento**

- Planície

**ARTICULAÇÃO**




**LOCALIZAÇÃO**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS2000

0 75 150 300 m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**ÁREAS AMOSTRAIS PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| N° PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:7.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | nov/2017 | **Folha: 04** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\area_monit_veg_A3.mxd

676 600 | 677 200 | 677 800 | 678 400 | 678 800

7757 600 | 7756 800

Área 10

TG20

676 600 | 677 200 | 677 800 | 678 400 | 678 800

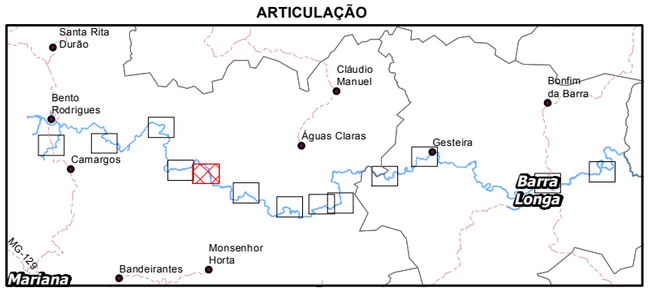
**LEGENDA**

- Área prioritárias

**Área de monitoramento**

- Tributário

**ARTICULAÇÃO**




**LOCALIZAÇÃO**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS2000

0 75 150 300 m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**ÁREAS AMOSTRAIS PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| N° PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:7.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | nov/2017 | **Folha: 05** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_bioticolarea_monit_veg_A3.mxd

680 000 680 400 680 800 681 200 681 600 682 000

7756 000 7755 800 7755 600 7755 400 7755 200 7755 000

Área 8

B65

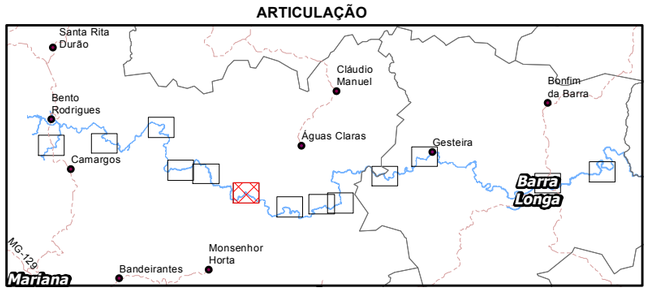
**LEGENDA**

- Área prioritárias

**Área de monitoramento**

- Planície

**ARTICULAÇÃO**




**LOCALIZAÇÃO**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS2000

0 75 150 300 m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**ÁREAS AMOSTRAIS PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| N° PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:7.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | nov/2017 | **Folha: 06** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_bioticolarea_monit_veg_A3.mxd

683 200 | 683 600 | 684 000 | 684 400 | 684 800 | 685 200 | 685 600

7755 000 | 7754 400 | 7754 000

Área 5

B82

Área 7

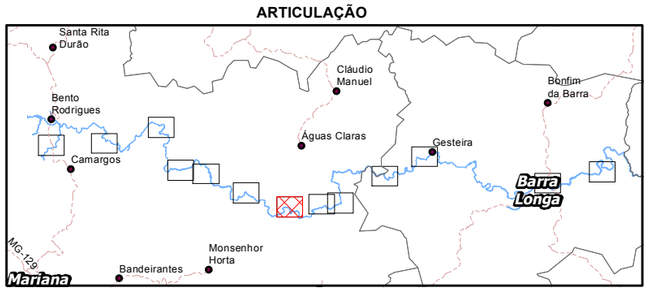
**LEGENDA**

- Área prioritárias

**Área de monitoramento**

- Planície

**ARTICULAÇÃO**




**LOCALIZAÇÃO**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS2000

0 75 150 300 m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**ÁREAS AMOSTRAIS PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

| | | | |
|---|---|---|---|
| | N° PROJETO: 159-515-2282 | | ESCALA: 1:7.000 |
| GIS | FPS | nov/2017 | **Folha: 07** |
| REV | DO | 00 | |

Golder Associates

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_22821\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_bioticolarea_monit_veg_A3.mxd

686000 686400 686800 687200 687600 688000

7755000 7754800 7754600 7754400

TG34

Área 7

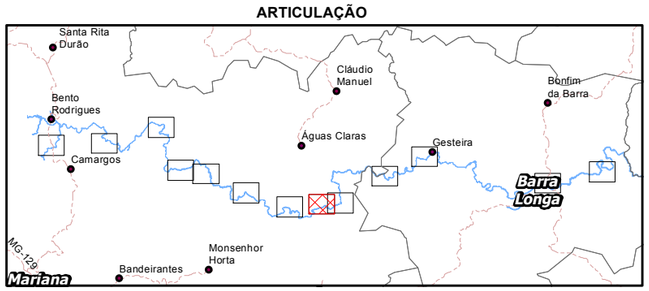
**LEGENDA**

Área prioritárias

**Área de monitoramento**

Tributário

**ARTICULAÇÃO**




**LOCALIZAÇÃO**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS2000

0 75 150 300 m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**ÁREAS AMOSTRAIS PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| N° PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:7.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | nov/2017 | **Folha: 08** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_22821\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\area_monit_veg_A3.mxd

687800 688000 688200 688400 688600 689200 689400

7755200 7754800 7754400

B98

Área 7

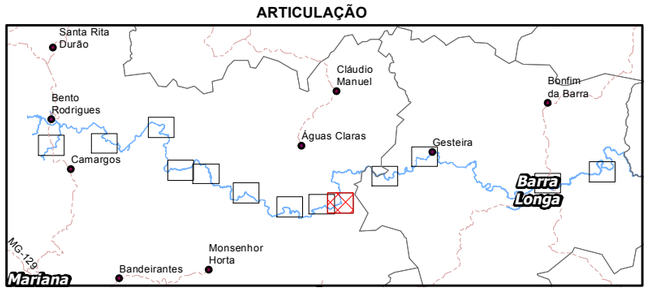
**LEGENDA**

Área prioritárias

**Área de monitoramento**

Planície

**ARTICULAÇÃO**




**LOCALIZAÇÃO**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS2000

0 75 150 300 m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**ÁREAS AMOSTRAIS PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

| | | | |
|---|---|---|---|
| N° PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:7.000 |
| GIS | FPS | nov/2017 | **Folha: 09** |
| REV | DO | 00 | |

Golder Associates

Document Path: S:\Sig\201512_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\area_monit_veg_A3.mxd

691 200 691 600 692 000 692 400 692 800 693 200

7757 200 7757 000 7756 800 7756 600

Área 9

TG44

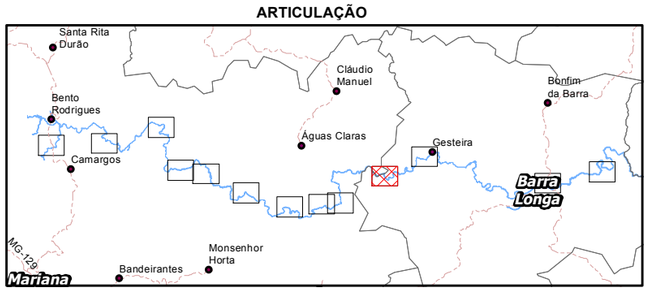
**LEGENDA**

- Área prioritárias

**Área de monitoramento**

- Tributário

**ARTICULAÇÃO**




**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS2000

0 75 150 300 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**ÁREAS AMOSTRAIS PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| N° PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:7.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | nov/2017 | **Folha: 10** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_bioticolarea_monit_veg_A3.mxd

694400 694400 694800 695200 695600 696000 696400

7759200 7758800 7758400 7758000

Área 6

B139

Área 9

694400 694400 694800 695200 695600 696000 696400

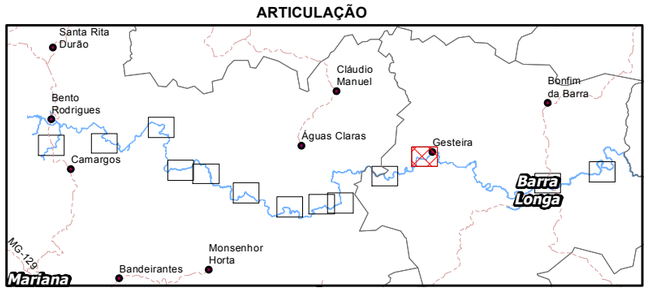
**LEGENDA**

Área prioritárias

**Área de monitoramento**

Planície

**ARTICULAÇÃO**




**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS2000

0 75 150 300 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**ÁREAS AMOSTRAIS PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| N° PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:7.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | nov/2017 | **Folha: 11** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\area_monit_veg_A3.mxd

704000 704400 704800 705200 705600 706000 706400

7756800 7756400 7756000

TC02

Área 15

Barra Longa

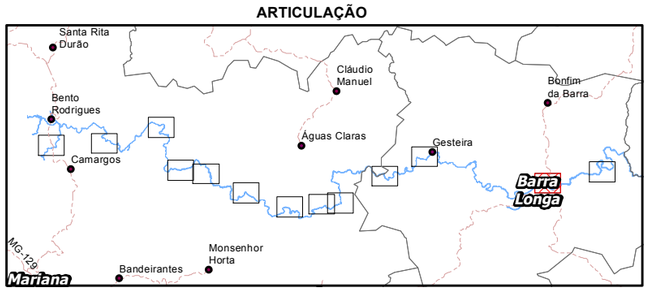
LEGENDA

Área prioritárias

**Área de monitoramento**

Tributário

**ARTICULAÇÃO**




**LOCALIZAÇÃO**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS2000

0 75 150 300 m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**ÁREAS AMOSTRAIS PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| N° PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:7.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | nov/2017 | **Folha: 12** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_22821\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_bioticolarea_monit_veg_A3.mxd

708 800 | 708 900 | 709 000 | 709 100 | 710 000 | 710 100 | 710 200

7758 000 | 7757 800 | 7757 600 | 7757 400 | 7757 200 | 7757 000 | 7756 800

TC05

Área 15

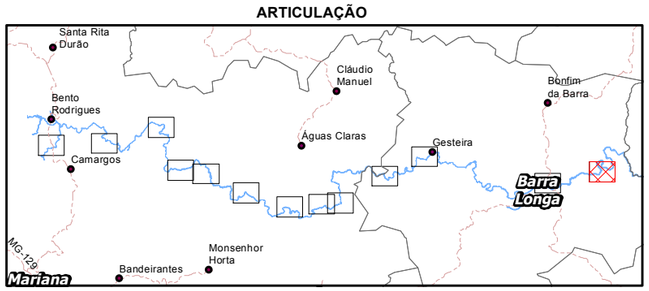
**LEGENDA**

- Área prioritárias

**Área de monitoramento**

- Tributário

**ARTICULAÇÃO**




**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum SIRGAS2000

0 75 150 300 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**ÁREAS AMOSTRAIS PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| N° PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:7.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | nov/2017 | **Folha: 13** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\area_monit_veg_A3.mxd

# ANEXO C

## Localização das Parcelas de Monitoramento da Biomassa Vegetal

664760 664880 665000 665120

7759160 7759040 7758920

M3P3 M3P2 M3P1 M3P6 M3P5 M3P4 M03 M3P12 M3P11 M3P10 Área 3 M3P9 M3P8 M3P7 Rio Gualaxo do Norte

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 1ª campanha
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 0 - 3
- 3,1 - 6
- 6,1 - 10
- 10,1 - 15
- >15

**ARTICULAÇÃO**

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 15 30 60 m

ESCALA GRÁFICA

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: | 159-515-2282 | ESCALA: | 1:1.500 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 3** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_22812_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

665360 665480 665600 665720 665840

7759880 7759760 7759640

TG03P6 TG03P5 TG03P4 TG03P9 TG03P8 TG03P7 TG03P1 TG03P2 TG03P3

TG03

Rio Gualaxo do Norte

Área 3

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 2ª campanha
- Rodovia
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 0 - 3
- 3,1 - 6
- 6,1 - 10
- 10,1 - 15

**ARTICULAÇÃO**

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 15 30 60 m

ESCALA GRÁFICA

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:1.500 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 3** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_22812_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

669200 669320 669440 669560 669680 669800 669920

7759760

7759640

7759520

Rio Gualaxo do Norte

Área 13

TG11

TG11P4

TG11P3

TG11P2

TG11P1

TG11P5

TG11P6

TG11P7

TG11P8

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 2ª campanha
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 0 - 3
- 3,1 - 6
- 6,1 - 10
- 10,1 - 15

**ARTICULAÇÃO**

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 20 40 80 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:2.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 13** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\201512_Meio_Ambiente\159_515_22812_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

673160 673280 673400 673520 673640 673760 673880 674000

7761320 7761200 7761080 7760960

Rio Gualaxo do Norte

B36P11 B36P10 B36P12 Área 11 B36P8 B36P9 B36P7 B36P6 B36P5 B36P4 B36 B36P1 B36P3 B36P2 Área 11

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 1ª campanha
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 0 - 3
- 3,1 - 6
- 6,1 - 10
- 10,1 - 15
- >15

**ARTICULAÇÃO**

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 25 50 100 m

ESCALA GRÁFICA

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:2.500 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 11** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_22822_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

674120 674240 674360 674480 674600 674720 674840 674960 675080 675200 675320 675440 675560

7760960 7760840 7760720 7760600 7760480 7760360 7760240

Área 11

Rio Gualaxo do Norte

Área de Regeneração Natural

TG16P3 TG16P1 TG16P2 CONTP3 CONTP1 CONTP2 TG16P4 TG16P6 TG16P5

Rio Gualaxo do Norte

Área 11

Área 11 Área 11

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 1ª campanha
- 2ª campanha
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 0 - 3
- 3,1 - 6
- 6,1 - 10
- 10,1 - 15
- >15

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

**ARTICULAÇÃO**

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 40 80 160 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:4.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 11** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_22822_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

675200 675320 675440 675560 675680 675800 675920 676040

7757720 7757600 7757480 7757360 7757240

Rio Gualaxo do Norte

M8P1 M8P2 M8P3 M8P4 M8P5 M8P6 M8P7 M8P8 M8P9 M8P10 M8P11 M8P12

Área 10

M08

675200 675320 675440 675560 675680 675800 675920 676040

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 1ª campanha
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 0 - 3
- 3,1 - 6
- 6,1 - 10
- 10,1 - 15

**ARTICULAÇÃO**

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 25 50 100 m

ESCALA GRÁFICA

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:2.500 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 10** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\201512_Meio_Ambiente\159_515_22812_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

677480 677600 677720 677840 677960

7757360 7757240 7757120

Área 10

Rio Gualaxo do Norte

TG20P6
TG20P5
TG20P4
TG20
TG20P1
TG20P2
TG20P3

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 2ª campanha
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 0 - 3
- 3,1 - 6
- 6,1 - 10
- 10,1 - 15

**ARTICULAÇÃO**

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 15 30 60 m

ESCALA GRÁFICA

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:1.500 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 10** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_228212_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

680720 680840 680960 681080 681200

7755680 7755560 7755440

Rio Gualaxo do Norte

B65P9
B65P8
B65P12
B65P7
B65P11
B65
B65P10
Área 8
B65P4
B65P5
B65P6
B65P3
B65P2
B65P1

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 1ª campanha
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 3,1 - 6
- 6,1 - 10
- 10,1 - 15
- >15

**ARTICULAÇÃO**

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 15 30 60 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:1.500 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 8** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

684080 684200 684320 684440 684560 684680

7754600 7754480 7754360

B82P11 B82P10 B82P12

B82

Área 5

Rio Gualaxo do Norte

B82P6 B82P5 B82P4

B82P3 B82P2 B82P1 B82P9 B82P8 B82P7

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 1ª campanha
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 0 - 3
- 3,1 - 6
- 6,1 - 10
- 10,1 - 15
- >15

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

**ARTICULAÇÃO**

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 20 40 80 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:2.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 5** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_228212_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

686600 686720 686840 686960 687080 687200 687320 687440

7754960 7754840 7754720 7754600 7754480

TG34 TG34P6 TG34P5 TG34P4 TG34P3 TG34P2 TG34P1

Área 7

Rio Guaiaxo do Norte

686600 686720 686840 686960 687080 687200 687320 687440

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 2ª campanha
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 0 - 3
- 3,1 - 6
- 6,1 - 10
- 10,1 - 15
- >15

**ARTICULAÇÃO**

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 25 50 100 m

ESCALA GRÁFICA

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:2.500 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 7** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_22812_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

688400 688520 688640

7754720

7754600

Rio Gualaxo do Norte

B98

B97

B97P1

B97P3

B97P2

Área 7

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 1ª campanha
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 0 - 3
- 3,1 - 6
- 6,1 - 10
- 10,1 - 15

**ARTICULAÇÃO**

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 10 20 40 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:1.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 7** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_22812_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

688520

688640

7754840

7754840

Rio Gualaxo do Norte

B98P4

B98P7

B98P5

B98P6

B98P8

Área 7

B98

B98P9

B97

688520

688640

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 1ª campanha
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 0 - 3
- 3,1 - 6

**ARTICULAÇÃO**

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 5 10 20 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:500 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 7** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

691880 692000 692120

7757000

7756880

TG44P3
TG44P2
TG44P1
TG44
Área 9
TG44P4
TG44P5
TG44P6
Rio Gualaxo do Norte

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 2ª campanha
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 0 - 3
- 3,1 - 6
- 6,1 - 10

**ARTICULAÇÃO**

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 10 20 40 m

ESCALA GRÁFICA

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| | | | |
|---|---|---|---|
| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:1.000 |
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 9** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_228212_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

694640 694760 694880 695000 695120 695240 695360 695480

7758440 7758320 7758200 7758080

B139P4 B139P5 B139P6 B139P3 B139 B139P2 B139P1

Área 6

B139P9 B139P8 B139P7 B139P12 B139P11 B139P10

Rio Guaxo do Norte

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 1ª campanha
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 0 - 3
- 3,1 - 6
- 6,1 - 10
- 10,1 - 15

**ARTICULAÇÃO**

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 25 50 100 m

ESCALA GRÁFICA

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | ESCALA: 1:2.500 |
|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 |
| REV | DO | 00 |

**Área 6**

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_22812_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

704840 704960 705080 705200 705320 705440 705560 705680

7756760 7756640 7756520 7756400

TC02P4
TC02P5
TC02P6
TC02
Área 15
TC02P8
TC02P7
TC02P9
TC02P2
TC02P1
TC02P3
Rio do Carmo

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**
- 2ª campanha
- Rodovia
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***
- 0 - 3
- 3,1 - 6
- 6,1 - 10
- 10,1 - 15

**ARTICULAÇÃO**

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 25 50 100 m

ESCALA GRÁFICA

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:2.500 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 15** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_22822_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

709400 709520 709640 709760 709880 710000 710120

7757480

7757360

7757240

Área 15

Rio do Carmo

TC05

TC05P1

TC05P2

TC05P3

TC05P6

TC05P5

TC05P4

**NOTA**: Imagens de Drone (abril/junho de 2017) fornecidas pela Fundação Renova (Geopixel). Imagens de T4 (dezembro/2016 a março/2017)

**LEGENDA**

**Parcelas de biomassa**

- 2ª campanha
- Área de monitoramento da vegetação
- Área prioritária
- Limite municipal

**Biomassa (t/ha)***

- 0 - 3
- 3,1 - 6
- 6,1 - 10
- 10,1 - 15

**ARTICULAÇÃO**

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 20 40 80 m

ESCALA GRÁFICA

*Isolinhas de biomassa a partir da correlação de dados das parcelas com o NDVI oriundo de imagem do sensor *Sentinel 2* de 30/03/2017 (planícies) e 18/06/2017 (tributários)

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**PARCELAS DE BIOMASSA PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | | ESCALA: 1:2.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | FPS | novembro/2017 | **Área 15** |
| REV | DO | 00 | |

Document Path: S:\Sig\201512_Meio_Ambiente\159_515_22812_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\parcelas_biom_campo_2_jun_A3.mxd

# ANEXO D

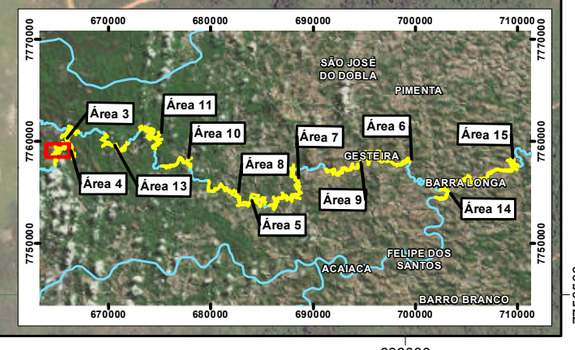
## Localização das Estacas de Monitoramento da Sedimentação em Estruturas de Contenção

664000 664500 665000 665500 666000

7759500 7759000 7758500

A3_R01 A3_R05 A3_R03 A3_R02 A3_R07 A3_R06

Área 4 Área 3




NOTA: Fonte de dados: Mosaico de Satélites World View 2 e 3, Geoeye. Imageamento de 31/12/2016 a 21/03/2017.

**LEGENDA**

**Altura de sedimento máximo acumulado (cm)**

- 0,0 - 5,0
- 5,1 - 10,0
- 10,1 - 15,0
- Áreas prioritárias

**Status das réguas**

- Ax Rxx - Mantido
- Ax Rxx - Interrompido
- Ax Rxx - Removido

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 62,5 125 250 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROSÃO**

TÍTULO:

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS – RÉGUAS GRADUADAS**

Golder Associates

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nº PROJETO: 169-515-2282 | | | ESCALA: 1:6.000 | |
| GIS | MTAguiar | out/2017 | | **Figura 1** |
| REV | DOliveira | 01 | | |

Document Path: S:\Sig\201512_Meio_Ambiente\159_515_22823_Produto\1_Originais\E41\erosao\Fig1_reg_monit_erosao_ap3_A3.mxd

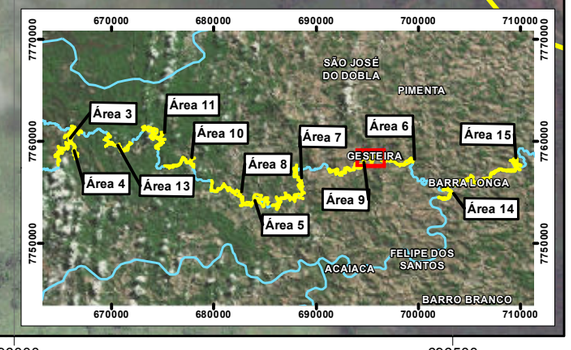
694500 695000 695500 696000 696500

7759000 7758500 7758000

Área 6

A6_R17
A6_R15
A6_R16
A6_R18
A6_R02
A6_R03
A6_R06
A6_R04
A6_R19
A6_R14
A6_R13
A6_R05
A6_R07
A6_R01

Área 9




NOTA: Fonte de dados: Mosaico de Satélites World View 2 e 3, Geoeye. Imageamento de 31/12/2016 a 21/03/2017.

**LEGENDA**

**Altura de sedimento máximo acumulado (cm)**

- 0,0 - 5,0
- 5,1 - 10,0
- 10,1 - 15,0
- 15,1 - 20,0
- 30,1 - 40,0
- Áreas prioritárias

**Status das réguas**

- Ax Rxx - Mantido
- Ax Rxx - Interrompido
- Ax Rxx - Removido

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 62,5 125 250 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROSÃO**

TÍTULO:

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS – RÉGUAS GRADUADAS**

Golder Associates

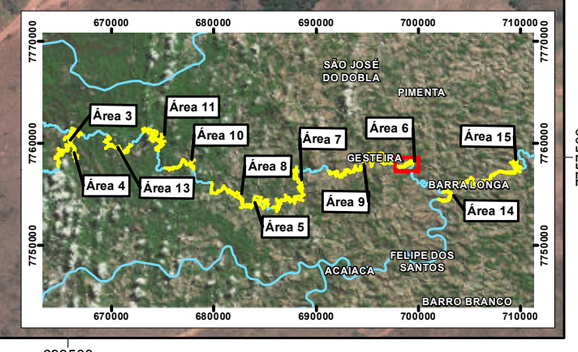
| | | | |
|---|---|---|---|
| Nº PROJETO: 169-515-2282 | | | ESCALA: 1:7.000 |
| GIS | MTAguiar | out/2017 | **Figura 2** |
| REV | DOliveira | 01 | |

Document Path: S:\Sig\201512_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\E41erosao\Fig2_reg_monit_erosao_apta_A3.mxd

698000 698500 699000 699500

7758500 7758000 7757500

A6_R10
A6_R11
A6_R09
A6_R12
Área 6




NOTA: Fonte de dados: Imagem Satélite WordView2, imageamento 04/05/2016.

**LEGENDA**

**Altura de sedimento máximo acumulado (cm)**

- 0,0 - 5,0
- 5,1 - 10,0
- 10,1 - 15,0
- Áreas prioritárias

**Status das réguas**

- Ax Rxx - Mantido
- Ax Rxx - Interrompido
- Ax Rxx - Removido

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 62,5 125 250 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROSÃO**

TÍTULO:

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS – RÉGUAS GRADUADAS**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 169-515-2282 | | ESCALA: 1:6.000 |
|---|---|---|
| GIS | MTAguiar | out/2017 |
| REV | DOliveira | 01 |

**Figura 3**

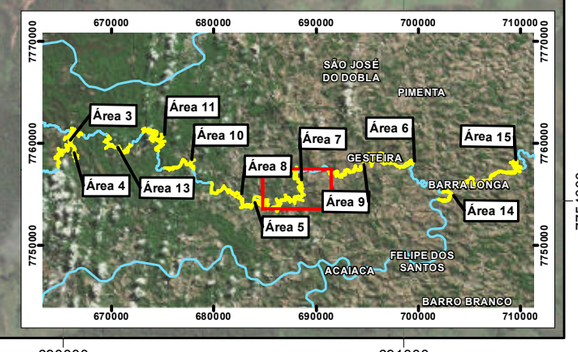
Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\E41\erosaoFig3_reg_monit_erosao_apêb_A3.mxd

685000 686000 687000 688000 689000 690000 691000

7757000 7756000 7755000 7754000

A7_R08
A7_R03
A7_R04
A7_R09
A7_R06
A7_R07
A7_R05
A7_R10
A7_R11
A7_R02
A7_R01

Área 7
Área 5




NOTA: Fonte de dados: Mosaico de Satélites World View 2 e 3, Geoeye. Imageamento de 31/12/2016 a 21/03/2017.

**LEGENDA**

**Altura de sedimento máximo acumulado (cm)**

- 0,0 - 5,0
- 5,1 - 10,0
- 10,1 - 15,0
- 20,1 - 25,0
- 30,1 - 40,0
- Áreas prioritárias

**Status das réguas**

- Ax Rxx - Mantido
- Ax Rxx - Interrompido
- Ax Rxx - Removido

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 125 250 500 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROSÃO**

TÍTULO:

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS – RÉGUAS GRADUADAS**

Golder Associates

| | | | |
|---|---|---|---|
| Nº PROJETO: 169-515-2282 | | | ESCALA: 1:18.000 |
| GIS | NEliziario | out/2017 | **Figura 4** |
| REV | DOliveira | 01 | |

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\169_515_2282\3_Produto\1_Originais\E41\erosao\Fig4_reg_monit_erosao_ap7_A3.mxd

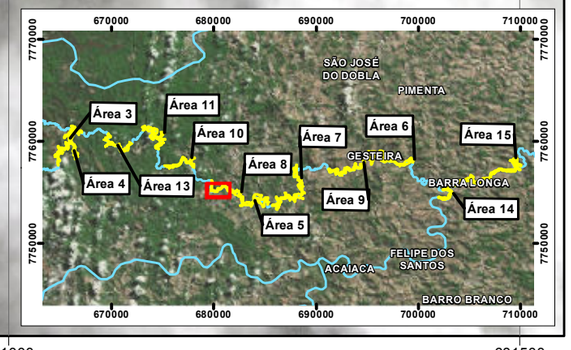
679500 680000 680500 681000 681500

7755500

7755000

Área 8

A8_R03
A8_R02
A8_R01
A8_R08
A8_R07
A8_R06
A8_R04
A8_R05




NOTA: Fonte de dados: Mosaico de Satélites World View 2 e 3, Geoeye. Imageamento de 31/12/2016 a 21/03/2017.

**LEGENDA**

**Altura de sedimento máximo acumulado (cm)**

- 5,1 - 10,0
- 10,1 - 15,0
- 15,1 - 20,0
- 20,1 - 25,0
- Áreas prioritárias

**Status das réguas**

- Ax Rxx - Mantido
- Ax Rxx - Interrompido
- Ax Rxx - Removido

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 62,5 125 250 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROSÃO**

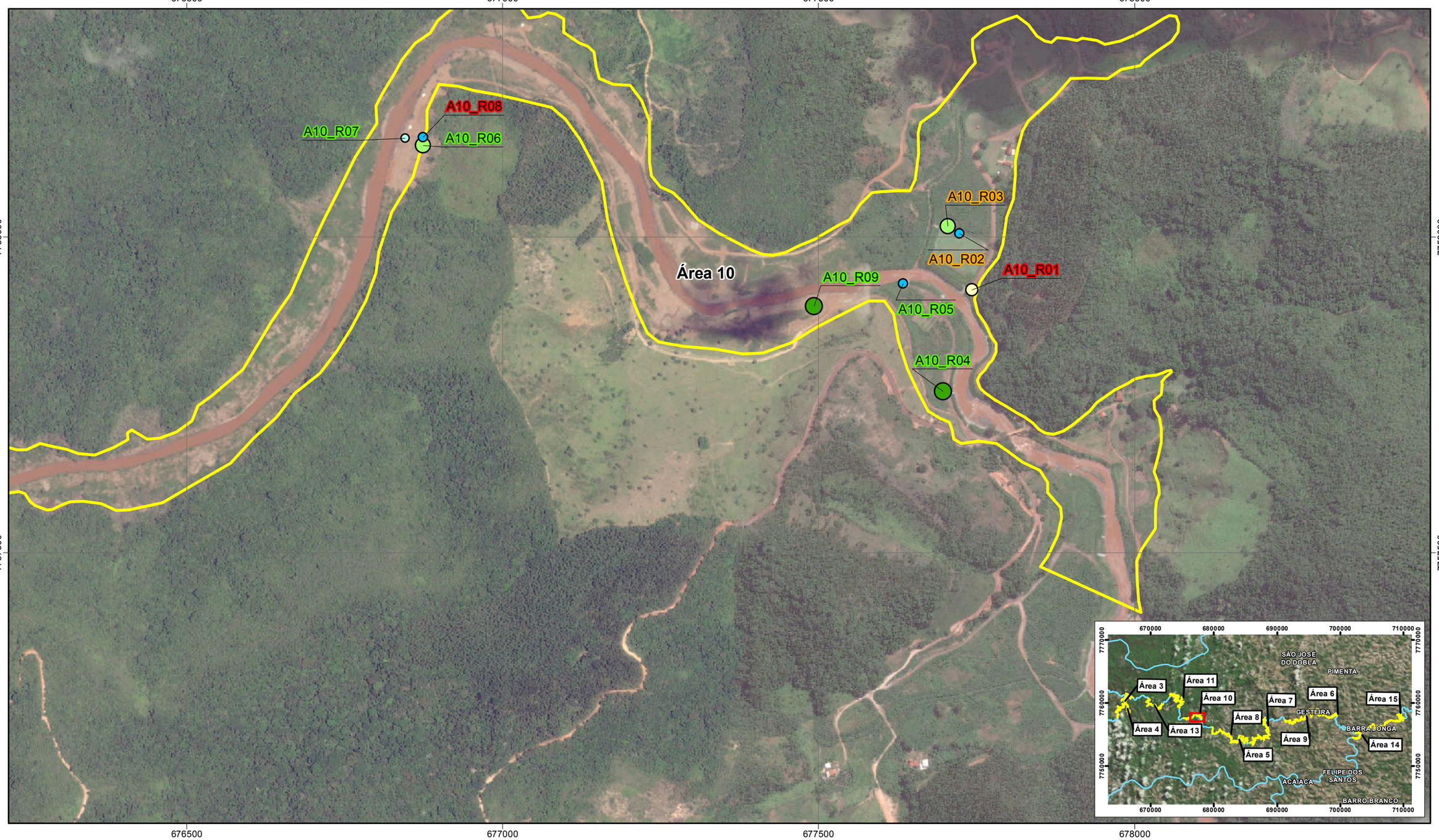
TÍTULO:

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS – RÉGUAS GRADUADAS**

Golder Associates

| | | | |
|---|---|---|---|
| Nº PROJETO: 169-515-2282 | | | ESCALA: 1:6.000 |
| GIS | MTAguiar | out/2017 | **Figura 5** |
| REV | DOliveira | 01 | |

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_22823_Produto\1_Originais\E41\erosao\Fig5_reg_monit_erosao_ap8_A3.mxd




NOTA: Fonte de dados: Mosaico de Satélites World View 2 e 3, Geoeye. Imageamento de 31/12/2016 a 21/03/2017.

**LEGENDA**

**Altura de sedimento máximo acumulado (cm)**

- 0,0 - 5,0
- 5,1 - 10,0
- 10,1 - 15,0
- 15,1 - 20,0
- 20,1 - 25,0
- Áreas prioritárias

**Status das réguas**

- Ax Rxx - Mantido
- Ax Rxx - Interrompido
- Ax Rxx - Removido

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 62,5 125 250 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROSÃO**

TÍTULO:

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS – RÉGUAS GRADUADAS**

Golder Associates

| | | | |
|---|---|---|---|
| Nº PROJETO: 169-515-2282 | | | ESCALA: 1:6.000 |
| GIS | MTAguiar | out/2017 | **Figura 6** |
| REV | DOliveira | 01 | |

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_22823\3_Produto\1_Originais\E41\erosao\Fig6_reg_monit_erosao_ap10_A3.mxd

674000 674500 675000 675500

7761000

7760500

7760000

A11_R03

Área 11

A11_R04

A11_R07

A11_R06

A11_R05

A11_R02

NOTA: Fonte de dados: Mosaico de Satélites World View 2 e 3, Geoeye. Imageamento de 31/12/2016 a 21/03/2017.

**LEGENDA**

**Altura de sedimento máximo acumulado (cm)**

- 15,1 - 20,0
- 20,1 - 25,0
- 25,1 - 30,0
- Áreas prioritárias

**Status das réguas**

- Ax Rxx - Mantido
- Ax Rxx - Interrompido
- Ax Rxx - Removido

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 62,5 125 250 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROSÃO**

TÍTULO:

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS – RÉGUAS GRADUADAS**

Golder Associates

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nº PROJETO: 169-515-2282 | | | ESCALA: 1:6.000 | **Figura 7** |
| GIS | MTAguiar | out/2017 | | |
| REV | DOliveira | 01 | | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\E41\erosao\Fig7_reg_monit_erosao_ap11_A3.mxd

669000 669500 670000 670500 671000

7760500

7760000

7759500

A13_R10

Área 13

A13_R09

A13_R08

A13_R04

A13_R07

A13_R02

A13_R03

A13_R01

A13_R05

A13_R06

NOTA: Fonte de dados: Mosaico de Satélites World View 2 e 3, Geoeye. Imageamento de 31/12/2016 a 21/03/2017.

**LEGENDA**

**Altura de sedimento máximo acumulado (cm)**

- 0,0 - 5,0
- 5,1 - 10,0
- 10,1 - 15,0
- 15,1 - 20,0
- 20,1 - 25,0
- 40,1 - 70,0

Áreas prioritárias

**Status das réguas**

- Ax Rxx - Mantido
- Ax Rxx - Interrompido
- Ax Rxx - Removido

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 62,5 125 250 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROSÃO**

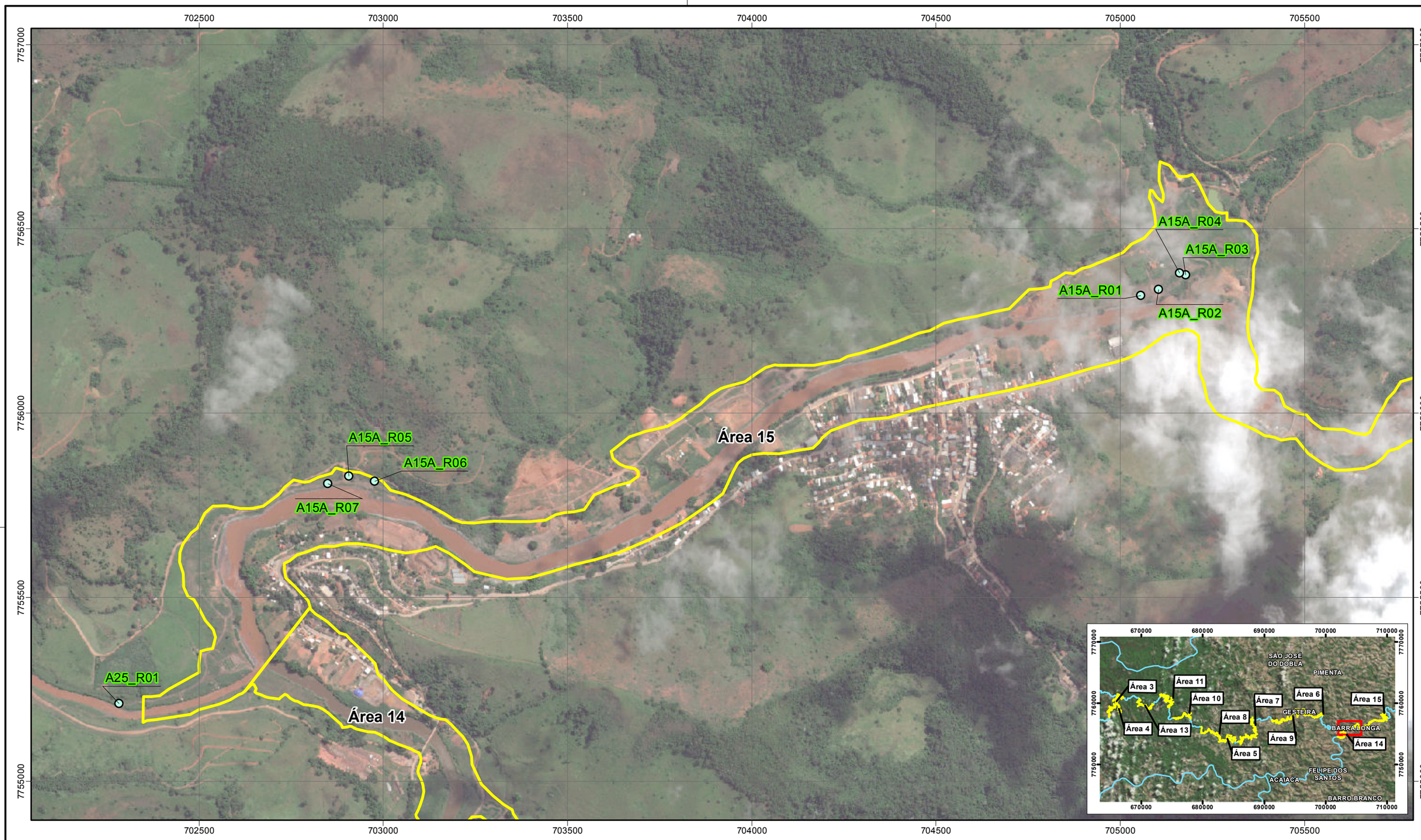
TÍTULO:

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS – RÉGUAS GRADUADAS**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 169-515-2282 | | | ESCALA: 1:6.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | MTAguiar | out/2017 | **Figura 8** |
| REV | DOliveira | 01 | |

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\E41\erosao\Fig8_reg_monit_erosao_ap13_A3.mxd




NOTA: Fonte de dados: Mosaico de Satélites World View 2 e 3, Geoeye. Imageamento de 31/12/2016 a 21/03/2017.

**LEGENDA**

**Altura de sedimento máximo acumulado (cm)**

- 0,0 - 5,0
- Áreas prioritárias

**Status das réguas**

- Ax Rxx - Mantido
- Ax Rxx - Interrompido
- Ax Rxx - Removido

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 125 250 500 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROSÃO**

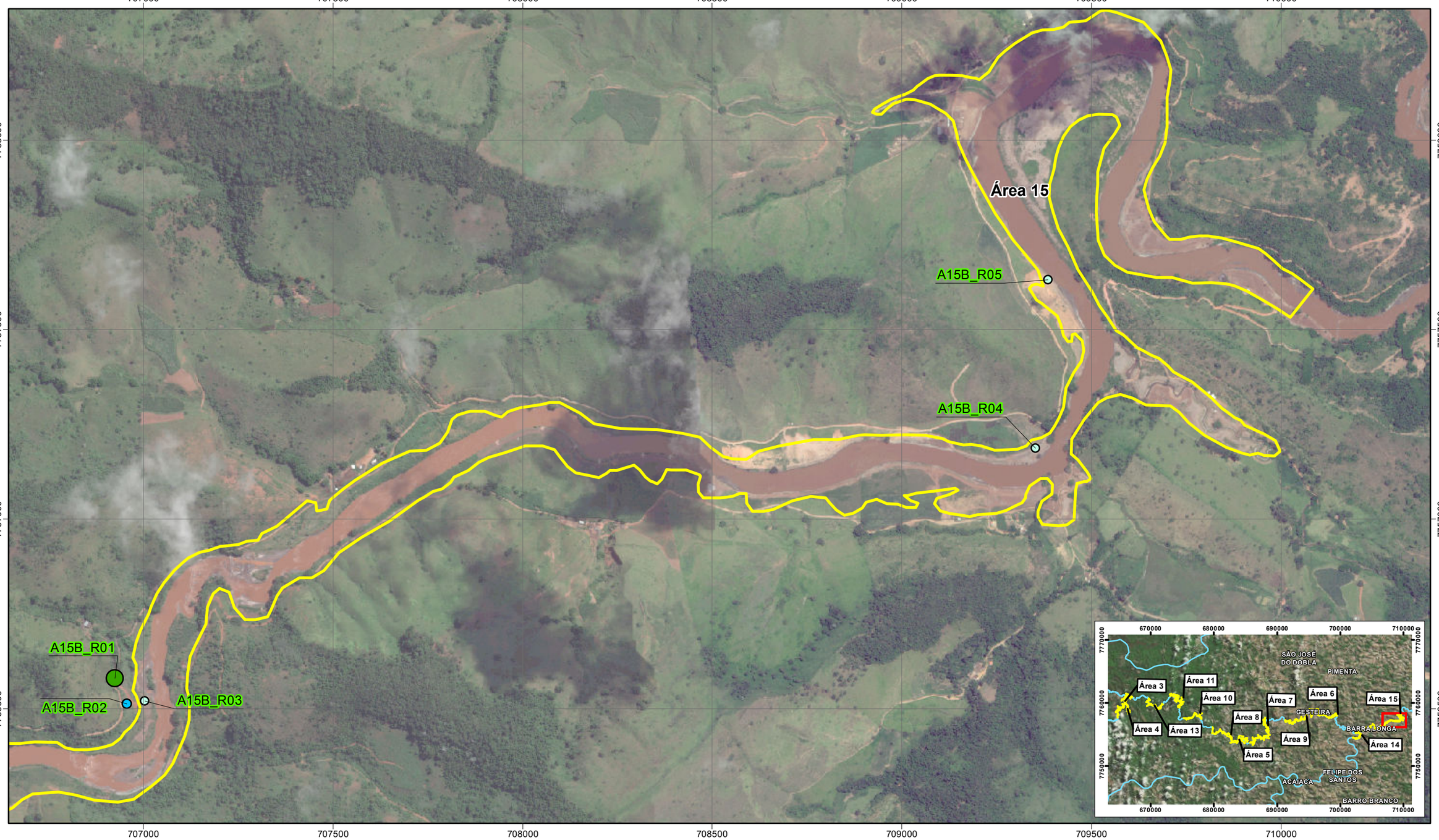
TÍTULO:

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS – RÉGUAS GRADUADAS**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 169-515-2282 | | | ESCALA: 1:10.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | MTAguiar | out/2017 | **Figura 9** |
| REV | DOliveira | 01 | |

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\E41\erosao\Fig9_reg_monit_erosao_ap15a_A3.mxd




NOTA: Fonte de dados: Mosaico de Satélites World View 2 e 3, Geoeye. Imageamento de 31/12/2016 a 21/03/2017.

**LEGENDA**

**Altura de sedimento máximo acumulado (cm)**

- 0,0 - 5,0
- 5,1 - 10,0
- 20,1 - 25,0
- Áreas prioritárias

**Status das réguas**

- Ax Rxx - Mantido
- Ax Rxx - Interrompido
- Ax Rxx - Removido

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 125 250 500 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROSÃO**

TÍTULO:

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS – RÉGUAS GRADUADAS**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 169-515-2282 | | | ESCALA: 1:10.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | MTAguiar | out/2017 | **Figura 10** |
| REV | DOliveira | 01 | |

Document Path: S:\Sig\20152_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\E41\erosao\Fig10_reg_monit_erosao_ap15b_A3.mxd

671500 672000 672500 673000 673500

7761000 7760500 7760000

A20_R04
A20_R02
A20_R03
Área 20
A20_R01

NOTA: Fonte de dados: Mosaico de Satélites World View 2 e 3, Geoeye. Imageamento de 31/12/2016 a 21/03/2017.

**LEGENDA**

**Altura de sedimento máximo acumulado (cm)**

- 0,0 - 5,0
- Áreas não prioritárias

**Status das réguas**

- Ax Rxx - Mantido
- Ax Rxx - Interrompido
- Ax Rxx - Removido

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 62,5 125 250 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROSÃO**

TÍTULO:

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS – RÉGUAS GRADUADAS**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 169-515-2282 | | ESCALA: 1:6.000 |
|---|---|---|
| GIS | MTAguiar | out/2017 |
| REV | DOliveira | 01 |

**Figura 11**

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\3_Produto\1_Originais\E41\erosao\Fig11_reg_monit_erosao_anp20_A3.mxd

677500 678000 678500 679000 679500 680000

7757500 7757000 7756500 7756000

A22_R01

A22_R02

Área 22

NOTA: Fonte de dados: Mosaico de Satélites World View 2 e 3, Geoeye. Imageamento de 31/12/2016 a 21/03/2017.

**LEGENDA**

**Altura de sedimento máximo acumulado (cm)**

- 0,0 - 5,0
- Áreas não prioritárias

**Status das réguas**

- Ax Rxx - Mantido
- Ax Rxx - Interrompido
- Ax Rxx - Removido

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 62,5 125 250 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROSÃO**

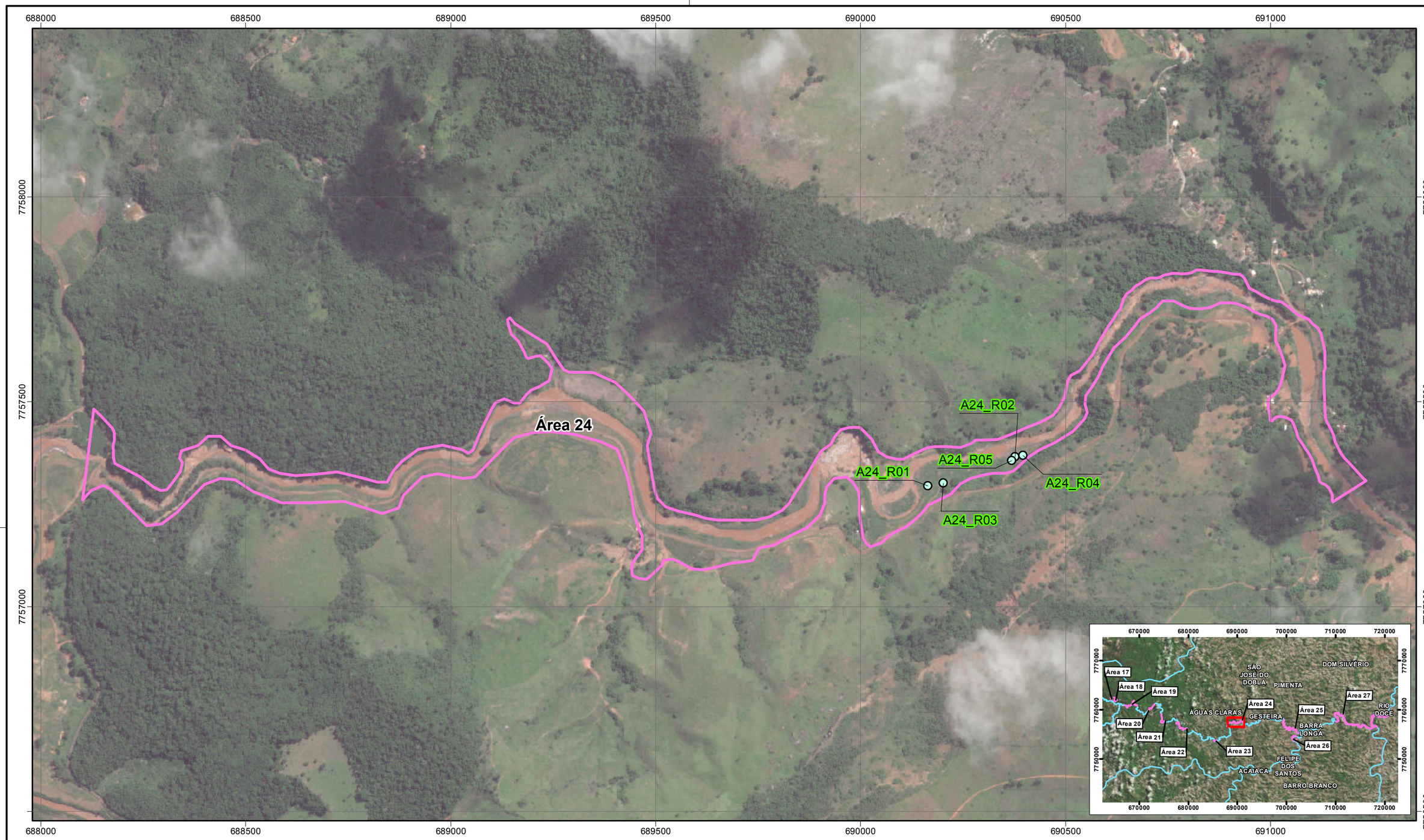
TÍTULO:

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS – RÉGUAS GRADUADAS**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 169-515-2282 | | | ESCALA: 1:8.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | MTAguiar | out/2017 | **Figura 12** |
| REV | DOliveira | 01 | |

Document Path: S:\Sig\201512_Meio_Ambiente\169_515_2282\3_Produto\1_Originais\E41\erosao\Fig12_reg_monit_erosao_arlp22_A3.mxd




NOTA: Fonte de dados: Mosaico de Satélites World View 2 e 3, Geoeye. Imageamento de 31/12/2016 a 21/03/2017.

**LEGENDA**

**Altura de sedimento máximo acumulado (cm)**

- 0,0 - 5,0
- Áreas não prioritárias

**Status das réguas**

- Ax Rxx - Mantido
- Ax Rxx - Interrompido
- Ax Rxx - Removido

**LOCALIZAÇÃO**

N

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 75 150 300 m

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROSÃO**

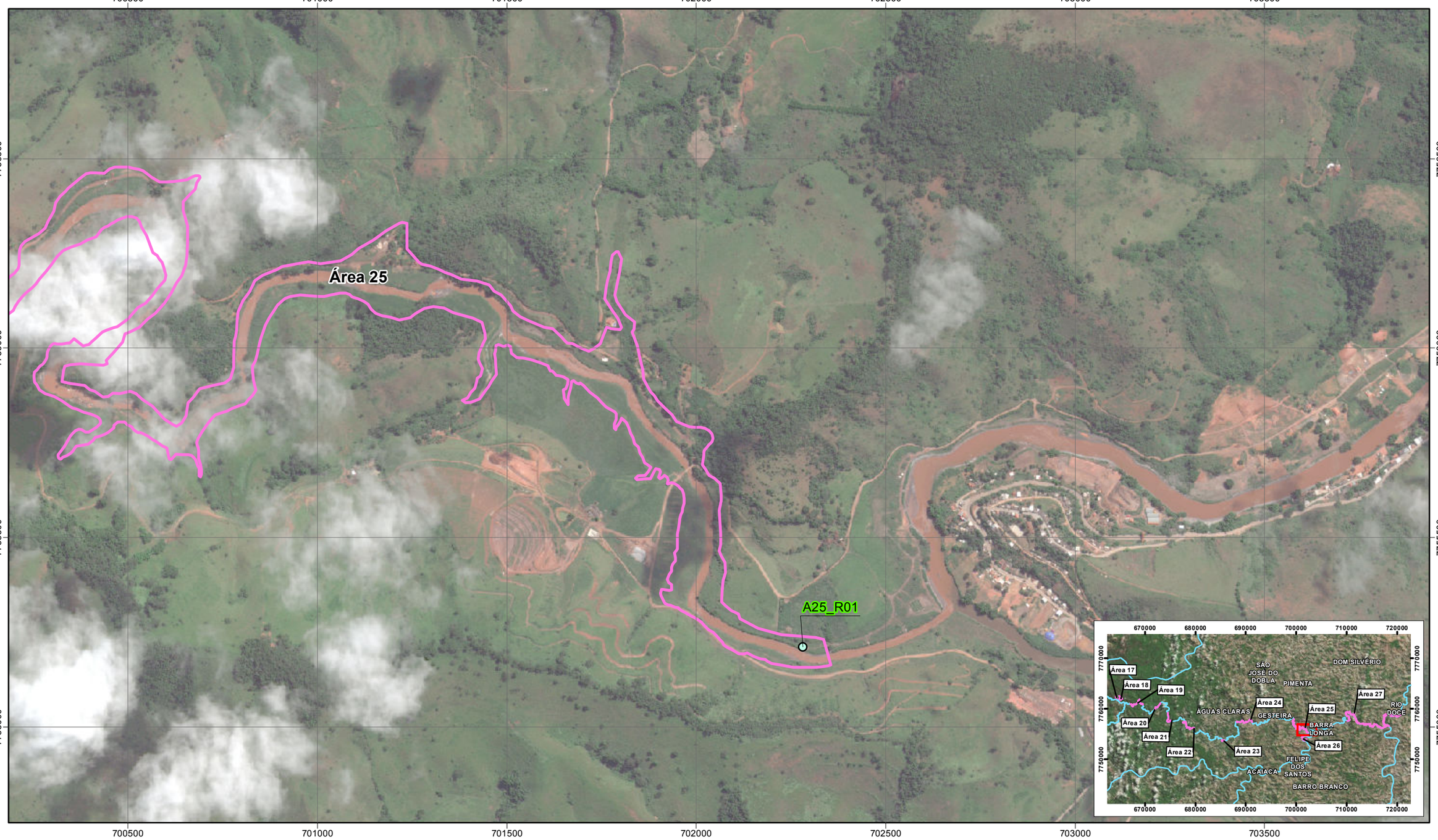
TÍTULO:

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS – RÉGUAS GRADUADAS**

Golder Associates

| | | | |
|---|---|---|---|
| Nº PROJETO: 169-515-2282 | | | ESCALA: 1:9.000 |
| GIS | MTAguiar | out/2017 | **Figura 13** |
| REV | DOliveira | 01 | |

Document Path: S:\Sig\201512_Meio_Ambiente\159_515_22823_Produto\1_Originais\E41\erosao\Fig13_reg_monit_erosao_arlp24_A3.mxd




NOTA: Fonte de dados: Mosaico de Satélites World View 2 e 3, Geoeye. Imageamento de 31/12/2016 a 21/03/2017.

**LEGENDA**

**Altura de sedimento máximo acumulado (cm)**

- 0,0 - 5,0
- Áreas não prioritárias

**Status das réguas**

- Ax Rxx - Mantido
- Ax Rxx - Interrompido
- Ax Rxx - Removido

**LOCALIZAÇÃO**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

0 75 150 300
m

ESCALA GRÁFICA

N

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROSÃO**

TÍTULO:

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS – RÉGUAS GRADUADAS**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 169-515-2282 | | | ESCALA: 1:10.000 |
|---|---|---|---|
| GIS | MTAguiar | out/2017 | **Figura 14** |
| REV | DOliveira | 01 | |

Document Path: S:\Sig\201512_Meio_Ambiente\169_515_2282\3_Produto\1_Originais\E41erosao\Fig14_reg_monit_erosao_arlp25_A3.mxd

# ANEXO E

## Relatório Fotográfico das Estacas de Monitoramento da Sedimentação em Estruturas de Contenção

**Novembro, 2017**
**Nº do Relatório:** RT-049_159-515-2282_02-B

# 1.0 ÁREA PRIORITÁRIA 3

## 1.1 Régua A3-R01

- Localização: régua instalada na planície de inundação da margem direita do tributário TG03, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: houve um acúmulo de sedimentos de aproximadamente 5 cm junto da régua, no período de 12/01/17 a 02/03/17. A partir de então o nível de sedimentos junto da régua se manteve estável. Observou-se acúmulo de água a montante do retentor, apresentando baixa turbidez. Não há marca de água na régua acima do nível do sedimento depositado. A régua foi removida por terceiros e por este motivo o monitoramento foi interrompido neste ponto.

| Data | 12/01/2017 | 02/03/2017 | 23/03/2017 | 30/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 15 | 15 | 15 |
| Registro Fotográfico | | | | |

## 1.2 Régua A3-R02

- Localização: régua instalada na planície de inundação B04, na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte;
- Avaliação: A régua foi removida devido a obras no local.

| Data | 30/03/2017 | 29/05/2017 | 29/06/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | |

## 1.3 Régua A3-R03

- Localização: régua instalada na planície de inundação M03, a montante de cordão de contorno feito com retentor de sedimentos;
- Avaliação: Não foi medido aumento do acúmulo de sedimentos entre as observações de 12/01/17 e 30/03/2017. Como foi registrado um pequeno decréscimo de material, é possível que as diferenças observadas sejam causadas por interpretação de leitura. É possível notar incremento na vegetação no período. Como os resultados se mostraram relativamente estáveis no período monitorado, entende-se que este ponto não é susceptível a processos erosivos significativos de modo que a régua será removida/ relocada.

| Data | 12/01/2017 | 24/02/2017 | 23/03/2017 | 30/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 3 | 3 | 2 | 1 |
| Registro Fotográfico | | | | |

## 1.4 Régua A3-R05

- Localização: régua instalada na planície de inundação do tributário TG03, na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte;
- Avaliação: Após obras no acesso a montante, a régua marcou um acumulo significativo de sedimento em apenas um mês (junho/2017).

| Data | 30/03/2017 | 29/05/2017 | 29/06/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 8 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 31/07/2017 | 28/08/2017 | 29/09/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 10 | 10 |
| Registro Fotográfico | | | |

## 1.5 Régua A3-R06

- Localização: régua instalada na planície de inundação do tributário TC01A, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: houve pequena variação na acumulação de sedimentos junto da régua no período. É possível notar o desenvolvimento da vegetação no início do plantio e do período seco, posterior.

| Data | 24/02/2017 | 03/03/2017 | 23/03/2017 | 30/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 3 | 5 | 3 | 4 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 29/05/2017 | 29/06/2017 | 31/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 4 | 5 | 6 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 28/08/2017 | 29/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 6 | 6 |
| Registro Fotográfico |  |  |

## 1.6 Régua A3-R07

- Localização: régua instalada na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte na altura da estaca E.G. 805, na planície de inundação M01, a montante de cordão de contorno feito com retentor de sedimentos;
- Avaliação: Não foi medido acúmulo de sedimentos entre as observações de 24/02/17 e 03/03/17. Como os resultados se mostraram relativamente estáveis no período monitorado, entende-se que este ponto não é susceptível a processos erosivos significativos não sendo necessário a continuidade do monitoramento neste ponto.

| Data | 24/02/2017 | 03/03/2017 | 23/03/2017 | 30/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | | |

# 2.0 ÁREA PRIORITÁRIA 6

## 2.1 Régua A6-R01

- Localização: régua instalada na planície de inundação B139, dentro de canaleta, a montante de descida de drenagem;
- Avaliação: um acúmulo de sedimentos de cerca de 15 cm entre as observações de 12/01/17 e 22/02/17. A estrutura de contenção está funcionando, havendo acúmulo de sedimentos a montante do retentor. É possível notar um bom desenvolvimento da vegetação no período. É possível notar ainda marca de água na régua próximo da marca 40 cm, mesma altura da estrutura de contenção. A régua foi removida por terceiros e não será, portanto, reportada nos próximos relatórios de monitoramento.

| Data | 12/01/2017 | 22/02/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 20 |
| Registro Fotográfico | | |

## 2.2 Régua A6-R02

- Localização: régua instalada na planície de inundação B139, a montante de descida de drenagem;
- Avaliação: Não houve variação significativa no acúmulo de sedimento a montante da estrutura de contenção, no período. Como foi registrado tanto acréscimo quanto decréscimo de material, é possível que as diferenças observadas sejam causadas por interpretação de leitura. É possível notar a marca da água na régua próximo da altura 20 cm, indicando que houve escoamento superficial no local. A altura da contenção atinge a marca de aproximadamente 30 cm, portanto, acima da marca da água na régua. Ocorreu bom desenvolvimento da vegetação no período observado. De uma maneira geral, as réguas da planície de inundação B139 se mostraram relativamente estáveis. Por se tratar de uma área plana onde houve um bom desenvolvimento da vegetação, entende-se que o local não está susceptível a processos erosivos significativos não sendo necessário continuar o monitoramento neste ponto.

| Data | 12/01/2017 | 22/02/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 5 | 6 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 23/03/2017 | 30/03/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 3 | 3 |
| Registro Fotográfico | | |

## 2.3 Régua A6-R03

- Localização: régua instalada na planície de inundação B139, a montante de descida de drenagem;
- Avaliação: Não houve variação significativa no acúmulo de sedimento a montante da estrutura de contenção, no período. Como foi registrado tanto acréscimo quanto decréscimo de material, é possível que as diferenças observadas sejam causadas por interpretação de leitura. É possível notar o desenvolvimento da vegetação no período. Também é possível notar a marca da água na régua próximo da altura 20 cm. A altura da contenção atinge a marca de aproximadamente 30 cm. De uma maneira geral, as réguas da planície de inundação B139 se mostraram relativamente estáveis. Por se tratar de uma área plana onde houve um bom desenvolvimento da vegetação, entende-se que o local não está susceptível a processos erosivos significativos não sendo necessário continuar o monitoramento neste ponto.

| Data | 12/01/2017 | 22/02/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 2 | 5 | 5 |
| Registro Fotográfico | | | |
| **Data** | **23/03/2017** | **30/03/2017** | |
| Altura de sedimento (cm) | 3 | 3 | |
| Registro Fotográfico | | | |

## 2.4 Régua A6-R04

- Localização: régua instalada na planície de inundação B139, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: Não houve variação significativa no acúmulo de sedimento a montante da estrutura de contenção, no período. Como foi registrado tanto acréscimo quanto decréscimo de material, é possível que as diferenças observadas sejam causadas por interpretação de leitura. É possível notar marca d'água na régua com altura de 30 cm, a mesma da estrutura de contenção. Notar que a canaleta de drenagem é rasa, gerando transbordamento e fuga lateral do escoamento quando o mesmo atinge alturas da ordem de 15 a 20 cm. No entanto, o bom desenvolvimento da vegetação atuará no sentido de minimizar a erosão quando o escoamento superficial transbordar da canaleta. Cabe ressaltar que houve impedimento à execução de canaletas de drenagens mais profundas por limitação imposta pelo proprietário. De uma maneira geral, as réguas da planície de inundação B139 se mostraram relativamente estáveis. Por se tratar de uma área plana onde houve um bom desenvolvimento da vegetação, entende-se que o local não está susceptível a processos erosivos significativos não sendo necessário continuar o monitoramento neste ponto.

| Data | 12/01/2017 | 22/02/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 5 | 10 |
| Registro Fotográfico | | | |
| **Data** | **23/03/2017** | **30/03/2017** | |
| Altura de sedimento (cm) | 6 | 6 | |
| Registro Fotográfico | | | |

## 2.5 Régua A6-R05

- Localização: régua instalada na planície de inundação B139, a montante de descida de drenagem;
- Avaliação: Não houve variação significativa no acúmulo de sedimento a montante da estrutura de contenção, no período. Como foi registrado tanto acréscimo quanto decréscimo de material, é possível que as diferenças observadas sejam causadas por interpretação de leitura. É possível notar o desenvolvimento da vegetação no período. Também é possível notar a marca da água na régua próximo da altura 30 cm, a mesma altura da contenção existente. De uma maneira geral, as réguas da planície de inundação B139 se mostraram relativamente estáveis. Por se tratar de uma área plana onde houve um bom desenvolvimento da vegetação, entende-se que o local não está susceptível a processos erosivos significativos não sendo necessário continuar o monitoramento neste ponto.

| Data | 12/01/2017 | 22/02/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 8 | 10 | 10 |
| Registro Fotográfico | | | |
| **Data** | **23/03/2017** | **30/03/2017** | |
| Altura de sedimento (cm) | 7 | 7 | |
| Registro Fotográfico | | | |

## 2.6 Régua A6-R06

- Localização: régua instalada na planície de inundação B139, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: **H**ouve um acréscimo no acúmulo de sedimento de cerca de 5 cm a montante da estrutura de contenção, no período de 12/01/17 a 16/03/17. A partir de então o acúmulo de sedimentos permaneceu estável. A situação desta régua é similar à observada na A6-R04. A marca da água na régua está na altura 20 cm e ocorre transbordamento da canaleta nesta altura. A canaleta é rasa por limitação imposta pelo proprietário, porém o bom desenvolvimento da vegetação minimiza a erosão quando ocorre transbordamento. De uma maneira geral, as réguas da planície de inundação B139 se mostraram relativamente estáveis. Por se tratar de uma área plana onde houve um bom desenvolvimento da vegetação, entende-se que o local não está susceptível a processos erosivos significativos não sendo necessário continuar o monitoramento neste ponto.

| Data | 12/01/2017 | 22/02/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 5 | 10 |
| Registro Fotográfico | | | |
| **Data** | **23/03/2007** | **30/03/2017** | |
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 10 | |
| Registro Fotográfico | | | |

## 2.7 Régua A6-R07

- Localização: régua instalada na planície de inundação B139, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: Houve um pequeno acúmulo de sedimento junto à régua, no período observado. O decréscimo de material observado entre as medições de 16/03/17 e 23/03/17 pode ser resultado de fuga lateral de sedimentos. Assim como as demais canaletas de drenagem construídas nesta planície da área prioritária 6, as estruturas ficaram rasas e há transbordamento do escoamento superficial, porém este é atenuado pelo bom desenvolvimento da vegetação. A altura da marca da água na régua é de cerca de 20 cm, altura equivalente à profundidade da canaleta de drenagem. De uma maneira geral, as réguas da planície de inundação B139 se mostraram relativamente estáveis. Por se tratar de uma área plana onde houve um bom desenvolvimento da vegetação, entende-se que o local não está susceptível a processos erosivos significativos não sendo necessário continuar o monitoramento neste ponto.

| Data | 12/01/2017 | 22/02/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 8 | 10 |
| Registro Fotográfico | | | |
| **Data** | **23/03/2017** | **30/03/2017** | |
| Altura de sedimento (cm) | 7 | 8 | |
| Registro Fotográfico | | | |

## 2.8 Régua A6-R09

- Localização: régua instalada na planície de inundação B157, a montante de descida de drenagem;
- Avaliação: Houve um pequeno acúmulo de sedimento de cerca de 2 cm junto à régua, no período de 13/01/17 a 22/02/17. Após este período o acúmulo de sedimentos permaneceu estável, A altura da marca da água na régua é de 25 cm e a altura da estrutura de contenção é 30 cm, aproximadamente. Houve um bom desenvolvimento da vegetação, sobretudo a jusante da estrutura de contenção. Notar a presença de fezes de capivara junto da régua na foto de 30/03/2017. Atualmente existe uma restrição de acesso à planície B157 devido ao cercamento realizado na área pelo proprietário. Por este motivo o monitoramento neste local será interrompido.

| Data | 13/01/2017 | 22/02/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 3 | 5 | 5 |
| Registro Fotográfico | | | |
| **Data** | **23/03/2017** | **30/03/2017** | |
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 5 | |
| Registro Fotográfico | | | |

## 2.9 Régua A6-R10

- Localização: régua instalada na planície de inundação B157, a montante de descida de drenagem a jusante da régua A6-R11;
- Avaliação: Houve um pequeno acúmulo de sedimento de cerca de 3 cm junto à régua, no período de 13/01/17 a 16/03/17. As leituras de 23/03/17 e 30/03/17 ficaram prejudicadas pela presença de água. A altura da marca da água na régua é de 40 cm e a altura da estrutura de contenção é 35 cm, indicando que a água passou por cima da estrutura de contenção. Houve um bom desenvolvimento da vegetação, sobretudo a jusante da estrutura de contenção. Neste local o proprietário criou um dreno com bambus enterrados, solução não prevista nos projetos de recuperação. Estes drenos parecem ter colmatado e o terreno permanece úmido no local, inclusive com acumulação de água a montante do retentor em algumas das observações. Atualmente existe uma restrição de acesso à planície B157 devido ao cercamento realizado na área pelo proprietário. Por este motivo o monitoramento neste local será interrompido.

| Data | 13/01/2017 | 22/02/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 8 | 8 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 23/03/2017 | 30/03/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 10 |
| Registro Fotográfico | | |

## 2.10 Régua A6-R11

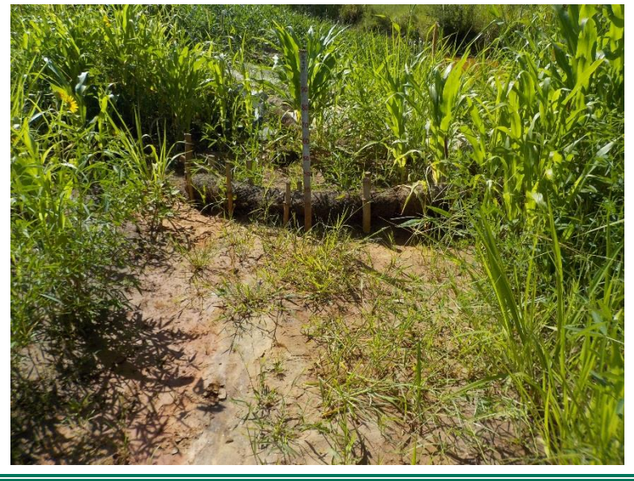
- Localização: régua instalada na planície de inundação B157, dentro de canaleta de drenagem a montante da régua A6-R10;
- Avaliação: Houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 10 cm junto da régua, no período de 13/01/17 a 16/03/17. Após esta data, as leituras se estabilizaram, possivelmente devido às fugas laterais de sedimento. Assim como na planície B139 da área prioritária 6, as estruturas de drenagem ficaram rasas por limitação imposta pelo proprietário. Há transbordamento do escoamento superficial, porém este é atenuado pelo bom desenvolvimento da vegetação. Os retentores de sedimento dentro da canaleta (*check dams*) têm funcionado para diminuir a velocidade da água, sendo possível notar acúmulo de sedimentos ao longo de toda a canaleta. A altura da marca da água na régua é de cerca de 30 cm, correspondendo à altura das estruturas de contenção. Por se tratar de um ponto onde há possibilidade de fuga lateral, recomenda-se a remoção desta régua de monitoramento. Atualmente existe uma restrição de acesso à planície B157 devido ao cercamento realizado na área pelo proprietário. Por este motivo o monitoramento neste local será interrompido.

| Data | 13/01/2017 | 22/02/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 10 | 15 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 23/03/2017 | 30/03/2017 | 18/04/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 15 | 15 | 15 |
| Registro Fotográfico | | | |

## 2.11 Régua A6-R12

- Localização: régua instalada na planície de inundação B157, a montante de descida de drenagem;
- Avaliação: Houve variação na quantidade de sedimentos retido com acréscimo e decréscimo de material. Foram identificados pontos de fuga lateral de sedimentos que podem ser os responsáveis por esta variação. Estes pontos são decorrentes principalmente da geometria da drenagem. Assim como nas estruturas da planície B139, as drenagens da planície B157 ficaram rasas devido à interferência do proprietário. A altura da marca da água na régua é cerca de 30 cm, correspondente à altura dos retentores de sedimento. O acúmulo de água a montante dos retentores de sedimento no registro fotográfico de 13/01 mostra o retentor atuando como filtro para os sedimentos carreados pelo escoamento superficial. Houve bom desenvolvimento da vegetação no período observado. Atualmente existe uma restrição de acesso à planície B157 devido ao cercamento realizado na área pelo proprietário. Por este motivo o monitoramento neste local será interrompido.

| Data | 13/01/2017 | 22/02/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 5 | 6 |
| Registro Fotográfico | | | |
| **Data** | **23/03/2017** | **30/03/2017** | |
| Altura de sedimento (cm) | 2 | 2 | |
| Registro Fotográfico |  | | |

## 2.12 Régua A06-R13

- Localização: régua instalada na planície de inundação B143, dentro de canaleta na lateral da estrada de acesso;
- Avaliação: houve um grande acúmulo de sedimentos junto da régua de cerca de 31 cm entre 22/02/2017 e 27/06/2017. Considerando a seção típica do canal e o comprimento da acumulação de sedimentos, esta altura corresponde a um volume de 7,5 m³. Notar que a maior parte do acúmulo de sedimentos ocorreu no início do período de observação. Posteriormente, em 27/06/2017, foi observado um decréscimo na quantidade de sedimentos para altura 30 cm. Também foi instalada uma terceira linha de retentores, uma vez que o sedimento havia atingido a altura da contenção nas observações de 23/03 e 30/03. Pelo fato da régua estar instalada na beirada do acesso, parte do sedimento depositado pode ter sido removida durante trabalhos de manutenção da estrada.

| Data | 22/02/2017 | 16/03/2017 | 23/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 30 | 40 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 30/03/2017 | 18/04/2017 | 18/05/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 40 | 35 | 31 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 27/06/2017 | 20/07/2017 | 22/08/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 30 | 30 | 30 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 27/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 30 |
| Registro Fotográfico | |

## 2.13 Régua A06-R14

- Localização: régua instalada na planície de inundação B143, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: Houve um acúmulo inicial de sedimentos de cerca de 11 cm junto da régua, no período de 22/02/17 a 23/03/17. Posteriormente a quantidade de sedimentos diminuiu para cerca de 9 cm. Foi identificado um ponto de fuga na base da contenção na junção dos retentores, por este motivo o monitoramento neste local será interrompido.

| Data | 22/02/2017 | 10/03/2017 | 23/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 4 | 10 | 15 |
| Registro Fotográfico | | | |
| **Data** | **30/03/2017** | **18/04/2017** | **18/05/2017** |
| Altura de sedimento (cm) | 9 | 10 | |
| Registro Fotográfico | | | |

## 2.14 Régua A06-R15

- Localização: régua instalada na planície de inundação B143, dentro de canaleta de drenagem a montante da régua A06-R16;
- Avaliação: A régua está estabilizada atualmente devido ao período seco. Houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 5,5 cm junto da régua, no período de 23/03/17 a 27/09/17. Cabe ressaltar que o acúmulo nesta régua foi bastante superior ao verificado na régua A06-R16, instalada a jusante na mesma estrutura de drenagem. Isto indica que as estruturas instaladas em série nesta drenagem estão sendo efetivas na contenção de sedimentos que poderiam estar sendo carreados para o rio Gualaxo do Norte.

| Data | 10/03/2017 | 23/03/2017 | 30/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 12 | 15 |
| Registro Fotográfico | | | |
| **Data** | **18/04/2017** | **18/05/2017** | **27/06/2017** |
| Altura de sedimento (cm) | 18 | 17,5 | 17,5 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 20/07/2017 | 22/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 17,5 | 17,5 | 17,5 |
| Registro Fotográfico | | | |

## 2.15 Régua A06-R16

- Localização: régua instalada na planície de inundação B143, a montante de descida de drenagem e a jusante da régua A06-R15;
- Avaliação houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 5 cm junto da régua, no período de 10/02/17 a 27/09/17. Isto indica que a maior parte do sedimento carreado está sendo retido na estrutura de contenção a montante (régua A05-R15.

| Data | 22/02/2017 | 23/03/2017 | 30/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 2 | 3 | 3 |
| Registro Fotográfico | | | |
| **Data** | **18/04/2017** | **18/05/2017** | **27/06/2017** |
| Altura de sedimento (cm) | 3 | 3 | 4 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 27/06/2017 | 20/07/2017 | 22/08/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 5 | 5 |
| Registro Fotográfico | | | |

## 2.16 A06-R17

- Localização: régua instalada na planície de inundação B143, dentro de canaleta de drenagem a montante da régua A06-R18;
- Avaliação: Houve um pequeno acúmulo de sedimentos de cerca de 2 cm junto da régua, no período de 22/02/2017 a 16/03/2017. Atualmente a altura de sedimentos parece ter se estabilizado. Foi identificado um ponto de fuga na base do retentor de sedimentos, junto de uma das estacas de fixação. Por este motivo o monitoramento no local será interrompido. Ainda que tenha sido identificado um ponto de fuga, não houve acúmulo de sedimentos significativo na estrutura de contenção instalada a jusante (A06-R18).

| Data | 22/02/2017 | 16/03/2017 | 23/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 8 | 10 | 10 |
| Registro Fotográfico | | | |
| **Data** | **30/03/2017** | **18/04/2017** | |
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 5 | |
| Registro Fotográfico | | | |

## 2.17 A06-R18

- Localização: régua instalada na planície de inundação B143, a montante de descida de drenagem e a jusante da régua A06-R17;

Avaliação: **Monitoramento interrompido durante o período seco. N**ão foi possível mensurar acréscimo no acúmulo de sedimentos junto da régua.

| Data | 22/02/2017 | 16/03/2017 | 23/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 5 | 5 |
| Registro Fotográfico | | | |
| **Data** | **30/03/2017** | **18/04/2017** | |
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 5 | |
| Registro Fotográfico | | | |

## 2.18 Régua A6-R19

- Localização: régua instalada na planície de inundação B139, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: **H**ouve um acúmulo de sedimentos de cerca de 10 cm junto da régua, no período de 12/01/17 a 22/02/17. Assim como as demais canaletas construídas nesta planície da área prioritária 6, as estruturas ficaram rasas e transbordam com vazões maiores. A vegetação da planície apresentou um bom desenvolvimento e atenua a erosão do escoamento superficial quando este transborda da canaleta. A marca da água na régua atingiu a altura de 30 cm, correspondente à altura da estrutura de contenção. A régua foi removida por terceiros e não será, portanto, reportada nos próximos relatórios de monitoramento.

| Data | 12/01/2017 | 22/02/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 10 |
| Registro Fotográfico | | |

# 3.0 ÁREA PRIORITÁRIA 7

## 3.1 Régua A7-R01

- Localização: régua instalada na planície de inundação B500, a montante de descida de drenagem;
- Avaliação: um pequeno acúmulo de sedimentos de cerca de 5 cm junto da régua, no período de 15/02/17 a 23/03/17, após o qual as leituras permaneceram estáveis. A altura da marca da água na régua é 30 cm, correspondente à altura da contenção existente. O ponto está situado na margem oposta ao acesso existente, sendo necessário cruzar o rio para realizar o monitoramento neste local. Por este motivo, o monitoramento neste ponto será interrompido após o término das obras no local.

| Data | 15/02/2017 | 21/02/2017 | 02/03/2017 | 10/03/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 |
| Registro Fotográfico | | | | | |

| 23/03/2017 | 29/03/2017 | 05/04/2017 |
|---|---|---|
| 14 | 14 | 14 |
| | | |

## 3.2 Régua A7-R02

- Localização: régua instalada na planície de inundação B500, a montante de descida de drenagem;
- Avaliação: **Monitoramento interrompido durante o período seco.** Não foi possível mensurar incremento significativo no acúmulo de sedimentos a montante da estrutura de contenção no período analisado, apesar de ser um ponto de acúmulo de sedimentos. O ponto está situado na margem oposta ao acesso existente, sendo necessário cruzar o rio para realizar o monitoramento neste local. Por este motivo, o monitoramento neste ponto será interrompido após o término das obras no local.

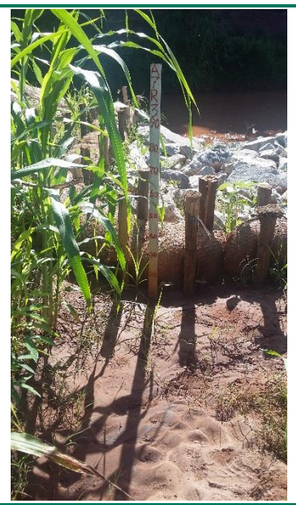
| Data | 15/02/2017 | 21/02/2017 | 02/03/2017 | 10/03/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 37 | 37 | 37 | 34 | 34 |
| Registro Fotográfico | | | | | |

| 23/03/2017 | 29/03/2017 | 05/04/2017 |
|---|---|---|
| 36 | 38 | 38 |
| | | |

## 3.3 Régua A7-R03

- Localização: régua instalada na planície de inundação B106, a montante de descida de drenagem;
- Avaliação: Houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 5 cm junto da régua, no período observado. A altura da marca da água na régua é de 20 cm e a altura da contenção existente é 30 cm, aproximadamente. Foi identificado um ponto de fuga na base do retentor de sedimentos em função do terreno irregular, embora esteja ocorrendo retenção. A planície onde a régua está instalada se encontra bem vegetada, dificultando o acesso ao local. Por este motivo o monitoramento será interrompido no local.

| Data | 15/02/2017 | 21/02/2017 | 02/03/2017 | 09/03/2017 | 16/03/2017 | 23/03/2017 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 5 | 5 | 8 | 8 | 8 |
| Registro Fotográfico | | | | | | |

| Data | 29/03/2017 | 05/04/2017 | 18/04/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 8,5 | 10 | 10 |
| Registro Fotográfico |  | | |

## 3.4 Régua A7-R04

- Localização: régua instalada na planície de inundação B104, na canaleta de crista da margem direita do rio Gualaxo do Norte, junto de descida de drenagem;
- Avaliação: Houve um pequeno acúmulo de sedimentos de cerca de 1 cm junto da régua, no período observado, sendo que nas últimas observações a altura de sedimentos permaneceu estável. Como não está ocorrendo acúmulo de sedimentos no local, o monitoramento neste ponto será interrompido.

| Data | 15/02/2017 | 21/02/2017 | 02/03/2017 | 09/03/2017 | 16/03/2017 | 23/03/2017 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Registro Fotográfico | | | | | | |

| Data | 29/03/2017 | 05/04/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 1 | 1 |
| Registro Fotográfico | | |

## 3.5 Régua A7-R05

- Localização: régua instalada na planície de inundação B96, em canaleta de drenagem na margem direita do rio Gualaxo do Norte;
- Avaliação: houve um acréscimo pequeno no período seco de 1 cm. Notar que praticamente todo o aporte de sedimentos, 22cm, ocorreu no período de uma semana entre 16 de março e 05 de maio de 2017. Inclusive, depois deste evento foi necessário incluir um novo retentor de sedimentos no local para altear a contenção. A vegetação apresentou crescimento expressivo e aumento da cobertura durante o período observado.
-

| Data | 21/02/2017 | 02/03/2017 | 09/03/2017 | 16/03/2017 | 23/03/2017 | 29/03/2017 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0,5 | 0,5 | 21 | 22 |
| Registro Fotográfico | | | | | | |

| Data | 05/04/2017 | 18/04/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 22 | 22 |
| Registro Fotográfico | | |

| Data | 04/05/2017 | 28/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 22 | 23 | 23 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 28/06/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 23 | 23 |
| Registro Fotográfico | | |

## 3.6 Régua A7-R06

- Localização: régua instalada na planície de inundação B99, em canaleta de drenagem na margem direita do rio Gualaxo do Norte;
- Avaliação: houve um pequeno acúmulo de sedimentos de cerca de 4,5 cm junto da régua, no período de maio a agosto de 2017. A altura da marca da água na régua é cerca de 20 cm, e a altura da contenção existente é 40 cm. Notar o desenvolvimento inicial da vegetação nas laterais da canaleta.

| Data | 22/03/2017 | 29/03/2017 | 05/04/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 2 | 2 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 18/04/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 2 |
| Registro Fotográfico | |

| Data | 04/05/2017 | 28/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 3 | 3,5 | 6,5 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 28/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 6,5 | 6,5 |
| Registro Fotográfico | | |

## 3.7 Régua A7-R07

- Localização: régua instalada na planície de inundação B99, em canaleta de crista na margem direita do rio Gualaxo do Norte;
- Avaliação: houve um pequeno acúmulo de sedimentos de cerca de 2 cm junto da régua, no período observado. Ainda que o acúmulo de sedimentos junto da régua seja pequeno, ainda há áreas expostas a montante da régua, que justificam a sua manutenção no programa de monitoramento. Notar o desenvolvimento inicial da vegetação no talude da margem.

| Data | 21/03/2017 | 29/03/2017 | 05/04/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0,5 | 2 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 18/04/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 2 |
| Registro Fotográfico | |

| Data | 04/05/2017 | 28/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 1 | 1 | 1 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 28/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 1 | 1 |
| Registro Fotográfico | | |

## 3.8 Régua A7-R08

- Localização: régua instalada na planície de inundação, em canaleta na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte;
- Avaliação: não houve acumulo de sedimento devido ao período seco. A vegetação foi destruída pela pastagem de gado.

| Data | 04/05/2017 | 28/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 28/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 3.9 Régua A7-R09

- Localização: régua instalada na planície de inundação – B104, em canaleta na margem direita do rio Gualaxo do Norte;
- Avaliação: houve acumulo pequeno de sedimento, 1 cm.

| Data | 04/05/2017 | 28/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 1 | 1 | 1 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 28/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 1 | 1 |
| Registro Fotográfico | | |

## 3.10 Régua A7-R10

- Localização: régua instalada na planície de inundação – B95, em canaleta na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte;
- Avaliação: não houve acumulo de sedimento devido ao período seco.

| Data | 04/05/2017 | 28/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 28/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 3.11 Régua A7-R11

- Localização: régua instalada na planície de inundação, em canaleta na margem direita do rio Gualaxo do Norte;
- Avaliação: não houve acumulo de sedimento devido ao período seco.

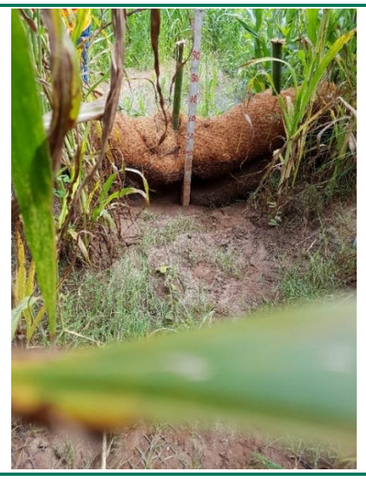
| Data | 04/05/2017 | 28/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 28/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 4.0 ÁREA PRIORITÁRIA 8

### 4.1 Régua A8-R01

- Localização: régua instalada na planície de inundação M13, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: houve um acréscimo no acúmulo de sedimentos de cerca de 7 cm junto da régua, no período chuvoso. No período seco, a regua acumulou 1 cm. A altura da marca da água na régua é de 40 cm e a altura da contenção é de cerca de 50 cm. A área está bastante deteriorada devido a pastagem. No mês referente a agosto de 2017, o proprietário impediu a entrada no local das réguas da área prioritária 08.

| Data | 10/03/2017 | 16/03/2017 | 24/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 5 | 12 |
| Registro Fotográfico |  | | |

| Data | 06/04/2016 | 18/05/2017 | 28/06/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 12 | 12,5 | 13 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 29/09/2016 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 13 |
| Registro Fotográfico | |

## 4.2 Régua A8-R02

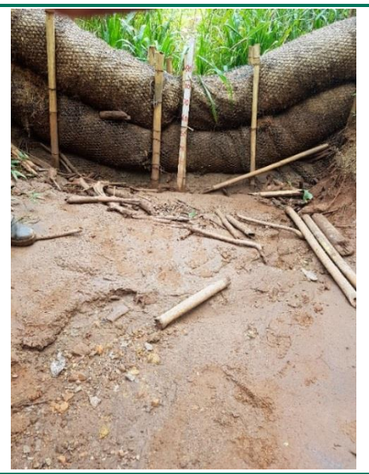
- Localização: régua instalada na planície de inundação B61, no interior de canaleta de drenagem, a jusante da régua A8-R03;
- Avaliação: houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 11 cm junto da régua, no período observado. Notar que o maior acúmulo de sedimentos ocorreu no início do período de monitoramento. A altura da marca da água na régua é de cerca de 50 cm e a altura da contenção é de cerca 80 cm. Cabe ressaltar que o uso de três linhas de retentores no interior da canaleta de drenagem é uma solução pouco comum, porém se mostrou necessária neste caso. Se fossem apenas dois retentores, marca da água estaria acima da contenção, situação indesejável. Notar o bom desenvolvimento da vegetação no período. Apesar de apresentar bons resultados, o monitoramento neste ponto foi interrompido devido à dificuldade de acesso ao local em função do bom desenvolvimento da vegetação.

| Data | 04/01/2017 | 20/02/2017 | 10/03/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 10 | 10 | 8 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 24/03/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 11 |
| Registro Fotográfico | |

## 4.3 Régua A8-R03

- Localização: régua instalada na planície de inundação B61, no interior de canaleta de drenagem, a montante da régua A8-R02
- Avaliação: houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 10 cm junto da régua, no período de 04/01/17 a 10/03/2017. Cabe ressaltar que embora o acúmulo de sedimentos indique que a estrutura de contenção tem atuado, ainda há carreamento de sedimentos para jusante, uma vez que está havendo acúmulo de sedimentos também na régua A8-R02 instalada a jusante. Daí a importância de haver múltiplas estruturas de contenção dentro de uma mesma canaleta. Notar o bom desenvolvimento da vegetação, sobretudo a jusante da estrutura de contenção. Apesar de apresentar bons resultados, o monitoramento neste ponto foi interrompido devido à dificuldade de acesso ao local em função do bom desenvolvimento da vegetação.

| Data | 04/01/2017 | 20/02/2017 | 10/03/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 10 | 10 | 10 |
| Registro Fotográfico | | |  | |

| Data | 24/03/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 |
| Registro Fotográfico | |

## 4.4 Régua A8-R04

- Localização: régua instalada na planície de inundação M11, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: houve um pequeno acúmulo de sedimentos junto da régua no período entre 10/03/17 e 24/03/17. Em 30/03/17 foram realizadas obras para reconformação da canaleta devido a uma erosão na base do retentor. As medições realizadas após esta data irão compor um conjunto de dados distintos do anterior. A área está bastante deteriorada devido a pastagem. No mês referente a agosto de 2017, o proprietário impediu a entrada no local das réguas da área prioritária 08. A régua acumulou muito no período seco devido à presença de irrigação constante, porém a mesma possui fuga lateral.

| Data | 10/03/2017 | 16/03/2017 | 24/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 8 | 12 | 11 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 06/04/2017 | 18/05/2017 | 28/06/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 14 | 15 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 29/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 |
| Registro Fotográfico | |

## 4.5 Régua A8-R05

- Localização: régua instalada na planície de inundação M11, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: houve acúmulo de sedimentos junto da régua no período observado. Entretanto, durante as obras realizadas na planície de inundação M11, a régua foi removida e será relocada.

| Data | 10/03/2017 | 16/03/2017 | 24/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 20 | 20 | 22 |
| Registro Fotográfico | | | |

## 4.6 Régua A8-R06

- Localização: régua instalada na planície de inundação M11, dentro de canaleta de drenagem.
- Avaliação: houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 6 cm junto da régua no período observado. No início de abril, a contenção foi alteada com a adição de uma linha de retentor. Régua removida por terceiros.

| Data | 10/03/2017 | 16/03/2017 | 24/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 10 | 14 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 06/04/2017 | 18/05/2017 | 28/06/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 16 | 15 | 15 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 29/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | Removida |
| Registro Fotográfico | |

## 4.7 Régua A8-R07

- Localização: régua instalada na planície de inundação M13, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: houve um acúmulo de sedimentos de 7 cm junto da régua, no período observado. Cabe ressaltar que houve um incremento na contenção na primeira quinzena de março, com o prolongamento do retentor para as laterais da canaleta. Ainda assim a canaleta é rasa e em vazões maiores, haverá fuga pela lateral. Por este motivo, o monitoramento neste local foi interrompido.

| Data | 10/03/2017 | 16/03/2017 | 24/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 3 | 6 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 06/04/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 7 |
| Registro Fotográfico | |

## 4.8 Régua A8-R08

- Localização: régua instalada na planície de inundação M13, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve acúmulo de sedimentos junto da régua no período observado. A altura da marca da água na régua é 20 cm e a altura da contenção é 50 cm.

| Data | 10/03/2017 | 16/03/2017 | 24/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 6 | 7 | 7 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 06/04/2017 | 18/05/2017 | 28/06/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 7 | 7 | 7 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 29/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 7 |
| Registro Fotográfico | |

# 5.0 ÁREA PRIORITÁRIA 9

## 5.1 Régua A9-R01

- Localização: régua instalada na planície de inundação da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte no início da área prioritária 9, a montante de descida de drenagem;
- Avaliação: houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 15 cm junto da régua no período observado. Notar que o acúmulo principal ocorreu no início do período de observação. Também é possível notar um pequeno incremento na vegetação apesar do incremento da vegetação.

| Data | 09/03/2017 | 23/03/2017 | 18/04/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 14 | 15 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 10/05/2017 | 28/06/2017 | 21/07/2017 | 28/08/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 29/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 15 |
| Registro Fotográfico | |

## 5.2 Régua A9-R02

- Localização: régua instalada na planície de inundação B109, dentro de canaleta de drenagem, a jusante da régua A9-R02;
- Avaliação: houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 20 cm, junto da régua no período observado. A acrescentado um retentor de sedimento.

| Data | 09/03/2017 | 23/03/2017 | 18/04/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 15 | 18 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 28/06/2017 | 21/07/2017 | 28/08/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 19 | 20 | 20 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 29/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 20 |
| Registro Fotográfico | |

## 5.3 Régua A9-R03

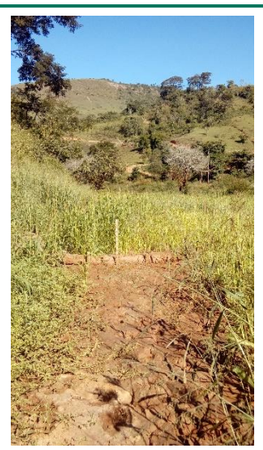
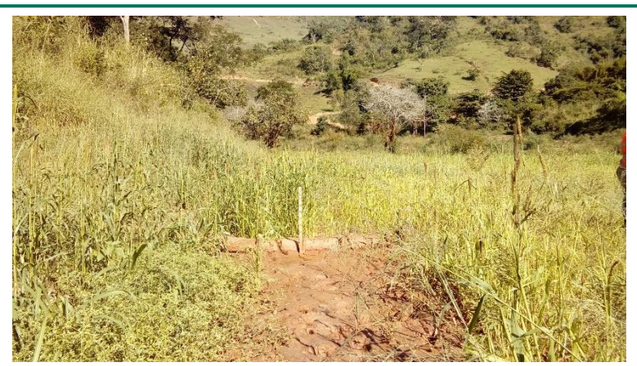
- Localização: régua instalada na planície de inundação B109, dentro de canaleta de drenagem, a montante da régua A9-R02;
- Avaliação: durante inspeção de campo notou-se que a contenção apresentou pontos de fuga. Por este motivo o retentor foi reinstalado e a régua relocada para a mesma canaleta no retentor a jusante. A régua foi renumerada como A9-R07.

| Data | 09/03/2017 | 23/03/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 6 | 6 |
| Registro Fotográfico | | |

## 5.4 Régua A9-R05

- Localização: régua instalada na planície de inundação B115, dentro de canaleta de drenagem, a montante da régua A9-R06;
- Avaliação: houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 3 cm, junto da régua no período observado. Régua está estabilizada.

| Data | 23/03/2017 | 18/04/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 8 |
| Registro Fotográfico | | |

| Data | 10/05/2017 | 28/06/2017 | 21/07/2017 | 28/08/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Registro Fotográfico |  | |  | |

| Data | 29/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 8 |
| Registro Fotográfico | |

## 5.5 Régua A9-R06

- Localização: régua instalada na planície de inundação B115, dentro de canaleta de drenagem, a jusante da régua A9-R05;
- Avaliação: não houve acréscimo mensurável no acúmulo de sedimentos junto da régua, apenas 1 cm. Permanece a presença de um ponto de fuga no contato entre retentores. O mesmo deverá ser corrigido e o ponto mantido no monitoramento.

| Data | 23/03/2017 | 18/04/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 3 | 3 |
| Registro Fotográfico | | |

| Data | 10/05/2017 | 28/06/2017 | 21/07/2017 | 28/08/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 3 | 3 | 4 | 4 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 29/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 4 |
| Registro Fotográfico | |

## 5.6 Régua A9-R06

- Localização: Localização: régua instalada na planície de inundação B109, dentro de canaleta de drenagem, a jusante da régua A9-R02;
- Avaliação: A régua foi instalada e logo em seguida danificada. A mesma não foi encontrada no local na inspeção de setembro.

| Data | 10/05/2017 | 28/06/2017 | 21/07/2017 | 28/08/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 3 | 3 | 4 | 4 |
| Registro Fotográfico | | | | |

# 6.0 ÁREA PRIORITÁRIA 10

## 6.1 Régua A10-R01

- Localização: régua instalada na planície de inundação do tributário TG18, a montante de descida de drenagem que recebe contribuição da estrada de ponte do Gama.
- Avaliação: Régua removida por terceiros. Houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 2 cm, junto da régua no período seco. Cabe ressaltar que este ponto se encontra na beirada da estrada e o sedimento acumulado poderá ser afetado/ removido em caso de manutenções na via de acesso. A altura da marca da água na régua é de cerca de 30 cm, que corresponde à altura da contenção instalada. É possível notar o desenvolvimento da vegetação a jusante da estrutura de contenção.

| Data | 13/01/2017 | 16/02/2017 | 02/03/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 8 | 10 | 10,5 | 10,5 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 22/03/2017 | 02/03/2017 | 06/04/2017 | 12/04/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 11 | 12 | 12 | 12 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 03/05/2017 | 29/06/2017 | 24/07/2017 | 28/08/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 12 | 12 | 13 | 14 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 28/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 14 |
| Registro Fotográfico | |

## 6.2 Régua A10-R02

- Localização: régua instalada na planície de inundação do tributário TG18, dentro de canaleta de drenagem ao lado do campo de futebol;
- Avaliação: houve um pequeno acúmulo de sedimentos de cerca de 1 cm junto da régua, no período observado. Durante inspeção de campo notou-se a presença de pontos de fuga na parte de baixo do retentor de sedimentos. A altura da marca da água na régua é de 20 cm e a contenção instalada chega a altura 30 cm. É possível notar um bom desenvolvimento da vegetação nas laterais e dentro da canaleta. Devido a existência de pontos de fuga, o monitoramento neste local foi interrompido.

| Data | 13/01/2017 | 16/02/2017 | 02/03/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 5 | 6 | 6 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 22/03/2017 | 31/03/2017 | 06/04/2017 | 12/04/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Registro Fotográfico | | | | |

## 6.3 Régua A10-R03

- Localização: régua instalada na planície de inundação do tributário TG18, dentro de canaleta de drenagem ao lado do campo de futebol;
- Avaliação: não foi possível mensurar acréscimo no acúmulo de sedimentos junto da régua no período observado. Durante inspeção de campo foram constatados potenciais pontos de fuga na base do retentor de sedimentos. É possível notar um bom desenvolvimento da vegetação no período avaliado. Devido a existência de pontos de fuga, o monitoramento neste local foi interrompido.

| Data | 13/01/2017 | 16/02/2017 | 02/03/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 20 | 12 | 12 | 12 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 22/03/2017 | 31/03/2017 | 06/04/2017 | 12/04/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Registro Fotográfico | | | | |

## 6.4 Régua A10-R04

- Localização: régua instalada na planície de inundação B51, a montante de descida de drenagem na margem direita do rio Gualaxo do Norte, a montante da ponte do Gama;
- Avaliação: houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 1 cm junto à régua, no período de observação. Cabe ressaltar que o acúmulo de sedimentos no início do período de observação foi mais acentuado do que no final do período. Isto pode ser um indicativo de que as ações de contenção a montante têm contribuído para minimizar os processos erosivos. A altura da marca da água na régua (45 cm) supera a altura da contenção (30 cm), porém não há evidência de carreamento e deposição de sedimentos no enrocamento a jusante da contenção. Caso este tipo de evidência seja observado em medições futuras, a altura da proteção deverá ser complementada com a adição de mais uma linha de retentores. A vegetação está bem degradada devido a presença de gado.

| Data | 13/01/2017 | 16/02/2017 | 02/03/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 18 | 19 | 19 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 22/03/2017 | 31/03/2017 | 05/04/2017 | 12/04/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 21 | 22 | 22 | 22 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 03/05/2017 | 29/06/2017 | 24/07/2017 | 28/08/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 20 | 23,5 | 24 | 24 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 28/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 24 |
| Registro Fotográfico | |

## 7.0 RÉGUA A10-R05

- Localização: régua instalada na planície de inundação B48, dentro de canaleta de drenagem a montante da régua A10-R07
- Avaliação: não houve acumulo de sedimentos no período de estiagem. O acúmulo de sedimentos foi concentrado no início do período de observação, indicando que as ações de contenção a montante têm contribuído para minimizar os processos erosivos. A vegetação apresentou um bom desenvolvimento inicial, porém, atualmente, está bem degradada devido a presença de gado. A altura da marca da água na régua é de 20 cm e a contenção tem altura de 30 cm, aproximadamente.

| Data | 03/02/2017 | 16/02/2017 | 02/03/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 8 | 8 | 9 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 23/03/2017 | 31/03/2017 | 06/04/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 10 | 10 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 03/05/2017 | 29/06/2017 | 24/07/2017 | 28/08/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 9 | 9 | 9 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 28/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 9 |
| Registro Fotográfico | |

## 7.1 Régua A10-R06

- Localização: régua instalada na planície de inundação B51, a montante de descida de drenagem na margem direita do Rio Gualaxo do Norte, a montante da ponte do Gama;
- Avaliação: houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 24 cm de janeiro a setembro de 2017. Durante o período de estiagem, acumulou somente 2 cm. Assim como os demais pontos na planície B51, observa-se que o acúmulo de sedimentos foi concentrado mais no início do período de observação, indicando que as medidas de controle a montante têm atuado na minimização dos processos erosivos. A vegetação apresentou um bom desenvolvimento inicial, porém, atualmente, está bem degradada devido a presença de gado.

| Data | 13/01/2017 | 16/02/2017 | 02/03/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 15 | 15,5 | 15,5 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 23/03/2017 | 31/03/2017 | 06/04/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 14 | 14 | 14 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 03/05/2017 | 29/06/2017 | 24/07/2017 | 28/08/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 28/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 15 |
| Registro Fotográfico | |

## 7.2 Régua A10-R07

- Localização: régua instalada na planície de inundação B48, dentro de canaleta de drenagem na margem direita do rio Gualaxo do Norte, a jusante da régua A10-R05;
- Avaliação: não foi possível mensurar acréscimo no acúmulo de sedimentos junto da régua no período observado. Cabe ressaltar que a régua A10-R07 se encontra a jusante da régua A10-R05 e que esta apresentou um acúmulo de 10 cm. Este é um indicativo que as estruturas de contenção implantadas em série dentro das canaletas de drenagem ("*check dams*") estão sendo efetivas. Existe marca de água na régua indicando que houve escoamento superficial no local. A altura da marca é 20 cm e a altura da contenção é 30 cm aproximadamente. A vegetação apresentou um bom desenvolvimento inicial, porém, atualmente, está bem degradada devido a presença de gado.

| Data | 03/02/2017 | 16/02/2017 | 02/03/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 23/03/2017 | 31/03/2017 | 06/04/2017 | 12/04/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 03/05/2017 | 29/06/2017 | 24/07/2017 | 28/08/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 28/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0,5 |
| Registro Fotográfico | |

## 7.3 Régua A10-R08

- Localização: régua instalada na planície de inundação B48, a montante de feixe de galhada;
- Avaliação: houve um decréscimo de sedimentos de cerca de 3 cm junto da régua, no início do período de observação. Esse decréscimo é esperado devido a estrutura ser muito vazada. A vegetação apresentou um bom desenvolvimento inicial, porém, atualmente, está bem degradada devido a presença de gado. A régua foi quebrada por terceiros.

| Data | 03/02/2017 | 16/02/2017 | 02/03/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 8 | 8 | 8 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 23/03/2017 | 31/03/2017 | 06/04/2017 | 12/04/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 03/05/2017 | 29/06/2017 | 24/07/2017 | 28/08/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Registro Fotográfico | | | | |

## 7.4 Régua A10-R09

- Localização: régua instalada na planície de inundação B51, a montante de descida de drenagem na margem direita do rio Gualaxo do Norte;
- Avaliação: houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 18 cm junto da régua no período de observação. O acúmulo de sedimentos foi concentrado no início do período de observação. Cabe ressaltar que é necessário altear a contenção uma vez eu a altura do sedimento acumulado atingiu a altura do retentor instalado.

| Data | 02/03/2017 | 08/03/2017 | 16/03/2017 | 23/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 1 | 5 | 11 | 18 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 31/03/2017 | 05/04/2017 | 12/04/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 19 | 19 | 19 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 03/05/2017 | 29/06/2017 | 24/07/2017 | 28/08/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 20 | 23,5 | 24 | 24 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 28/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 24 |
| Registro Fotográfico | |

# 8.0 ÁREA PRIORITÁRIA 11

## 8.1 Régua A11-R02

- Localização: régua instalada na planície de inundação B44, dentro de canaleta de drenagem a montante de cruzamento com via de acesso;
- Avaliação: houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 9 cm junto da régua, no período observado. O acúmulo de sedimentos foi mais concentrado no início do período, se mostrando estável nas últimas observações. Cabe ressaltar que a medida de 29/03/17 foi influenciada pelo acumulo de água junto da régua. No início do monitoramento, identificou-se um ponto de fuga de sedimentos no canto inferior esquerdo da contenção com isso o monitoramento da régua foi interrompido.

| Data | 23/02/2017 | 09/03/2017 | 16/03/2017 | 23/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 13 | 11,5 | 19 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 29/03/2017 | 06/04/2017 | 13/04/2017 | 20/04/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 22 | 19 | 19 | 19 |
| Registro Fotográfico | | | | |

## 8.2 Régua A11-R03

- Localização: régua instalada na planície de inundação B37, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: houve um decréscimo de sedimentos de cerca de 2,5 cm junto da régua, no período observado. Apesar do decréscimo medido, não foram identificados em campo pontos de fuga.

| Data | 23/02/2017 | 09/03/2017 | 16/03/2017 | 23/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 15 | 18 | 13 | 18 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 29/03/2017 | 06/04/2017 | 13/04/2017 | 20/04/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 19 | 19 | 19 | 19 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 03/05/2017 | 29/06/2017 | 24/07/2017 | 23/08/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 19 | 16,5 | 16,5 | 16,5 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 29/03/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 16,5 |
| Registro Fotográfico | |

## 8.3 Régua A11-R04

- Localização: régua instalada na margem esquerda do rio Gualaxo do Norte nas proximidades da estaca E.G 1.700 planície, a montante de descida de drenagem na beirada de acesso;
- Avaliação: houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 8 cm junto da régua, no período observado. Por estar localizada na lateral do acesso, as leituras da régua podem ser afetadas por manutenções da via. Por este motivo, ainda que a estrutura de contenção esteja sendo efetiva no controle do carreamento de sedimentos para o rio Gualaxo do Norte, o monitoramento neste ponto será interrompido.

| Data | 23/02/2017 | 09/03/2017 | 16/03/2017 | 23/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 13 | 16 | 16 | 17 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 29/03/2017 | 06/04/2017 | 13/04/2017 | 20/04/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 24 | 21 | 21 | 21 |
| Registro Fotográfico | | | | |

## 8.4 Régua A11-R05

- Localização: régua instalada na planície de inundação B44, dentro de canaleta de drenagem.
- Avaliação: houve um pequeno acúmulo de sedimentos de cerca de 3,5 cm junto da régua, no período observado. A altura da marca da água na régua é de 40 cm e a altura da contenção é 70 cm aproximadamente. Há um ponto de fuga na lateral da estrutura com isso o ponto foi interrompido.

| Data | 23/02/2017 | 09/03/2017 | 16/03/2017 | 23/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 20 | 23,5 | 23,5 | 23,5 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 29/03/2017 | 06/04/2017 | 13/04/2017 | 20/04/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 |
| Registro Fotográfico | | | | |

## 8.5 Régua A11-R06

- Localização: régua instalada na planície de inundação B44, dentro de canaleta de drenagem que drena escoamento da via de acesso.
- Avaliação: houve um pequeno acréscimo de sedimentos de cerca de 6cm junto da régua, no período observado. Por estar localizada na lateral do acesso, as leituras da régua podem ser afetadas por manutenções da via. Por este motivo, ainda que a estrutura de contenção esteja sendo efetiva no controle do carreamento de sedimentos para o rio Gualaxo do Norte, o monitoramento neste ponto será interrompido.

| Data | 23/02/2017 | 09/03/2017 | 16/03/2017 | 23/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 20 | 23 | 23 | 23 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 29/03/2017 | 06/04/2017 | 13/04/2017 | 20/04/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 26 | 26 | 26 | 26 |
| Registro Fotográfico | | | | |

## 8.6 Régua A11-R07

- Localização: régua instalada na planície de inundação B44, dentro de canaleta de drenagem que drena escoamento da via de acesso.
- Avaliação: não foi possível mensurar acréscimo no acúmulo de sedimentos junto da régua no período observado. A régua foi removida por uma motoniveladora durante a manutenção do acesso. Por este motivo o monitoramento neste ponto foi interrompido.

| Data | 23/02/2017 | 09/03/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 20 | 20 | 20 |
| Registro Fotográfico | | | |

# 9.0 ÁREA PRIORITÁRIA 13

## 9.1 Régua A13-R01

- Localização: régua instalada na planície de inundação M07, a montante de paliçada dentro de canaleta de drenagem
- Avaliação: houve um pequeno acúmulo de sedimentos de 5 cm junto da régua no período observado. A altura da marca da água na régua é de aproximadamente 30 cm e a altura da contenção é de 40 cm indicando que não está havendo passagem de água sobre a contenção. Com o desenvolvimento da vegetação no entorno e finalização das obras, o acesso ao local da régua se tornou mais difícil. Como não está ocorrendo uma variação significativa no acúmulo de sedimentos, o monitoramento neste ponto foi interrompido.

| Data | 03/01/2017 | 17/02/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 3 | 3 | 3 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 24/03//2017 | 30/03/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 8 | 8 |
| Registro Fotográfico | | |

## 9.2 Régua A13-R02

- Localização: régua instalada na planície de inundação M07, a dentro de canaleta, a montante de descida de drenagem;
- Avaliação: não foi possível mensurar acréscimo no acúmulo de sedimentos junto da régua no período observação. No entanto, a marca da água na régua indica que houve escoamento superficial carreando sedimentos no local. A altura da marca na régua é equivalente à altura da contenção (cerca de 30 cm), mas como não houve acúmulo de sedimentos, atualmente não há necessidade de altear a contenção. O enrocamento a jusante da contenção não apresenta acúmulo de sedimentos.

| Data | 03/01/2017 | 21/02/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 2 | 2 | 2 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 24/03/2017 | 30/03/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 2 | 2 |
| Registro Fotográfico | | |

| Data | 29/06/2017 | 24/07/2017 | 24/08/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | -4 | -4 | -4 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 28/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | -4 |
| Registro Fotográfico | |

## 9.3 Régua A13-R03

- Localização: régua instalada na planície de inundação M07, a montante de cordão de contorno feito com feixe de galhada;
- Avaliação: não foi possível mensurar acúmulo de sedimentos junto da régua no período de observação. Notar o desenvolvimento da vegetação ocorrido no. A área inicialmente desprovida de qualquer vegetação, passou a apresentar uma cobertura vegetal significativa. A régua foi removida por terceiros e por este motivo o monitoramento neste ponto foi interrompido.

| Data | 13/01/2017 | 17/02/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 24/03/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 |
| Registro Fotográfico | |

## 9.4 Régua A13-R04

- Localização: régua instalada na planície de inundação B25, a montante de paliçada;
- Avaliação: houve um pequeno acúmulo de sedimentos de 2 cm junto da régua, no período observado. A altura da marca da água na régua é de 40 cm e a altura da contenção é de aproximadamente 80 cm. Com o desenvolvimento da vegetação no entorno e finalização das obras, o acesso ao local da régua se tornou mais difícil. Como não está ocorrendo uma variação significativa no acúmulo de sedimentos, o monitoramento neste ponto foi interrompido.

| Data | 13/01/2017 | 17/02/2017 | 16/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 20 | 20 | 20 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 24/03/2017 | 30/03/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 21 | 22 |
| Registro Fotográfico | | |

## 9.5 Régua A13-R05

- Localização: régua instalada na planície de inundação da margem direita do tributário TG11 em paliçada a jusante da régua A13-R06;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos da régua, no período de observação. Esta paliçada recebe contribuição de sedimentos de acesso existente anteriormente no local. A altura da marca da água da régua é de 30 cm, e a altura da contenção é de 40 cm aproximadamente.

| Data | 13/01/2017 | 23/02/2017 | 24/03/2017 | 30/03/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 10 | 10 | 10 |
| Registro Fotográfico | | | | |

| Data | 29/06/2017 | 24/07/2017 | 24/08/2017 | 29/09/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 | | | |
| Registro Fotográfico | | | | |

## 9.6 Régua A13-R06

- Localização: régua instalada na planície de inundação da margem direita do TG11, em paliçada a montante da régua A13-R05
- Avaliação: Esta paliçada recebe contribuição de sedimentos de acesso existente anteriormente no local e se encontra a montante da régua A13-R05, onde houve acúmulo de sedimentos. É possível notar a marca da água no geotêxtil de cada paliçada da sequência. A régua foi removida por terceiros e por este motivo o monitoramento neste ponto foi interrompido. Apesar da régua ter sido removida, no dia 24/07/2017, foi possível medir a quantidade de sedimento acumulado pela altura da estrutura de 70 cm, uma vez que ela foi totalmente preenchida.

| Data | 13/01/2017 | 23/02/2017 | 24/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 2 | 2 | 70 |
| Registro Fotográfico | | | |

## 9.7 Régua A13-R07

- Localização: régua instalada na planície de inundação M07, dentro de canaleta e a montante de descida de drenagem;
- Avaliação: houve um pequeno acúmulo de sedimentos junto da régua de monitoramento no período observado. A altura da marca da água na régua é de aproximadamente 25 cm e a altura da contenção é de cerca de 50 cm.

| Data | 21/02/2017 | 24/03/2017 | 30/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 6 | 6 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 29/06/2017 | 24/07/2017 | 24/08/2017 | 29/09/2017 |
|---|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Registro Fotográfico | | | | |

## 9.8 Régua A13-R08

- Localização: régua instalada na planície de inundação B23, a montante de paliçada;
- Avaliação: não foi possível mensurar com precisão o acúmulo de sedimentos junto da régua. Os valores observados oscilaram e foi verificado acúmulo de água a montante da paliçada em diferentes oportunidades. Por se tratar de um local de difícil acesso, o monitoramento neste ponto foi interrompido após o término das obras.

| Data | 21/02/2017 | 16/03/2017 | 24/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 6 | 7 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 30/03/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 8 |
| Registro Fotográfico | |

## 9.9 Régua A13-R9

- Localização: régua instalada na planície de inundação B23, a montante de paliçada;
- Avaliação: houve um pequeno acúmulo de sedimentos junto da régua no período observado. A altura da marca da água na régua foi de 45 cm e a altura da contenção é de 70 cm. Por se tratar de um local de difícil acesso, o monitoramento neste ponto foi interrompido após o término das obras.

| Data | 21/02/2017 | 16/03/2017 | 24/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 15 | 13,5 | 13,5 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 30/03/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 18 |
| Registro Fotográfico | |

## 9.10 Régua A13-R10

- Localização: régua instalada na planície de inundação B21, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: houve um acúmulo de sedimentos de cerca de 8 cm junto da régua no período observado. A marca da água na régua atingiu a altura 25 cm e a altura da contenção é de 40 cm. Ainda que a régua esteja apresentando resultados interessantes, por se tratar de um local de difícil acesso, o monitoramento neste ponto foi interrompido após o término das obras.

| Data | 16/02/2017 | 16/03/2017 | 24/03/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 2 | 5 | 9 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 30/03/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 |
| Registro Fotográfico | |

# 10.0 ÁREA PRIORITÁRIA 15

## 10.1 Régua A15A-R01

- Localização: régua instalada na planície de inundação B205, dentro de canaleta de drenagem. Localizada a montante da régua A15-R02;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 19/05/2017 | 27/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 10.2 Régua A15A-R02

- Localização: régua instalada na planície de inundação B205, dentro de canaleta de drenagem. Localizada a jusante da régua A15-R01;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca. O sedimento marcado é devido a execução de uma canaleta ao lado

| Data | 19/05/2017 | 27/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 5 | 5 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 5 | 5 |
| Registro Fotográfico | | |

## 10.3 Régua A15A-R03

- Localização: régua instalada na planície de inundação B205, dentro de canaleta de drenagem. Localizada a jusante da régua A15-R04;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 19/05/2017 | 27/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 10.4 Régua A15A-R04

- Localização: régua instalada na planície de inundação B205, dentro de canaleta de drenagem. Localizada a montante da régua A15-R03;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 19/05/2017 | 27/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 10.5 Régua A15A-R05

- Localização: régua instalada na planície de inundação B201, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 19/05/2017 | 27/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 10.6 Régua A15A-R06

- Localização: régua instalada na planície de inundação B201, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 19/05/2017 | 27/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 10.7 Régua A15A-R07

- Localização: régua instalada na planície de inundação B201, dentro de canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 19/05/2017 | 27/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 10.8 Régua A15B-R01

- Localização: régua instalada na planície de inundação B172. A montante das réguas; A15B-R02 e A15B-R03;
- Avaliação: Há um acúmulo de sedimento devido à falta de sucesso do plantio.

| Data | 19/05/2017 | 27/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 20 | 23 | 23 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 23 | 23 |
| Registro Fotográfico | | |

## 10.9 Régua A15B-R02

- Localização: régua instalada na planície de inundação B172. A jusante da régua A15B-R02 e a montante da régua A15B-R03;
- Avaliação: Há um acúmulo de sedimento devido à falta de sucesso do plantio.

| Data | 19/05/2017 | 27/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 8 | 10 | 10 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 10 | 10 |
| Registro Fotográfico | | |

## 10.10Régua A15B-R03

- Localização: régua instalada na planície de inundação B172;
- Avaliação: Não houve acumulo de sedimento. Há presença de gado no local.

| Data | 19/05/2017 | 27/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 10.11Régua A15B-R04

- Localização: régua instalada na planície de inundação B175**;**
- Avaliação: Não houve acumulo de sedimento. Há presença de gado no local.

| Data | 19/05/2017 | 27/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 10.12Régua A15B-R05

- Localização: régua instalada na planície de inundação B176;
- Avaliação: Não houve acumulo de sedimento. Há presença de gado no local.

| Data | 19/05/2017 | 27/06/2017 | 20/07/2017 |
|---|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | | |

| Data | 22/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

# 11.0 ÁREA PRIORITÁRIA 20

## 11.1 Régua A20-R01

- Localização: Localizada a montante da régua A20-R02 em uma canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 31/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 11.2 Régua A20-R02

- Localização: Localizada a montante da régua A20-R01 em uma canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 31/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 11.3 Régua A20-R03

- Localização: Localizada a montante da régua A20-R04 em uma canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 31/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 11.4 Régua A20-R04

- Localização: Localizada a jusante da régua A20-R03 em uma canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 31/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

# 12.0 ÁREA PRIORITÁRIA 22

## 12.1 Régua A22-R01

- Localização: Localizada a montante da régua A22-R02 em uma canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 27/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 |
| Registro Fotográfico | |

## 12.2 Régua A22-R02

- Localização: Localizada a jusante da régua A22-R01 em uma canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 27/09/2017 |
|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 |
| Registro Fotográfico | |

# 13.0 ÁREA PRIORITÁRIA 24

## 13.1 Régua A24-R01

- Localização: Localizada a jusante da régua A24-R03 em uma canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 31/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 13.2 Régua A24-R02

- Localização: Localizada a jusante da régua A24-R04 e A24-R05 em uma canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 31/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 13.3 Régua A24-R03

- Localização: Localizada a jusante da régua A24-R01 em uma canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 31/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 13.4 Régua A24-R04

- Localização: Localizada a jusante da régua A24-R02 em uma canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 31/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 13.5 Régua A24-R05

- Localização: Localizada a montante da régua A24-R02 em uma canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

| Data | 31/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

## 13.6 Régua A25-R01

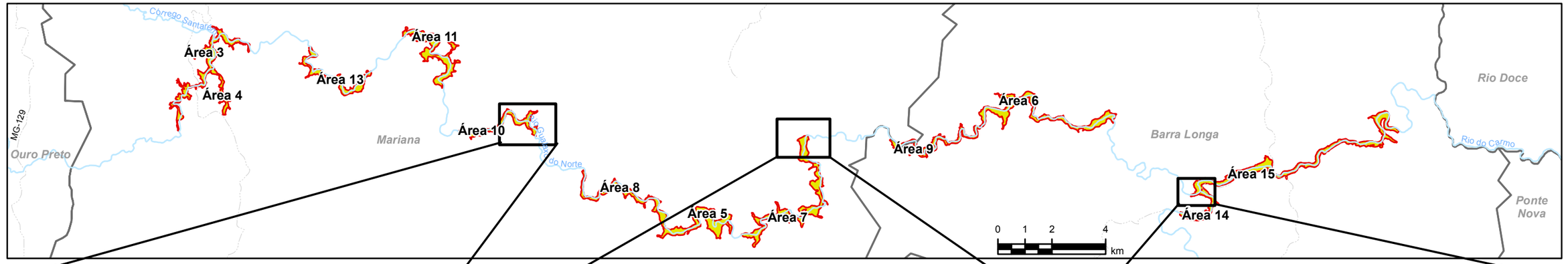
- Localização: Localizada em uma canaleta de drenagem;
- Avaliação: não houve um acúmulo de sedimentos devido a estação seca.

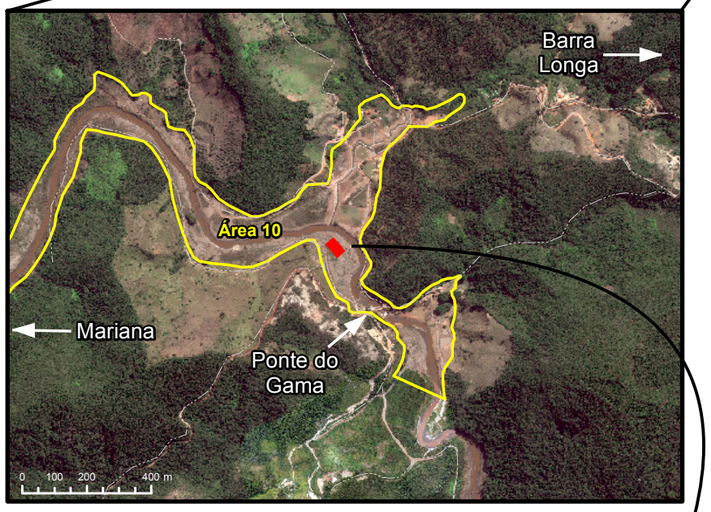
| Data | 31/08/2017 | 27/09/2017 |
|---|---|---|
| Altura de sedimento (cm) | 0 | 0 |
| Registro Fotográfico | | |

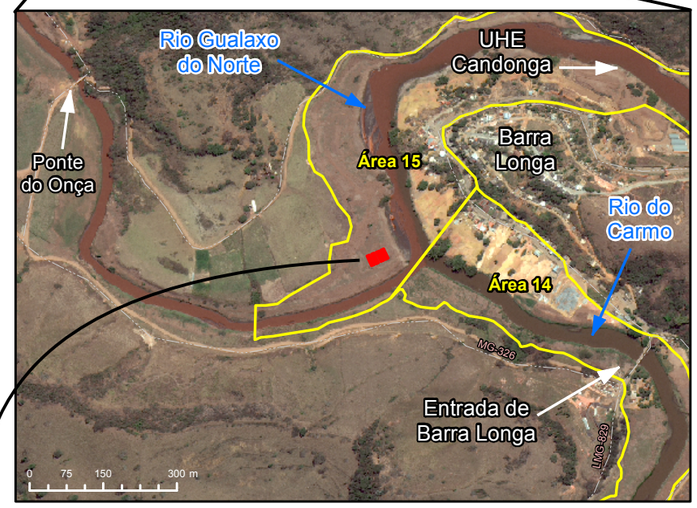
c:\users\aesantos\desktop\anexo e.docx

# ANEXO F

## Localização das Parcelas de Monitoramento de Taxas de Erosão





**LEGENDA**

- Parcelas de controle da erosão
- Áreas prioritárias

**LOCALIZAÇÃO**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 23 K - Datum SIRGAS2000

N

PROJETO:

**PLANO DE MONITORAMENTO DAS INTERVENÇÕES PRIORITÁRIAS**

TÍTULO:

**LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS DE MONITORAMENTO DAS TAXAS DE EROSÃO**

Golder Associates

| Nº PROJETO: 159-515-2282 | | ESCALA: IND. |
|---|---|---|
| GIS | FPS | junho/2017 |
| REV | DO | 00 |

**Folha 1**

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_biotico\monit_vegetacao\taxas_de_erosao_A3.mxd

# ANEXO G

## Dados de turbidez de Tributários e Rios Principais

**Tabela G-1: Dados de turbidez medidos nos tributários durante o período de 27 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.**

| Data | Tributário TC02 | | Tributário TC05 | | Tributário TG03 | | Tributário TG10 | | Tributário TG11 | | Tributário TG16 | | Tributário TG18 | | Tributário TG20 | | Tributário TG30 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| 26/07/2016 | 18,1 | 541,3 | | | | | 5,4 | 6,9 | | | | | 7,2 | 6,5 | | | 6,5 | 7,7 |
| 27/07/2016 | 22,5 | 535,7 | | | | | 4,6 | 6,4 | | | | | 8,9 | 12,5 | | | 9,7 | 12,5 |
| 28/07/2016 | 13,1 | 826,7 | | | | | 3,8 | 99,2 | | | | | 7,2 | 9,7 | | | 6,2 | 7,6 |
| 29/07/2016 | 7,9 | 652,7 | | | | | 4,6 | 14,5 | | | | | 10,7 | 10,5 | | | 7,0 | 5,5 |
| 30/07/2016 | 6,0 | 106,0 | | | | | 5,5 | 9,0 | | | | | 13,0 | 9,9 | | | 6,8 | 36,3 |
| 31/07/2016 | 6,0 | 62,7 | | | | | 5,5 | 17,0 | | | | | 17,2 | 11,6 | | | 2,8 | 6,1 |
| 01/08/2016 | 6,3 | 10656,7 | | | | | 5,3 | 9,0 | | | | | 14,8 | 12,1 | | | 3,2 | 6,6 |
| 02/08/2016 | 6,2 | 141,7 | | | | | 6,7 | 9,2 | | | | | 7,3 | 15,6 | | | 6,3 | 7,4 |
| 03/08/2016 | 6,9 | 223,3 | | | | | 8,0 | 11,0 | | | | | 9,2 | 33,1 | | | 4,1 | 4,8 |
| 04/08/2016 | 4,7 | 59,6 | | | | | 7,1 | 9,5 | | | | | 8,7 | 28,3 | | | 3,7 | 5,3 |
| 05/08/2016 | 5,7 | 41,1 | | | | | 5,4 | 9,8 | | | | | 7,2 | 10,9 | | | 4,0 | 4,7 |
| 06/08/2016 | 5,6 | 31,9 | | | | | 6,2 | 9,2 | | | | | 10,6 | 11,2 | | | 4,2 | 4,9 |
| 07/08/2016 | 5,2 | 36,1 | | | | | 5,3 | 7,6 | | | | | 6,5 | 9,7 | | | 4,1 | 6,5 |
| 08/08/2016 | 6,8 | 2443,3 | | | | | 7,1 | 8,1 | | | | | 11,5 | 12,9 | | | 3,4 | 4,4 |
| 09/08/2016 | 6,5 | 3260,0 | | | | | 5,5 | 9,0 | | | | | 10,5 | 16,1 | | | 3,4 | 4,5 |
| 10/08/2016 | 4,7 | 136,7 | | | | | 8,5 | 16,6 | | | | | 14,2 | 26,5 | | | 3,3 | 4,4 |
| 11/08/2016 | 5,4 | 27,6 | | | | | 9,3 | 17,9 | | | | | 15,7 | 28,6 | | | 4,2 | 8,8 |
| 12/08/2016 | 5,1 | 25,7 | | | | | 6,9 | 10,9 | | | | | 11,7 | 12,2 | | | 4,4 | 5,1 |
| 13/08/2016 | 4,0 | 49,1 | | | | | 6,2 | 12,0 | | | | | 8,5 | 12,7 | | | 4,3 | 5,4 |
| 14/08/2016 | 4,1 | 28,9 | | | | | 5,8 | 7,8 | | | | | 11,4 | 14,1 | | | 4,2 | 5,1 |
| 15/08/2016 | 4,2 | 26,1 | | | | | 6,6 | 8,6 | | | | | 9,4 | 11,8 | | | 3,5 | 4,5 |
| 16/08/2016 | 4,5 | 35,3 | | | | | 9,6 | 17,7 | | | | | 11,8 | 22,1 | | | 4,7 | 6,8 |
| 17/08/2016 | 2,9 | 24,4 | | | | | 7,7 | 14,6 | | | | | 11,9 | 13,9 | | | 3,6 | 7,3 |
| 18/08/2016 | 3,6 | 18,6 | | | | | 5,9 | 10,2 | | | | | 10,4 | 13,2 | | | 4,8 | 6,6 |
| 19/08/2016 | 3,4 | 14,8 | | | | | 5,6 | 10,3 | | | | | 15,6 | 19,1 | | | 4,3 | 5,8 |
| 20/08/2016 | 4,8 | 25,0 | | | | | 7,3 | 7,6 | | | | | 13,8 | 9,2 | | | 3,5 | 6,6 |
| 21/08/2016 | 4,2 | 64,9 | | | | | 7,1 | 7,9 | | | | | 15,7 | 9,4 | | | 4,1 | 5,7 |
| 22/08/2016 | 3,9 | 85,3 | | | | | 6,7 | 9,8 | | | | | 7,5 | 10,2 | | | 3,9 | 5,4 |
| 23/08/2016 | 3,4 | 7,4 | | | | | 6,4 | 11,2 | | | | | 13,3 | 9,0 | | | 4,8 | 7,5 |
| 24/08/2016 | 4,6 | 29,3 | | | | | 6,9 | 11,8 | | | | | 9,2 | 9,8 | | | 3,8 | 4,7 |
| 25/08/2016 | 4,3 | 62,9 | | | | | 5,7 | 8,3 | | | | | 10,5 | 8,5 | | | 4,0 | 5,3 |
| 26/08/2016 | 4,6 | 61,0 | | | | | 7,2 | 11,7 | | | | | 10,1 | 17,6 | | | 3,9 | 5,4 |
| 27/08/2016 | 4,9 | 37,3 | | | | | 6,8 | 10,9 | | | | | 9,0 | 13,5 | | | 3,9 | 5,4 |
| 28/08/2016 | 4,4 | 53,6 | | | | | 9,3 | 9,9 | | | | | 8,2 | 14,0 | | | 4,8 | 6,9 |
| 29/08/2016 | 4,4 | 89,3 | | | | | 8,1 | 10,0 | | | | | 15,0 | 12,0 | | | 3,8 | 5,1 |
| 30/08/2016 | 4,1 | 62,1 | | | | | 10,9 | 13,7 | | | | | 10,4 | 8,5 | | | 3,4 | 6,3 |
| 31/08/2016 | 4,2 | 54,7 | | | | | 9,5 | 12,6 | | | | | 7,6 | 10,4 | | | 4,0 | 6,9 |
| 01/09/2016 | 4,4 | 37,4 | | | | | 9,7 | 10,2 | | | | | 9,8 | 12,3 | | | 6,2 | 8,8 |
| 02/09/2016 | 4,0 | 26,0 | | | | | 9,8 | 14,2 | | | | | 11,9 | 15,4 | | | 4,3 | 6,3 |
| 03/09/2016 | 4,1 | 41,9 | | | | | 11,8 | 20,4 | | | | | 9,4 | 13,3 | | | 4,4 | 6,7 |
| 04/09/2016 | 4,3 | 34,0 | | | | | 7,4 | 11,3 | | | | | 10,2 | 13,5 | | | 4,3 | 7,2 |
| 05/09/2016 | 3,5 | 27,9 | | | | | 8,3 | 10,9 | | | | | 10,2 | 15,0 | | | 4,2 | 7,2 |
| 06/09/2016 | 4,2 | 25,8 | | | | | 8,1 | 11,0 | | | | | 19,1 | 30,8 | | | 4,0 | 7,3 |
| 07/09/2016 | 4,2 | 28,7 | | | | | 7,4 | 10,0 | | | | | 11,3 | 11,6 | | | 4,2 | 6,4 |
| 08/09/2016 | 4,1 | 11,9 | | | | | 7,6 | 9,3 | | | | | 10,2 | 10,8 | | | 4,6 | 6,3 |
| 09/09/2016 | 3,8 | 12,7 | | | | | 7,4 | 9,3 | | | | | 11,0 | 11,7 | | | 4,3 | 5,4 |
| 10/09/2016 | 4,2 | 13,8 | | | | | 10,4 | 12,3 | | | | | 17,3 | 62,3 | | | 5,0 | 7,6 |
| 11/09/2016 | 4,2 | 16,8 | | | | | 11,7 | 13,6 | | | | | 15,3 | 27,3 | | | 4,2 | 7,3 |
| 12/09/2016 | 6,7 | 35,8 | | | | | 10,9 | 12,7 | | | | | 25,7 | 17,0 | | | 4,2 | 11,9 |
| 13/09/2016 | 5,5 | 16,3 | | | | | 9,4 | 10,9 | | | | | 13,4 | 15,2 | | | 4,4 | 11,9 |
| 14/09/2016 | 6,4 | 11,4 | | | | | 8,2 | 10,6 | | | | | 29,9 | 41,0 | | | 4,3 | 9,4 |
| 15/09/2016 | 5,7 | 15,1 | | | | | 10,0 | 12,5 | | | | | 27,9 | 41,7 | | | 3,5 | 5,5 |
| 16/09/2016 | 6,7 | 9,9 | | | | | 14,5 | 12,4 | | | | | 27,2 | 17,9 | | | 3,6 | 6,3 |
| 17/09/2016 | 6,0 | 26,0 | | | | | 14,4 | 16,0 | | | | | 12,5 | 17,5 | | | 4,2 | 7,0 |
| 18/09/2016 | 5,2 | 11,0 | | | | | 21,5 | 11,8 | | | | | 17,5 | 15,8 | | | 4,1 | 6,7 |
| 19/09/2016 | 5,2 | 26,2 | | | | | 9,2 | 9,2 | | | | | 10,9 | 11,0 | | | 4,2 | 6,3 |
| 20/09/2016 | 9,9 | 56,7 | | | | | 39,5 | 27,4 | | | | | 448,3 | 636,7 | | | 44,0 | 86,8 |
| 21/09/2016 | 6,4 | 44,1 | | | | | 28,8 | 18,4 | | | | | 14,4 | 25,4 | | | 6,6 | 12,1 |
| 22/09/2016 | 5,5 | 27,5 | | | | | 18,7 | 25,3 | | | | | 12,3 | 16,2 | | | 4,3 | 9,9 |

**Tabela G-1: Dados de turbidez medidos nos tributários durante o período de 27 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.**

| Data | Tributário TC02 | | Tributário TC05 | | Tributário TG03 | | Tributário TG10 | | Tributário TG11 | | Tributário TG16 | | Tributário TG18 | | Tributário TG20 | | Tributário TG30 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| 23/09/2016 | 5,1 | 35,3 | | | | | 13,7 | 16,5 | | | | | 14,1 | 10,0 | | | 4,2 | 8,3 |
| 24/09/2016 | 4,4 | 13,7 | | | | | 10,7 | 12,3 | | | | | 24,3 | 36,7 | | | 5,3 | 7,1 |
| 25/09/2016 | 57,6 | 377,0 | | | | | 37,5 | 44,1 | | | | | 61,2 | 104,7 | | | 7,3 | 11,7 |
| 26/09/2016 | 43,6 | 231,7 | | | | | 27,3 | 33,8 | | | | | 78,4 | 107,8 | | | 16,6 | 63,0 |
| 27/09/2016 | 43,7 | 47,7 | | | | | 22,2 | 20,4 | | | | | 24,2 | 39,1 | | | 7,8 | 8,9 |
| 28/09/2016 | 13,5 | 17,3 | | | | | 9,9 | 10,1 | | | | | 30,2 | 26,4 | | | 5,8 | 13,5 |
| 29/09/2016 | 8,1 | 14,3 | | | | | 6,7 | 8,6 | | | | | 14,6 | 16,5 | | | 6,9 | 10,3 |
| 30/09/2016 | 7,2 | 10,8 | | | | | 5,5 | 9,7 | | | | | 12,8 | 11,7 | | | 5,6 | 7,5 |
| 01/10/2016 | 7,0 | 9,0 | | | | | 8,1 | 6,5 | | | | | 14,1 | 34,6 | | | 5,4 | 6,9 |
| 02/10/2016 | 7,1 | 10,7 | | | | | 6,7 | 6,1 | | | | | 13,0 | 27,9 | | | 87,7 | 96,2 |
| 03/10/2016 | 5,4 | 9,2 | | | | | 10,4 | 10,8 | | | | | 11,4 | 14,4 | | | 6,0 | 6,5 |
| 04/10/2016 | 6,7 | 13,2 | | | | | 10,8 | 59,2 | | | | | 71,6 | 156,0 | | | 8,2 | 11,3 |
| 05/10/2016 | | | | | | | 4,8 | 6,5 | | | | | 42,9 | 25,7 | | | 5,7 | 6,7 |
| 06/10/2016 | | | | | | | 24,2 | 30,6 | | | | | 13,4 | 45,1 | | | 8,2 | 9,5 |
| 07/10/2016 | | | | | 291,7 | 233,3 | 5,4 | 6,6 | | | | | 9,2 | 15,7 | | | 7,6 | 11,1 |
| 08/10/2016 | | | | | 8,0 | 8,6 | 6,2 | 12,6 | | | | | 8,7 | 9,9 | | | 5,7 | 7,3 |
| 09/10/2016 | | | | | 13,1 | 21,5 | 6,5 | 12,1 | | | | | 5,8 | 9,4 | | | 5,2 | 6,4 |
| 10/10/2016 | | | | | 11,6 | 10,5 | 10,5 | 7,8 | | | | | 13,2 | 9,1 | | | 6,2 | 7,7 |
| 11/10/2016 | | | | | 6,6 | 8,0 | 6,8 | 7,5 | | | | | 14,9 | 10,2 | | | 4,3 | 6,3 |
| 12/10/2016 | | | | | 6,6 | 6,9 | 4,5 | 4,3 | | | | | 10,7 | 13,7 | | | 7,0 | 7,9 |
| 13/10/2016 | | | | | 5,6 | 11,6 | 6,7 | 14,3 | | | | | 4,2 | 6,8 | | | 5,8 | 7,6 |
| 14/10/2016 | | | | | 6,0 | 5,4 | 5,2 | 8,4 | | | | | 6,9 | 6,7 | | | 5,9 | 13,8 |
| 15/10/2016 | | | | | 59,8 | 46,6 | 4,6 | 4,3 | | | | | 5,5 | 6,3 | | | 5,7 | 10,2 |
| 16/10/2016 | | | | | 5,8 | 6,3 | 4,8 | 5,2 | | | | | 7,4 | 6,5 | | | 6,4 | 9,7 |
| 17/10/2016 | | | | | 8,3 | 13,0 | 6,9 | 9,5 | | | | | 9,5 | 15,7 | | | 5,7 | 9,1 |
| 18/10/2016 | | | | | 6,4 | 8,5 | 4,8 | 8,5 | | | | | 9,4 | 9,5 | | | 5,1 | 31,6 |
| 19/10/2016 | | | | | 8,1 | 6,3 | 5,2 | 16,4 | | | | | 9,8 | 10,1 | | | 5,3 | 5,8 |
| 20/10/2016 | | | | | 8,3 | 5,2 | 6,6 | 4,8 | | | | | 10,1 | 12,6 | | | 5,2 | 6,4 |
| 21/10/2016 | | | | | 5,6 | 6,6 | 5,1 | 10,3 | | | | | 7,6 | 10,4 | | | 5,8 | 5,4 |
| 22/10/2016 | | | | | 5,6 | 6,6 | 13,2 | 13,8 | | | | | 107,7 | 652,3 | | | 34,7 | 45,6 |
| 23/10/2016 | | | | | 4,5 | 8,4 | 6,4 | 13,5 | | | | | 41,8 | 45,6 | | | 6,3 | 10,3 |
| 24/10/2016 | | | | | 4,7 | 10,2 | 5,8 | 5,6 | | | | | 32,9 | 38,1 | | | 4,9 | 7,1 |
| 25/10/2016 | | | | | 6,5 | 5,9 | 8,5 | 8,1 | | | | | 29,3 | 27,2 | | | 5,3 | 6,7 |
| 26/10/2016 | | | | | 5,8 | 4,8 | 3,6 | 4,2 | | | | | 26,7 | 21,6 | | | 5,7 | 5,0 |
| 27/10/2016 | | | | | 4,6 | 13,2 | 4,4 | 7,0 | | | | | 10,7 | 14,2 | | | 4,3 | 5,9 |
| 28/10/2016 | | | | | 6,1 | 5,5 | 4,5 | 7,1 | | | | | 12,6 | 12,0 | | | 5,1 | 7,5 |
| 29/10/2016 | | | | | 5,4 | 9,9 | 3,6 | 5,8 | | | | | 9,8 | 11,4 | | | 5,1 | 9,0 |
| 30/10/2016 | | | | | 5,4 | 6,0 | 4,8 | 8,2 | | | | | 13,5 | 17,8 | | | 4,3 | 9,4 |
| 31/10/2016 | | | | | 6,0 | 6,7 | 3,6 | 10,7 | | | | | 6,5 | 21,9 | | | 5,8 | 7,9 |
| 01/11/2016 | | | | | 5,6 | 8,9 | 4,3 | 4,5 | | | | | 6,6 | 7,6 | | | 5,1 | 8,0 |
| 02/11/2016 | | | | | 4,2 | 7,2 | 4,7 | 6,3 | | | | | 7,8 | 8,1 | | | 5,7 | 6,7 |
| 03/11/2016 | | | | | 5,5 | 4,5 | 3,6 | 3,9 | | | | | 7,3 | 8,3 | | | 6,8 | 11,1 |
| 04/11/2016 | | | | | 3,2 | 4,3 | 3,5 | 7,2 | | | | | 4,6 | 12,0 | | | 6,3 | 5,0 |
| 05/11/2016 | | | | | 9,2 | 10,2 | 4,4 | 15,7 | | | | | 8,1 | 38,2 | | | 6,3 | 6,6 |
| 06/11/2016 | | | | | 12,1 | 14,5 | 5,8 | 7,3 | | | | | 7,6 | 10,8 | | | 8,0 | 8,5 |
| 07/11/2016 | | | | | 8,1 | 13,8 | 4,5 | 5,6 | | | | | 6,8 | 8,1 | | | | |
| 08/11/2016 | | | | | 442,3 | 630,0 | 11,4 | 25,1 | | | | | 6,9 | 8,5 | | | 5,3 | 8,2 |
| 09/11/2016 | | | | | 197,0 | 230,0 | 8,8 | 15,0 | | | | | 6,6 | 11,5 | | | 6,5 | 10,0 |
| 10/11/2016 | | | | | 174,3 | 141,7 | 9,9 | 13,2 | | | | | 13,6 | 24,5 | | | 2,9 | 5,1 |
| 11/11/2016 | | | | | 21,9 | 34,2 | 7,0 | 9,4 | | | | | 15,0 | 7,9 | | | 4,4 | 6,0 |
| 12/11/2016 | | | | | 6,2 | 7,1 | 4,5 | 5,1 | | | | | 8,5 | 11,1 | | | 5,4 | 7,2 |
| 13/11/2016 | | | | | 18,9 | 33,8 | 8,7 | 9,9 | | | | | 7,5 | 13,7 | | | 108,7 | 151,7 |
| 14/11/2016 | | | | | 321,3 | 306,3 | 95,2 | 99,3 | | | | | 132,7 | 107,7 | | | 56,5 | 132,7 |
| 15/11/2016 | | | | | 41,5 | 52,1 | 11,5 | 15,7 | | | | | 68,2 | 82,4 | | | 21,6 | 38,7 |
| 16/11/2016 | | | | | 44,4 | 53,5 | 5,5 | 13,4 | | | | | 52,2 | 63,4 | | | 22,0 | 44,8 |
| 17/11/2016 | | | | | 10,2 | 14,3 | 8,7 | 12,2 | | | | | 31,1 | 40,5 | | | 6,8 | 9,4 |
| 18/11/2016 | | | | | 30,1 | 35,7 | 6,2 | 8,7 | | | | | 20,5 | 38,4 | | | 6,5 | 11,5 |
| 19/11/2016 | | | | | 69,0 | 58,3 | 5,5 | 8,4 | | | | | 20,5 | 25,0 | | | 7,4 | 11,6 |
| 20/11/2016 | | | | | 8,9 | 9,7 | 5,9 | 6,8 | | | | | 22,0 | 26,7 | | | 7,2 | 12,4 |

**Tabela G-1: Dados de turbidez medidos nos tributários durante o período de 27 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.**

| Data | Tributário TC02 | | Tributário TC05 | | Tributário TG03 | | Tributário TG10 | | Tributário TG11 | | Tributário TG16 | | Tributário TG18 | | Tributário TG20 | | Tributário TG30 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| 21/11/2016 | | | | | 4,5 | 6,7 | 31,5 | 36,6 | | | | | 9,6 | 11,1 | | | 5,8 | 6,9 |
| 22/11/2016 | | | | | 32,3 | 33,1 | 4,6 | 7,7 | | | | | 11,9 | 12,7 | | | 9,1 | 8,2 |
| 23/11/2016 | | | | | 10,5 | 15,5 | 72,3 | 69,5 | | | | | 163,3 | 209,3 | | | 47,0 | 60,1 |
| 24/11/2016 | | | | | 31,8 | 45,1 | 13,4 | 20,9 | | | | | 31,8 | 41,4 | | | 14,1 | 28,6 |
| 25/11/2016 | | | | | 31,5 | 51,8 | 11,5 | 14,2 | | | | | 39,4 | 46,5 | | | 8,9 | 12,2 |
| 26/11/2016 | | | | | 29,9 | 81,8 | 12,4 | 27,1 | | | | | 12,4 | 17,1 | | | 9,6 | 11,0 |
| 27/11/2016 | | | | | 5,3 | 5,3 | 7,0 | 8,2 | | | | | 18,4 | 21,6 | | | 4,8 | 7,3 |
| 28/11/2016 | | | | | 4,9 | 5,8 | 27,3 | 33,1 | | | | | 9,8 | 9,5 | | | 7,6 | 8,2 |
| 29/11/2016 | | | | | 4,5 | 10,0 | 5,6 | 6,6 | | | | | 11,8 | 14,7 | | | 5,9 | 8,2 |
| 30/11/2016 | | | | | 13,9 | 62,3 | 52,5 | 56,1 | | | | | 184,0 | 183,3 | | | 44,4 | 87,0 |
| 01/12/2016 | | | | | 2,8 | 7,4 | 8,3 | 11,7 | | | | | 37,0 | 39,8 | | | 22,6 | 31,0 |
| 02/12/2016 | | | | | 44,5 | 202,7 | 31,4 | 33,5 | | | | | 33,6 | 64,6 | | | 11,9 | 19,2 |
| 03/12/2016 | | | | | 42,1 | 45,6 | 8,1 | 11,2 | | | | | 12,5 | 15,3 | | | 10,9 | 17,0 |
| 04/12/2016 | | | | | 32,6 | 35,6 | 13,6 | 12,7 | | | | | 77,2 | 80,6 | | | 7,5 | 12,0 |
| 05/12/2016 | | | | | 414,0 | 457,7 | | | | | | | 495,3 | 566,0 | | | 278,3 | 419,0 |
| 06/12/2016 | | | | | 154,7 | 196,7 | 21,9 | 25,3 | | | | | 51,1 | 67,7 | | | 31,3 | 54,7 |
| 07/12/2016 | | | | | 56,6 | 53,6 | 9,1 | 9,2 | | | | | 55,6 | 50,5 | | | 16,8 | 18,6 |
| 08/12/2016 | | | | | 45,4 | 64,2 | 6,7 | 9,5 | | | | | 34,5 | 54,9 | | | 23,7 | 42,8 |
| 09/12/2016 | | | | | 82,4 | 85,6 | 6,0 | 7,1 | | | | | 218,7 | 231,3 | | | 25,5 | 37,8 |
| 10/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20/12/2016 | | | | | 105,0 | 123,7 | 13,0 | 15,0 | | | | | 60,5 | 67,9 | | | 15,0 | 22,5 |
| 21/12/2016 | | | | | 13,6 | 16,0 | 11,5 | 10,7 | | | | | 56,1 | 58,4 | | | 13,8 | 21,4 |
| 22/12/2016 | | | | | 15,5 | 50,0 | 19,0 | 24,7 | | | | | 28,5 | 31,5 | | | 13,4 | 19,3 |
| 23/12/2016 | | | | | 24,4 | 39,5 | 7,5 | 10,3 | | | | | 17,4 | 27,7 | | | 7,7 | 9,5 |
| 24/12/2016 | | | | | 10,8 | 12,7 | 26,5 | 30,5 | | | | | 34,1 | 41,7 | | | 12,8 | 19,2 |
| 25/12/2016 | | | | | 10,2 | 11,8 | 12,1 | 16,3 | | | | | 58,7 | 62,2 | | | 10,6 | 16,2 |
| 26/12/2016 | | | | | 6,6 | 8,6 | 6,4 | 7,3 | | | | | 12,7 | 16,0 | | | 15,1 | 20,5 |
| 27/12/2016 | | | | | 5,2 | 6,5 | 11,0 | 32,0 | | | | | 13,9 | 32,9 | | | 12,3 | 15,2 |
| 28/12/2016 | | | | | 6,6 | 12,0 | 8,7 | 11,2 | | | | | 11,2 | 13,1 | | | 12,8 | 17,8 |
| 29/12/2016 | | | | | 5,3 | 6,4 | 4,4 | 6,7 | | | | | 5,6 | 8,5 | | | 12,7 | 17,5 |
| 30/12/2016 | | | | | 7,5 | 10,3 | 7,7 | 9,0 | | | | | 9,7 | 11,6 | | | 16,2 | 21,8 |
| 31/12/2016 | | | | | 19,0 | 28,0 | 8,7 | 8,6 | | | | | 58,3 | 64,2 | | | 10,4 | 14,4 |
| 01/01/2017 | | | | | 11,7 | 14,8 | 7,6 | 9,2 | | | | | 10,5 | 12,7 | | | 8,3 | 13,5 |
| 02/01/2017 | | | | | 10,1 | 8,7 | 13,8 | 16,4 | | | | | 16,4 | 22,9 | | | 7,6 | 12,5 |
| 03/01/2017 | | | | | 5,9 | 7,5 | 8,9 | 7,2 | | | | | 7,0 | 8,4 | | | 11,7 | 18,6 |
| 04/01/2017 | | | | | 9,3 | 19,3 | 8,7 | 10,8 | | | | | 8,4 | 12,1 | | | 10,8 | 16,9 |
| 05/01/2017 | | | | | 8,3 | 12,5 | 9,3 | 14,6 | | | | | 10,3 | 12,4 | | | 10,5 | 18,8 |
| 06/01/2017 | | | | | 9,1 | 10,7 | 10,0 | 22,3 | | | | | 11,6 | 9,8 | | | 10,1 | 13,8 |
| 07/01/2017 | | | | | 5,9 | 6,7 | 13,3 | 16,1 | | | | | 9,0 | 8,1 | | | 15,1 | 22,2 |
| 08/01/2017 | | | | | 6,4 | 6,5 | 8,4 | 8,3 | | | | | 8,4 | 8,3 | | | 9,3 | 12,0 |
| 09/01/2017 | | | | | 9,0 | 15,8 | 8,3 | 10,2 | | | | | 30,3 | 29,4 | | | 11,7 | 17,5 |
| 10/01/2017 | | | | | 5,2 | 4,6 | 6,8 | 8,6 | | | | | 8,2 | 7,8 | | | 9,1 | 14,5 |
| 11/01/2017 | | | | | 8,4 | 9,0 | 8,2 | 7,9 | | | | | 9,6 | 10,2 | | | 15,1 | 22,5 |
| 12/01/2017 | | | | | 13,4 | 13,9 | 8,8 | 9,5 | | | | | 24,9 | 26,4 | | | 14,1 | 18,8 |
| 13/01/2017 | | | | | 175,0 | 186,0 | 6,5 | 10,6 | | | | | 87,4 | 91,0 | | | 53,4 | 83,3 |
| 14/01/2017 | | | | | 17,3 | 21,7 | 9,1 | 10,8 | | | | | 25,6 | 30,5 | | | 12,4 | 15,4 |
| 15/01/2017 | | | | | 31,7 | 34,4 | 14,3 | 17,3 | | | | | 30,5 | 31,7 | | | 22,7 | 33,3 |
| 16/01/2017 | 35,8 | 37,9 | | | | | | | | | | | 465,3 | 777,0 | | | 17,5 | 25,7 |
| 17/01/2017 | 43,7 | 59,6 | | | | | | | | | | | 27,4 | 28,3 | | | 18,6 | 26,2 |
| 18/01/2017 | 22,0 | 28,4 | 14,6 | 20,8 | | | | | | | 12,7 | 86,0 | 22,0 | 135,0 | | | 15,2 | 20,2 |

**Tabela G-1: Dados de turbidez medidos nos tributários durante o período de 27 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.**

| Data | Tributário TC02 | | Tributário TC05 | | Tributário TG03 | | Tributário TG10 | | Tributário TG11 | | Tributário TG16 | | Tributário TG18 | | Tributário TG20 | | Tributário TG30 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| 19/01/2017 | 19,0 | 24,8 | 9,5 | 11,5 | | | | | | | 14,1 | 25,5 | 10,9 | 12,7 | | | 14,7 | 20,8 |
| 20/01/2017 | 26,3 | 31,9 | 10,6 | 16,3 | | | | | | | 23,5 | 24,1 | 24,1 | 27,9 | | | 10,7 | 16,2 |
| 21/01/2017 | 14,5 | 17,6 | 12,8 | 14,7 | | | | | | | 6,3 | 10,3 | 5,6 | 8,3 | | | 8,2 | 13,6 |
| 22/01/2017 | 11,3 | 15,4 | 12,2 | 16,5 | | | | | | | 12,3 | 33,8 | 10,7 | 29,9 | | | 14,5 | 23,8 |
| 23/01/2017 | 16,1 | 23,2 | 11,7 | 18,5 | | | | | | | 16,0 | 110,3 | 9,3 | 9,9 | | | 55,7 | 74,6 |
| 24/01/2017 | 8,5 | 15,8 | 7,2 | 11,5 | | | | | | | 21,9 | 99,7 | 10,7 | 41,9 | | | 11,6 | 15,3 |
| 25/01/2017 | 8,4 | 16,8 | 3,2 | 4,0 | | | | | | | 10,2 | 22,9 | 19,1 | 22,0 | | | 8,8 | 15,1 |
| 26/01/2017 | 9,6 | 14,3 | 4,8 | 7,3 | | | | | | | 18,4 | 195,7 | 12,8 | 21,7 | | | 15,2 | 19,1 |
| 27/01/2017 | 12,4 | 13,8 | 13,2 | 16,1 | | | | | | | 17,8 | 101,5 | 10,7 | 27,2 | | | 18,5 | 21,7 |
| 28/01/2017 | 11,4 | 13,1 | 12,6 | 16,7 | | | | | | | 12,3 | 146,7 | 31,9 | 29,3 | | | 17,1 | 23,7 |
| 29/01/2017 | 12,4 | 15,5 | 12,2 | 13,9 | | | | | | | 58,7 | 408,3 | 41,3 | 120,0 | | | 17,7 | 25,4 |
| 30/01/2017 | 69,4 | 101,3 | 15,3 | 21,5 | | | | | | | 40,1 | 109,0 | 18,0 | 35,1 | | | 24,6 | 35,5 |
| 31/01/2017 | 13,8 | 19,7 | 16,1 | 16,7 | | | | | | | 13,8 | 126,3 | 11,2 | 28,1 | | | 13,2 | 18,6 |
| 01/02/2017 | 11,0 | 17,6 | 14,1 | 19,0 | | | | | | | 9,8 | 118,7 | 9,2 | 29,5 | | | 10,1 | 10,7 |
| 02/02/2017 | 3,5 | 8,8 | 9,8 | 12,4 | | | | | | | 11,1 | 85,1 | 9,1 | 53,2 | | | 13,0 | 16,9 |
| 03/02/2017 | 6,5 | 12,1 | 9,9 | 12,7 | | | | | | | 15,5 | 112,7 | 14,2 | 19,2 | | | 16,2 | 22,2 |
| 04/02/2017 | 14,7 | 16,7 | 24,2 | 25,7 | | | | | | | 25,8 | 65,4 | 38,7 | 41,2 | | | 23,8 | 22,9 |
| 05/02/2017 | 40,0 | 47,7 | 26,1 | 27,8 | | | | | | | 29,4 | 64,4 | 31,3 | 49,4 | | | 25,3 | 27,0 |
| 06/02/2017 | 350,7 | 442,3 | 19,1 | 22,1 | | | | | | | 47,5 | 159,7 | 53,1 | 74,5 | | | 25,2 | 27,8 |
| 07/02/2017 | 14,8 | 20,5 | 23,9 | 29,8 | | | | | | | 48,8 | 82,7 | 51,7 | 94,1 | | | 21,6 | 24,4 |
| 08/02/2017 | 250,7 | 370,0 | 23,0 | 26,5 | | | | | | | 41,6 | 55,6 | 20,4 | 91,7 | | | 15,6 | 24,6 |
| 09/02/2017 | 46,1 | 62,8 | 22,9 | 24,4 | | | | | | | 36,3 | 453,3 | 27,6 | 42,4 | | | 23,7 | 26,1 |
| 10/02/2017 | 43,7 | 52,4 | 24,3 | 24,0 | | | | | | | 55,2 | 201,0 | 51,4 | 59,6 | | | 56,2 | 56,6 |
| 11/02/2017 | 20,2 | 21,7 | 17,3 | 21,7 | | | | | | | 16,7 | 161,7 | 22,9 | 56,5 | | | 20,9 | 20,0 |
| 12/02/2017 | 18,2 | 17,2 | 15,3 | 13,6 | | | | | | | 11,6 | 108,3 | 20,3 | 31,3 | | | 20,5 | 20,0 |
| 13/02/2017 | 18,7 | 25,5 | 15,2 | 22,5 | | | | | | | 28,0 | 228,7 | 20,7 | 30,9 | | | 22,1 | 24,4 |
| 14/02/2017 | 13,7 | 19,1 | 16,1 | 18,4 | | | | | | | 14,4 | 136,7 | 11,1 | 68,6 | | | 12,8 | 14,1 |
| 15/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01/03/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02/03/2017 | 6,3 | 8,7 | 8,6 | 9,6 | | | | | | | 18,1 | 40,1 | 29,5 | 439,3 | | | 9,7 | 9,5 |
| 03/03/2017 | 7,0 | 8,0 | 8,3 | 8,9 | | | | | | | 11,2 | 45,8 | 18,5 | 27,7 | | | 8,2 | 9,9 |
| 04/03/2017 | 7,6 | 7,9 | 8,7 | 8,8 | | | | | | | 21,7 | 111,7 | 10,7 | 24,6 | | | 8,7 | 10,3 |
| 05/03/2017 | 7,8 | 9,2 | 7,2 | 8,1 | | | | | | | 18,9 | 94,4 | 11,3 | 20,4 | | | 7,1 | 8,3 |
| 06/03/2017 | 9,0 | 9,4 | 7,6 | 9,6 | | | | | | | 9,7 | 121,0 | 24,3 | 27,3 | | | 8,3 | 11,6 |
| 07/03/2017 | 7,7 | 6,9 | 6,7 | 8,8 | | | | | | | 9,3 | 42,3 | 7,4 | 22,8 | | | 9,0 | 7,9 |
| 08/03/2017 | 184,3 | 197,0 | 12,6 | 15,7 | | | | | | | 6,9 | 33,5 | 8,4 | 29,9 | | | 6,2 | 9,4 |
| 09/03/2017 | 446,3 | 591,7 | 24,6 | 26,9 | | | | | | | 38,4 | 576,0 | 113,3 | 42,5 | | | 23,0 | 28,9 |
| 10/03/2017 | 52,6 | 64,3 | 7,3 | 11,1 | | | | | | | 28,5 | 105,7 | 29,0 | 61,3 | | | 6,5 | 8,9 |
| 11/03/2017 | 19,1 | 24,8 | | | | | | | | | | | | | | | 3,2 | 3,7 |
| 12/03/2017 | 12,7 | 14,1 | | | | | | | | | | | | | | | 8,3 | 10,1 |
| 13/03/2017 | 13,1 | 15,9 | | | | | | | | | | | | | | | 11,5 | 14,7 |
| 14/03/2017 | 14,2 | 16,3 | | | | | | | | | | | | | | | 9,7 | 10,3 |
| 15/03/2017 | 8,3 | 10,7 | | | | | | | | | | | | | | | 9,2 | 20,6 |
| 16/03/2017 | 7,6 | 10,4 | | | | | | | | | | | | | | | 6,5 | 10,8 |
| 17/03/2017 | 13,5 | 15,5 | | | | | | | | | | | | | | | 7,5 | 8,8 |
| 18/03/2017 | 7,3 | 10,3 | | | | | | | | | | | | | | | 7,2 | 9,5 |

**Tabela G-1: Dados de turbidez medidos nos tributários durante o período de 27 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.**

| Data | Tributário TC02 | | Tributário TC05 | | Tributário TG03 | | Tributário TG10 | | Tributário TG11 | | Tributário TG16 | | Tributário TG18 | | Tributário TG20 | | Tributário TG30 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| 19/03/2017 | 264,0 | 329,0 | | | | | | | | | | | | | | | 117,7 | 149,3 |
| 20/03/2017 | 42,1 | 59,6 | | | | | | | | | | | | | | | 12,4 | 15,1 |
| 21/03/2017 | 17,3 | 22,2 | | | | | | | | | | | | | | | 11,5 | 16,8 |
| 22/03/2017 | 13,0 | 15,7 | | | | | | | | | | | | | | | 10,9 | 15,6 |
| 23/03/2017 | 10,5 | 13,3 | | | | | | | | | | | | | | | 6,4 | 10,1 |
| 24/03/2017 | 10,6 | 12,6 | | | | | | | | | | | | | | | 8,2 | 10,7 |
| 25/03/2017 | 7,9 | 13,0 | | | | | | | | | | | | | | | 6,9 | 10,4 |
| 26/03/2017 | 7,9 | 13,1 | | | | | | | | | | | | | | | 8,7 | 11,8 |
| 27/03/2017 | 21,6 | 25,4 | | | | | | | | | | | | | | | 12,1 | 15,1 |
| 28/03/2017 | 40,9 | 49,3 | | | | | | | | | | | | | | | 157,3 | 204,7 |
| 29/03/2017 | 29,4 | 34,1 | | | | | | | | | | | | | | | 11,0 | 13,8 |
| 30/03/2017 | 15,0 | 18,6 | | | | | | | | | | | | | | | 9,5 | 12,8 |
| 31/03/2017 | 10,2 | 13,6 | | | | | | | | | | | | | | | 12,9 | 17,2 |
| 01/04/2017 | 8,5 | 12,3 | | | | | | | | | | | | | | | 7,6 | 9,3 |
| 02/04/2017 | 7,3 | 9,9 | | | | | | | | | | | | | | | 7,0 | 9,8 |
| 03/04/2017 | 7,0 | 8,2 | 10,1 | 13,8 | | | | | | | 31,3 | 30,9 | 41,6 | 43,1 | | | 6,9 | 11,0 |
| 04/04/2017 | 9,5 | 12,4 | 9,8 | 10,7 | | | | | | | 9,1 | 21,3 | 36,9 | 40,3 | | | 8,2 | 12,9 |
| 05/04/2017 | 5,3 | 7,1 | 12,2 | 13,2 | | | | | | | 5,9 | 12,1 | 17,2 | 25,9 | | | 7,9 | 10,5 |
| 06/04/2017 | 17,7 | 23,2 | 15,9 | 18,0 | | | | | | | 7,5 | 39,2 | 34,4 | 37,2 | | | 8,6 | 10,1 |
| 07/04/2017 | 9,8 | 11,4 | 6,0 | 7,5 | | | | | | | 5,4 | 39,5 | 11,8 | 22,2 | | | 6,3 | 9,9 |
| 08/04/2017 | 10,0 | 12,2 | 8,8 | 10,6 | | | | | | | 8,2 | 11,2 | 28,2 | 31,6 | | | 8,4 | 11,0 |
| 09/04/2017 | 9,8 | 18,0 | 11,5 | 13,0 | | | | | | | 5,7 | 9,6 | 26,1 | 31,8 | | | 7,2 | 8,9 |
| 10/04/2017 | 8,8 | 11,3 | 8,2 | 10,6 | | | | | | | 8,1 | 8,9 | 6,8 | 6,4 | | | 7,8 | 9,3 |
| 11/04/2017 | 9,4 | 13,6 | 7,4 | 9,6 | | | | | | | 5,5 | 10,0 | 7,2 | 14,3 | | | 6,4 | 9,0 |
| 12/04/2017 | 6,9 | 9,1 | 6,9 | 8,9 | | | | | | | 5,2 | 11,5 | 6,4 | 10,8 | | | 12,8 | 16,3 |
| 13/04/2017 | 10,8 | 14,2 | 8,2 | 8,3 | | | | | | | 7,8 | 7,6 | 7,9 | 117,3 | | | 6,9 | 8,5 |
| 14/04/2017 | 10,4 | 12,7 | 10,9 | 13,2 | | | | | | | 5,9 | 11,2 | 9,6 | 11,3 | | | 11,1 | 12,4 |
| 15/04/2017 | 8,6 | 11,1 | 10,2 | 11,5 | | | | | | | 10,5 | 21,0 | 8,9 | 10,6 | | | 9,1 | 14,5 |
| 16/04/2017 | 10,3 | 12,5 | 9,2 | 11,3 | | | | | | | 4,7 | 14,8 | 19,0 | 41,7 | | | 7,6 | 9,7 |
| 17/04/2017 | 9,3 | 11,9 | 6,3 | 6,5 | | | | | | | 13,1 | 39,2 | 16,0 | 23,3 | | | 7,3 | 9,9 |
| 18/04/2017 | 7,2 | 9,1 | 6,4 | 8,5 | | | | | | | 9,8 | 10,4 | 8,9 | 10,0 | | | 7,4 | 8,9 |
| 19/04/2017 | 9,7 | 13,5 | 8,1 | 14,4 | | | | | | | 15,0 | 37,8 | 23,1 | 41,6 | | | 10,5 | 17,3 |
| 20/04/2017 | 7,7 | 9,1 | 7,5 | 8,4 | | | | | | | 7,0 | 31,7 | 9,1 | 16,1 | | | 7,5 | 9,0 |
| 21/04/2017 | 8,2 | 10,1 | 8,6 | 9,6 | | | | | | | 13,5 | 20,6 | 8,0 | 11,6 | | | 7,7 | 8,3 |
| 22/04/2017 | 9,3 | 11,5 | 7,4 | 9,5 | | | | | | | 5,9 | 9,4 | 6,7 | 7,4 | | | 8,0 | 9,7 |
| 23/04/2017 | 8,2 | 9,5 | 6,7 | 7,7 | | | | | | | 5,3 | 8,3 | 8,6 | 11,5 | | | 9,3 | 12,0 |
| 24/04/2017 | 15,1 | 17,4 | 12,4 | 15,6 | | | | | | | 7,5 | 20,6 | 7,7 | 10,6 | | | 9,2 | 11,0 |
| 25/04/2017 | 10,4 | 16,6 | 13,5 | 10,3 | | | | | | | 6,6 | 31,7 | 6,6 | 13,5 | | | 10,4 | 12,7 |
| 26/04/2017 | 9,9 | 10,7 | 12,3 | 10,8 | | | | | | | 8,5 | 17,0 | 6,6 | 13,2 | | | 9,4 | 9,8 |
| 27/04/2017 | 9,0 | 11,2 | 7,6 | 11,3 | | | | | | | 11,2 | 35,4 | 7,9 | 15,9 | | | 7,7 | 12,8 |
| 28/04/2017 | 414,7 | 474,0 | 13,5 | 17,7 | | | | | | | 46,0 | 324,0 | 9,0 | 86,6 | | | 7,6 | 10,4 |
| 29/04/2017 | 46,8 | 59,0 | 7,8 | 8,5 | | | | | | | 31,9 | 102,3 | 10,6 | 47,4 | | | 7,1 | 7,9 |
| 30/04/2017 | 29,5 | 34,3 | 8,3 | 9,0 | | | | | | | 10,1 | 10,6 | 6,6 | 8,4 | | | 6,7 | 8,2 |
| 01/05/2017 | 13,8 | 16,7 | 10,5 | 12,1 | | | | | | | 3,9 | 32,9 | 14,4 | 17,8 | | | 9,0 | 15,9 |
| 02/05/2017 | 12,2 | 17,3 | 10,0 | 14,7 | | | | | | | 3,7 | 18,6 | 12,3 | 15,0 | | | 5,9 | 11,4 |
| 03/05/2017 | 10,9 | 13,6 | 10,8 | 13,2 | | | | | | | 3,2 | 15,3 | 10,8 | 13,3 | | | 6,0 | 5,7 |
| 04/05/2017 | 10,1 | 12,9 | 7,8 | 13,4 | | | | | | | 6,0 | 26,6 | 8,3 | 12,4 | | | 6,9 | 8,1 |
| 05/05/2017 | 7,2 | 9,2 | 8,1 | 11,2 | | | | | | | 3,3 | 21,1 | 5,0 | 13,0 | | | 6,3 | 13,1 |
| 06/05/2017 | 12,3 | 15,3 | 9,3 | 12,4 | | | | | | | 4,4 | 32,6 | 6,5 | 15,3 | | | 8,5 | 9,6 |
| 07/05/2017 | 11,0 | 12,5 | 8,8 | 10,3 | | | | | | | 6,2 | 7,1 | 10,0 | 11,3 | | | 5,6 | 6,3 |
| 08/05/2017 | 9,8 | 16,6 | 10,9 | 14,7 | | | | | | | 7,5 | 10,8 | 5,7 | 9,1 | | | 6,3 | 7,8 |
| 09/05/2017 | 11,0 | 13,6 | 11,2 | 12,8 | | | | | | | 7,0 | 14,4 | 3,9 | 5,9 | | | 5,3 | 7,2 |
| 10/05/2017 | 8,9 | 12,7 | 7,6 | 9,9 | | | | | | | 7,0 | 27,3 | 14,4 | 13,3 | | | 5,7 | 9,9 |
| 11/05/2017 | 7,7 | 11,5 | 7,7 | 8,4 | | | | | | | 9,3 | 16,6 | 7,5 | 9,3 | | | 7,4 | 10,7 |
| 12/05/2017 | 7,2 | 9,2 | 6,7 | 7,7 | | | | | | | 12,8 | 21,8 | 5,3 | 6,9 | | | 6,9 | 10,0 |
| 13/05/2017 | 7,9 | 10,0 | 7,5 | 9,1 | | | | | | | 6,1 | 31,4 | 7,2 | 9,4 | | | 5,1 | 5,5 |
| 14/05/2017 | 6,9 | 9,5 | 7,8 | 10,2 | | | | | | | 6,1 | 27,8 | 7,2 | 10,0 | | | 5,1 | 7,2 |
| 15/05/2017 | 7,4 | 8,8 | 6,4 | 8,5 | | | | | | | 7,3 | 10,2 | 11,7 | 12,5 | | | 6,8 | 10,7 |
| 16/05/2017 | 7,5 | 8,5 | 8,2 | 12,8 | | | | | | | 7,6 | 19,9 | 5,9 | 11,2 | | | 1140,0 | 1210,0 |

**Tabela G-1: Dados de turbidez medidos nos tributários durante o período de 27 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.**

| Data | Tributário TC02 | | Tributário TC05 | | Tributário TG03 | | Tributário TG10 | | Tributário TG11 | | Tributário TG16 | | Tributário TG18 | | Tributário TG20 | | Tributário TG30 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| 17/05/2017 | 10,8 | 14,0 | 8,2 | 10,7 | | | | | | | 10,1 | 36,6 | 10,8 | 31,6 | | | 1081,7 | 1131,7 |
| 18/05/2017 | 8,6 | 10,4 | 11,6 | 17,2 | | | | | | | 6,5 | 11,3 | 8,2 | 9,7 | | | 990,0 | 1028,3 |
| 19/05/2017 | 8,1 | 11,7 | 9,1 | 13,9 | | | | | | | 5,8 | 9,2 | 7,0 | 11,9 | | | 38,5 | 49,4 |
| 20/05/2017 | 7,5 | 10,9 | 10,9 | 10,0 | | | | | | | 37,3 | 171,3 | 35,8 | 165,0 | | | 28,7 | 38,1 |
| 21/05/2017 | 6,5 | 7,8 | 6,4 | 8,2 | | | | | | | 41,7 | 143,3 | 28,1 | 124,7 | | | 27,0 | 31,2 |
| 22/05/2017 | 11,5 | 13,9 | 11,2 | 13,5 | | | | | | | 11,4 | 32,9 | 8,6 | 9,9 | | | 11,9 | 14,4 |
| 23/05/2017 | 610,7 | 852,0 | 55,6 | 62,5 | | | | | | | 42,7 | 48,4 | 35,5 | 35,2 | | | 21,1 | 32,6 |
| 24/05/2017 | 50,2 | 47,4 | 11,4 | 12,0 | | | | | | | 11,9 | 15,1 | 11,9 | 20,1 | | | 35,6 | 13,4 |
| 25/05/2017 | 18,4 | 20,1 | 9,2 | 10,5 | | | | | | | 12,2 | 15,8 | 18,9 | 33,3 | | | 31,4 | 10,4 |
| 26/05/2017 | 23,5 | 28,7 | 8,8 | 13,0 | | | | | | | 10,6 | 14,5 | 17,6 | 28,1 | | | 8,8 | 8,4 |
| 27/05/2017 | 19,0 | 24,4 | 7,6 | 13,9 | | | | | | | 10,4 | 15,3 | 8,2 | 17,5 | | | 8,6 | 8,6 |
| 28/05/2017 | 9,5 | 11,0 | 9,2 | 11,6 | | | | | | | 7,5 | 9,2 | 12,3 | 20,4 | | | 7,3 | 8,0 |
| 29/05/2017 | 7,8 | 7,2 | 10,9 | 7,9 | | | | | | | 8,4 | 18,3 | 7,6 | 15,4 | | | 8,9 | 9,9 |
| 30/05/2017 | 9,8 | 10,7 | 8,4 | 9,8 | | | | | | | 9,2 | 20,7 | 11,7 | 5,8 | | | 7,4 | 6,7 |
| 31/05/2017 | 4,9 | 7,0 | 7,4 | 4,6 | | | | | | | 5,3 | 19,7 | 8,0 | 10,6 | | | 4,5 | 5,7 |
| 01/06/2017 | 8,5 | 10,2 | 8,2 | 10,3 | | | | | | | 6,9 | 9,0 | 7,3 | 14,8 | | | 6,0 | 7,6 |
| 02/06/2017 | 4,7 | 7,4 | 5,5 | 6,7 | | | | | | | 15,3 | 61,8 | 15,6 | 22,2 | | | 8,5 | 9,9 |
| 03/06/2017 | 6,9 | 7,2 | | | | | | | | | | | | | | | 3,7 | 6,8 |
| 04/06/2017 | 5,6 | 9,5 | | | | | | | | | | | | | | | 3,6 | 4,3 |
| 05/06/2017 | 5,9 | 6,4 | | | | | | | | | | | | | | | 5,1 | 6,4 |
| 06/06/2017 | 5,1 | 6,0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07/06/2017 | 7,8 | 8,2 | | | | | | | | | | | | | | | 7,5 | 8,3 |
| 08/06/2017 | 7,5 | 8,0 | | | | | | | | | | | | | | | 7,4 | 8,0 |
| 09/06/2017 | 9,5 | 11,6 | | | | | | | | | | | | | | | 8,4 | 9,9 |
| 10/06/2017 | 8,7 | 12,2 | | | | | | | | | | | | | | | 9,0 | 11,4 |
| 11/06/2017 | 9,2 | 10,5 | | | | | | | | | | | | | | | 9,8 | 10,4 |
| 12/06/2017 | 7,7 | 11,0 | | | | | | | | | | | | | | | 8,6 | 12,3 |
| 13/06/2017 | 12,4 | 13,9 | | | | | | | | | | | | | | | 9,3 | 12,8 |
| 14/06/2017 | 6,7 | 7,5 | | | | | | | | | | | | | | | 6,4 | 8,5 |
| 15/06/2017 | 5,4 | 6,6 | | | | | | | | | | | | | | | 5,3 | 7,1 |
| 16/06/2017 | 5,9 | 6,1 | | | | | | | | | | | | | | | 7,4 | 8,9 |
| 17/06/2017 | 5,0 | 5,6 | | | | | | | | | | | | | | | 6,5 | 7,4 |
| 18/06/2017 | 4,3 | 5,2 | | | | | | | | | | | | | | | 5,9 | 7,4 |
| 19/06/2017 | 4,2 | 5,1 | | | | | | | | | | | | | | | 6,8 | 7,7 |
| 20/06/2017 | 6,6 | 7,5 | | | | | | | | | | | | | | | 4,7 | 5,3 |
| 21/06/2017 | 5,7 | 6,4 | | | | | | | | | | | | | | | 6,7 | 7,3 |
| 22/06/2017 | 7,4 | 8,4 | | | | | | | | | | | | | | | 7,2 | 9,4 |
| 23/06/2017 | 6,2 | 7,6 | | | | | | | | | | | | | | | 6,2 | 6,8 |
| 24/06/2017 | 5,3 | 6,2 | | | | | | | | | | | | | | | 7,1 | 8,5 |
| 25/06/2017 | 6,5 | 7,5 | | | | | | | | | | | | | | | 5,6 | 6,4 |
| 26/06/2017 | 5,5 | 6,8 | | | | | | | | | | | | | | | 5,4 | 6,4 |
| 27/06/2017 | 6,9 | 9,1 | 6,2 | 8,3 | | | | | | | 10,5 | 51,9 | 14,2 | 18,7 | | | 6,0 | 7,7 |
| 28/06/2017 | 10,7 | 12,3 | 7,8 | 9,6 | | | | | | | 8,8 | 21,8 | 12,2 | 6,2 | | | 7,5 | 8,5 |
| 29/06/2017 | 7,8 | 11,2 | 5,8 | 7,3 | | | | | | | 8,2 | 17,9 | 7,3 | 22,1 | | | 6,9 | 8,0 |
| 30/06/2017 | 4,3 | 5,9 | 5,4 | 6,7 | | | | | | | 5,9 | 13,8 | 12,2 | 17,2 | | | 6,5 | 7,3 |
| 01/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**Tabela G-1: Dados de turbidez medidos nos tributários durante o período de 27 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.**

| Data | Tributário TC02 | | Tributário TC05 | | Tributário TG03 | | Tributário TG10 | | Tributário TG11 | | Tributário TG16 | | Tributário TG18 | | Tributário TG20 | | Tributário TG30 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| 15/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31/07/2017 | 5,1 | 4,8 | 0,4 | 1,2 | 1,4 | 0,6 | | | 0,2 | 1,0 | | | | | | | 2,2 | 1,0 |
| 01/08/2017 | | | | | | | | | | | 9,1 | 21,5 | 1,6 | 3,3 | 5,0 | 6,3 | | |
| 02/08/2017 | 1,8 | 11,8 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 14,4 | | | 0,0 | 0,8 | | | | | | | 0,7 | 1,0 |
| 03/08/2017 | | | | | | | | | | | 6,6 | 19,8 | 3,4 | 27,6 | 4,8 | 4,9 | | |
| 04/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07/08/2017 | 3,6 | 3,5 | 1,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | | | 0,5 | 0,0 | | | | | | | 0,0 | 2,1 |
| 08/08/2017 | | | | | | | | | | | 7,3 | 12,4 | 2,7 | 3,3 | 3,4 | 5,3 | | |
| 09/08/2017 | 4,2 | 4,0 | 2,4 | 1,4 | 0,5 | 0,0 | | | 0,8 | 3,8 | | | | | | | 8,6 | 2,4 |
| 10/08/2017 | | | | | | | | | | | 7,1 | 9,8 | 2,4 | 3,4 | 3,4 | 5,0 | | |
| 11/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16/08/2017 | | | | | | | | | | | 6,8 | 12,8 | 0,0 | 0,0 | 3,4 | 4,0 | | |
| 17/08/2017 | 3,0 | 7,5 | 15,4 | 2,0 | 0,3 | 0,0 | | | 0,2 | 0,0 | | | | | | | 0,0 | 4,4 |
| 18/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21/08/2017 | 2,8 | 3,9 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | | 0,0 | 0,1 | | | | | | | 1,5 | 3,1 |
| 22/08/2017 | | | | | | | | | | | 10,2 | 17,8 | 5,5 | 5,8 | 3,9 | 5,9 | | |
| 23/08/2017 | 2,9 | 3,2 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | | 0,0 | 0,0 | | | | | | | 2,7 | 2,2 |
| 24/08/2017 | | | | | | | | | | | 39,0 | 16,2 | 1,8 | 3,6 | 4,1 | 5,3 | | |
| 25/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28/08/2017 | 2,6 | 3,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | | | 0,0 | 0,0 | | | | | | | 1,0 | 2,8 |
| 29/08/2017 | | | | | | | | | | | 8,4 | 15,9 | 3,9 | 3,9 | 2,7 | 3,1 | | |
| 30/08/2017 | 2,4 | 3,3 | 0,1 | 0,5 | 0,8 | 0,0 | | | 0,0 | 0,3 | | | | | | | 0,3 | 2,5 |
| 31/08/2017 | | | | | | | | | | | 15,9 | 18,4 | 0,0 | 0,0 | 3,1 | 3,0 | | |

**Tabela G-1: Dados de turbidez medidos nos tributários durante o período de 27 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.**

| Data | Tributário TG30b | | Tributário TG34 | | Tributário TG36 | | Tributário TG38 | | Tributário TG48 | | Tributário TG49 | | Tributário TG53A | | Tributário TG55 | | Tributário TG56 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| 26/07/2016 | | | 27,5 | 1980,7 | 8,1 | 47,0 | 10,3 | 12,1 | | | 4,0 | 4,2 | | | | | 17,1 | 105,0 |
| 27/07/2016 | | | 55,8 | 2851,0 | 12,4 | 36,2 | 18,3 | 10,2 | | | 6,3 | 7,6 | | | | | 17,6 | 25,3 |
| 28/07/2016 | | | 20,7 | 1628,7 | 8,0 | 3020,0 | 7,0 | 15,3 | | | 6,4 | 8,8 | | | | | 20,1 | 33,1 |
| 29/07/2016 | | | 22,3 | 1396,7 | 6,1 | 8906,7 | 6,4 | 29,6 | | | 5,2 | 7,3 | | | | | 6,2 | 151,7 |
| 30/07/2016 | | | 12,0 | 314,7 | 6,9 | 494,0 | 9,1 | 17,1 | | | 4,0 | 4,7 | | | | | 2,8 | 14,0 |
| 31/07/2016 | | | 13,2 | 205,0 | 6,8 | 62,4 | 7,4 | 11,2 | | | 3,6 | 4,2 | | | | | 2,1 | 10,3 |
| 01/08/2016 | | | 14,4 | 318,7 | 5,0 | 43,0 | 7,9 | 15,1 | | | 3,1 | 5,4 | | | | | 2,8 | 15,4 |
| 02/08/2016 | | | 30,6 | 2864,3 | 6,5 | 75,4 | 6,5 | 11,8 | | | 5,5 | 5,7 | | | | | 4,5 | 8,3 |
| 03/08/2016 | | | 12,2 | 2098,3 | 5,3 | 59,6 | 5,2 | 11,0 | | | 5,1 | 6,5 | | | | | 3,8 | 6,5 |
| 04/08/2016 | | | 9,7 | 220,7 | 5,1 | 53,2 | 5,3 | 11,7 | | | 3,2 | 3,2 | | | | | 3,0 | 5,3 |
| 05/08/2016 | | | 10,3 | 156,7 | 4,8 | 35,0 | 4,2 | 14,4 | | | 3,2 | 4,1 | | | | | 4,0 | 8,2 |
| 06/08/2016 | | | 8,6 | 96,0 | 4,8 | 22,1 | 4,0 | 10,9 | | | 2,8 | 3,8 | | | | | 4,0 | 7,0 |
| 07/08/2016 | | | 7,6 | 34,1 | 4,6 | 18,7 | 4,1 | 12,0 | | | 2,6 | 4,3 | | | | | 3,3 | 5,5 |
| 08/08/2016 | | | 32,4 | 116,7 | 4,9 | 18,6 | 5,3 | 12,5 | | | 2,2 | 3,5 | | | | | 3,2 | 5,1 |
| 09/08/2016 | | | 12,3 | 127,3 | 4,5 | 14,7 | 5,2 | 10,8 | | | 2,3 | 3,5 | 3,1 | 6,7 | | | 3,2 | 4,5 |
| 10/08/2016 | | | 35,7 | 140,0 | 4,9 | 17,1 | 5,5 | 11,9 | | | 1,9 | 2,2 | 9,6 | 8,1 | | | 3,6 | 5,5 |
| 11/08/2016 | | | 15,9 | 122,0 | 5,5 | 24,0 | 6,6 | 14,9 | | | 3,9 | 5,5 | 3,5 | 10,7 | | | 4,7 | 12,5 |
| 12/08/2016 | | | 11,9 | 79,9 | 4,3 | 13,2 | 5,1 | 9,8 | | | 3,5 | 4,4 | 3,1 | 5,2 | | | 4,2 | 6,7 |
| 13/08/2016 | | | 10,7 | 76,6 | 5,5 | 24,7 | 5,2 | 9,2 | | | 2,7 | 3,2 | 5,5 | 9,2 | | | 4,5 | 8,5 |
| 14/08/2016 | | | 11,1 | 69,3 | 5,7 | 16,0 | 5,5 | 9,3 | | | 2,1 | 2,8 | 4,6 | 6,0 | | | 4,2 | 6,0 |
| 15/08/2016 | | | 6,3 | 66,9 | 5,0 | 11,6 | 4,9 | 8,4 | | | 2,6 | 3,0 | 3,5 | 12,8 | | | 2,7 | 7,1 |
| 16/08/2016 | | | 29,0 | 136,3 | 24,5 | 63,3 | 13,8 | 54,4 | | | 8,1 | 13,9 | 9,6 | 15,2 | | | 3,0 | 7,4 |
| 17/08/2016 | | | 15,9 | 78,7 | 6,0 | 16,5 | 6,6 | 15,1 | | | 3,0 | 4,5 | 4,5 | 6,2 | | | 2,3 | 5,1 |
| 18/08/2016 | | | 15,2 | 55,0 | 4,9 | 11,9 | 5,8 | 14,7 | | | 3,7 | 5,0 | 4,0 | 5,8 | | | 2,7 | 5,8 |
| 19/08/2016 | | | 25,2 | 62,1 | 4,8 | 14,8 | 4,6 | 10,9 | | | 2,3 | 3,9 | 3,4 | 5,6 | | | 2,1 | 3,8 |
| 20/08/2016 | | | 12,9 | 40,3 | 5,5 | 17,8 | 4,3 | 9,1 | | | 2,8 | 3,7 | 4,2 | 5,5 | | | 2,6 | 6,7 |
| 21/08/2016 | | | 12,5 | 43,3 | 5,7 | 12,6 | 4,7 | 9,8 | | | 2,6 | 4,3 | 3,9 | 5,0 | | | 2,2 | 4,0 |
| 22/08/2016 | | | 40,0 | 209,0 | 4,6 | 15,5 | 4,3 | 10,4 | | | 3,1 | 4,9 | 3,1 | 4,3 | | | 2,9 | 3,5 |
| 23/08/2016 | | | 26,1 | 45,6 | 4,9 | 15,1 | 4,7 | 11,1 | | | 3,0 | 3,7 | 3,4 | 5,3 | | | 2,9 | 3,8 |
| 24/08/2016 | | | 11,3 | 41,4 | 3,6 | 14,1 | 4,2 | 10,3 | | | 3,5 | 4,1 | 4,5 | 6,3 | | | 7,4 | 8,7 |
| 25/08/2016 | | | 17,6 | 45,4 | 3,9 | 13,0 | 4,1 | 8,3 | | | 3,2 | 3,7 | 3,6 | 4,7 | | | 3,1 | 3,5 |
| 26/08/2016 | | | 13,6 | 40,8 | 3,9 | 9,5 | 4,4 | 6,9 | | | 2,7 | 3,2 | 3,2 | 4,5 | | | 2,3 | 3,1 |
| 27/08/2016 | | | 9,0 | 42,6 | 3,9 | 10,4 | 3,8 | 13,7 | | | 2,9 | 4,6 | 3,2 | 4,2 | | | 2,4 | 3,0 |
| 28/08/2016 | | | 9,9 | 51,2 | 3,9 | 12,0 | 4,1 | 6,3 | | | 2,3 | 5,7 | 3,4 | 6,2 | | | 2,3 | 2,7 |
| 29/08/2016 | | | 12,6 | 40,3 | 3,6 | 9,2 | 3,9 | 5,8 | | | 2,5 | 3,7 | 3,9 | 4,7 | | | 3,4 | 6,6 |
| 30/08/2016 | | | 15,7 | 101,0 | 4,1 | 8,2 | 3,8 | 5,9 | | | 3,0 | 4,7 | 3,2 | 3,7 | | | 2,7 | 3,0 |
| 31/08/2016 | | | 14,0 | 125,0 | 4,6 | 10,5 | 4,1 | 6,2 | | | 2,7 | 3,2 | 4,0 | 4,1 | | | 2,6 | 3,2 |
| 01/09/2016 | | | 18,7 | 144,0 | 6,3 | 11,3 | 3,9 | 10,3 | | | 3,8 | 4,9 | 3,4 | 4,6 | | | 4,0 | 4,9 |
| 02/09/2016 | | | 13,5 | 118,3 | 6,3 | 9,5 | 3,9 | 7,9 | | | 2,4 | 5,2 | 3,7 | 5,7 | | | 3,1 | 3,9 |
| 03/09/2016 | | | 15,1 | 113,7 | 5,7 | 14,5 | 4,2 | 8,8 | | | 2,6 | 4,8 | 4,3 | 4,0 | | | 3,0 | 3,2 |
| 04/09/2016 | | | 14,1 | 101,9 | 5,1 | 10,6 | 3,9 | 6,8 | | | 2,5 | 4,9 | 3,4 | 4,6 | | | 2,9 | 4,3 |
| 05/09/2016 | | | 14,7 | 207,0 | 3,9 | 14,2 | 3,8 | 6,4 | | | 2,9 | 4,3 | 3,7 | 4,8 | | | 2,5 | 4,8 |
| 06/09/2016 | | | 18,2 | 144,0 | 4,3 | 13,0 | 4,1 | 6,7 | | | 3,0 | 4,7 | 3,6 | 4,8 | | | 2,4 | 3,5 |
| 07/09/2016 | | | 11,0 | 33,2 | 4,1 | 11,3 | 3,7 | 5,1 | | | 2,8 | 4,0 | 3,4 | 4,7 | | | 2,7 | 4,1 |
| 08/09/2016 | | | 14,5 | 54,8 | 4,4 | 15,2 | 3,9 | 6,7 | | | 3,3 | 5,4 | 3,7 | 9,8 | | | 2,9 | 3,8 |
| 09/09/2016 | | | 14,9 | 67,5 | 3,6 | 10,6 | 3,3 | 5,9 | | | 2,5 | 3,4 | 3,2 | 8,8 | | | 3,4 | 6,4 |
| 10/09/2016 | | | 23,1 | 37,7 | 3,9 | 10,9 | 4,0 | 8,6 | | | 2,6 | 7,7 | 6,6 | 10,0 | | | 3,8 | 4,4 |
| 11/09/2016 | | | 16,7 | 27,9 | 3,3 | 10,2 | 4,1 | 7,2 | | | 3,2 | 6,5 | 4,2 | 16,1 | | | 2,9 | 5,1 |
| 12/09/2016 | | | 24,0 | 29,1 | 3,8 | 13,7 | 4,3 | 7,6 | | | 3,3 | 6,8 | 4,2 | 12,7 | | | 3,9 | 13,2 |
| 13/09/2016 | | | 12,9 | 30,0 | 3,8 | 12,9 | 4,2 | 6,9 | | | 3,1 | 6,5 | 4,3 | 12,3 | | | 3,6 | 12,2 |
| 14/09/2016 | | | 12,1 | 32,0 | 3,4 | 11,4 | 3,9 | 7,1 | | | 3,0 | 4,7 | 4,2 | 11,4 | | | 3,1 | 9,8 |
| 15/09/2016 | | | 21,6 | 44,0 | 3,8 | 14,4 | 3,4 | 8,0 | | | 3,1 | 6,4 | 4,0 | 5,8 | | | 3,4 | 5,7 |
| 16/09/2016 | | | 21,9 | 31,3 | 10,4 | 28,9 | 4,7 | 8,5 | | | 5,9 | 6,8 | 4,1 | 4,9 | | | 4,2 | 5,9 |
| 17/09/2016 | | | 52,6 | 28,6 | 8,7 | 16,6 | 5,2 | 9,9 | | | 7,0 | 10,0 | 2,9 | 3,7 | | | 4,1 | 4,4 |
| 18/09/2016 | | | 17,0 | 28,5 | 8,4 | 17,2 | 6,7 | 10,4 | | | 3,8 | 4,6 | 3,2 | 4,3 | | | 4,0 | 5,2 |
| 19/09/2016 | | | 20,3 | 39,7 | 7,4 | 29,6 | 6,1 | 9,1 | | | 3,5 | 6,4 | 3,8 | 6,7 | | | 4,2 | 6,1 |
| 20/09/2016 | | | 87,5 | 115,0 | 144,0 | 831,3 | 157,7 | 938,7 | | | 9,4 | 26,6 | 21,9 | 27,7 | | | 37,0 | 80,0 |
| 21/09/2016 | | | 13,4 | 72,8 | 9,2 | 85,9 | 10,4 | 79,4 | | | 6,5 | 34,0 | 5,6 | 29,4 | | | 3,3 | 5,4 |
| 22/09/2016 | | | 26,5 | 56,5 | 6,6 | 44,8 | 4,2 | 39,4 | | | 4,4 | 8,8 | 4,9 | 5,5 | | | 3,4 | 4,4 |

**Tabela G-1: Dados de turbidez medidos nos tributários durante o período de 27 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.**

| Data | Tributário TG30b | | Tributário TG34 | | Tributário TG36 | | Tributário TG38 | | Tributário TG48 | | Tributário TG49 | | Tributário TG53A | | Tributário TG55 | | Tributário TG56 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| 23/09/2016 | | | 9,1 | 37,5 | 5,6 | 34,4 | 4,9 | 42,3 | | | 3,0 | 5,3 | 3,0 | 3,4 | | | 3,1 | 3,8 |
| 24/09/2016 | | | 15,8 | 41,1 | 6,4 | 49,7 | 5,2 | 29,8 | | | 3,5 | 6,1 | 2,7 | 5,7 | | | 3,5 | 4,4 |
| 25/09/2016 | | | 41,3 | 83,0 | 11,8 | 42,7 | 14,3 | 44,3 | | | 58,6 | 302,3 | 6,9 | 9,7 | | | 17,1 | 40,2 |
| 26/09/2016 | | | 53,8 | 98,5 | 16,3 | 104,0 | 22,0 | 120,7 | | | 13,0 | 52,1 | 7,6 | 14,4 | | | 15,6 | 39,4 |
| 27/09/2016 | | | 23,2 | 37,4 | 10,4 | 36,4 | 11,2 | 32,5 | | | 9,2 | 9,4 | 9,0 | 14,3 | | | 3,7 | 6,8 |
| 28/09/2016 | | | 11,3 | 37,4 | 10,7 | 22,9 | 10,7 | 16,9 | | | 8,5 | 9,3 | 9,0 | 13,1 | | | 4,6 | 13,2 |
| 29/09/2016 | | | 9,6 | 41,2 | 6,2 | 36,2 | 10,9 | 17,7 | | | 7,3 | 7,9 | 9,1 | 25,3 | | | 4,1 | 6,3 |
| 30/09/2016 | | | 9,0 | 36,3 | 6,8 | 16,8 | 8,5 | 15,8 | | | 5,6 | 5,9 | 6,2 | 8,7 | | | 7,0 | 4,5 |
| 01/10/2016 | | | 9,9 | 42,2 | 6,4 | 26,5 | 9,1 | 11,3 | | | 6,6 | 8,3 | 4,9 | 8,7 | | | 3,4 | 5,3 |
| 02/10/2016 | | | 12,0 | 34,1 | 5,3 | 13,6 | 6,7 | 12,4 | | | 5,4 | 6,1 | 4,8 | 11,3 | | | 3,6 | 4,4 |
| 03/10/2016 | | | 8,2 | 37,6 | 9,6 | 15,2 | 6,9 | 12,2 | | | 4,8 | 5,2 | 4,4 | 8,4 | | | 3,3 | 3,7 |
| 04/10/2016 | | | 15,8 | 54,7 | 25,5 | 77,4 | 11,2 | 38,9 | | | 8,7 | 8,4 | 7,6 | 34,5 | | | 22,6 | 28,5 |
| 05/10/2016 | | | | | 6,2 | 27,8 | 8,4 | 17,6 | | | 5,9 | 5,3 | 3,8 | 10,3 | | | 3,3 | 3,5 |
| 06/10/2016 | | | | | 65,4 | 126,0 | 47,0 | 39,1 | | | 8,0 | 13,8 | 8,7 | 29,0 | | | 15,7 | 29,0 |
| 07/10/2016 | | | | | 7,1 | 28,9 | 10,3 | 28,6 | | | 7,1 | 5,9 | 8,6 | 62,3 | 6,2 | 4,7 | 6,7 | 6,3 |
| 08/10/2016 | | | | | 6,1 | 15,9 | 8,2 | 12,5 | | | 4,1 | 4,1 | 3,4 | 8,2 | 4,1 | 3,4 | 2,9 | 3,6 |
| 09/10/2016 | | | | | 5,7 | 13,7 | 7,4 | 12,5 | | | 4,6 | 4,9 | 6,3 | 10,7 | 4,5 | 4,8 | 3,9 | 4,1 |
| 10/10/2016 | | | | | 6,4 | 10,2 | 8,3 | 9,3 | | | 6,2 | 5,6 | 4,1 | 7,4 | 3,6 | 3,9 | 3,3 | 5,0 |
| 11/10/2016 | | | | | 5,6 | 13,1 | 7,3 | 10,7 | | | 6,3 | 4,2 | 7,1 | 12,4 | 7,7 | 8,9 | 4,0 | 4,3 |
| 12/10/2016 | | | | | 6,9 | 11,0 | 5,5 | 7,9 | | | 6,8 | 9,7 | 5,2 | 10,2 | 5,1 | 10,0 | 3,2 | 4,4 |
| 13/10/2016 | | | | | 5,3 | 10,6 | 5,8 | 6,4 | | | 5,5 | 6,8 | 5,7 | 8,0 | 5,7 | 8,6 | 4,0 | 5,4 |
| 14/10/2016 | | | | | 6,2 | 13,5 | 5,2 | 5,5 | | | 3,6 | 4,5 | 6,4 | 12,8 | 4,2 | 5,0 | 2,8 | 3,9 |
| 15/10/2016 | | | | | 6,4 | 11,5 | 8,0 | 10,4 | | | 5,5 | 6,2 | 5,6 | 8,8 | 5,4 | 6,6 | 4,2 | 4,3 |
| 16/10/2016 | | | | | 6,0 | 10,5 | 6,0 | 8,3 | | | 4,8 | 6,5 | 7,6 | 10,4 | 4,9 | 8,9 | 3,4 | 6,3 |
| 17/10/2016 | | | | | 5,6 | 11,0 | 4,5 | 4,4 | | | 3,9 | 8,3 | 6,6 | 14,4 | 5,3 | 4,8 | 2,8 | 3,4 |
| 18/10/2016 | | | | | 5,0 | 9,4 | 4,5 | 6,2 | | | 4,6 | 6,9 | 7,5 | 11,8 | 4,3 | 4,9 | 2,9 | 2,6 |
| 19/10/2016 | | | | | 4,4 | 18,6 | 5,6 | 8,3 | | | 3,7 | 4,4 | 4,2 | 9,1 | 5,6 | 9,5 | 2,9 | 3,5 |
| 20/10/2016 | | | | | 5,9 | 8,5 | 8,5 | 13,8 | | | 7,8 | 9,8 | 6,1 | 10,7 | 11,3 | 16,2 | 3,2 | 4,4 |
| 21/10/2016 | | | | | 5,2 | 16,7 | 5,0 | 7,4 | | | 4,1 | 9,0 | 4,2 | 7,4 | 6,7 | 7,8 | 3,7 | 4,8 |
| 22/10/2016 | | | | | 36,8 | 110,0 | 577,0 | 481,0 | | | 4,6 | 5,8 | 5,9 | 9,8 | 6,8 | 11,3 | 6,8 | 12,5 |
| 23/10/2016 | | | | | 28,6 | 35,1 | 18,0 | 29,1 | | | 87,6 | 96,4 | 5,8 | 25,5 | 6,3 | 8,5 | 2,8 | 3,3 |
| 24/10/2016 | | | | | 5,1 | 17,3 | 9,9 | 14,3 | | | 13,9 | 16,3 | 3,8 | 7,1 | 4,8 | 5,7 | 3,0 | 2,9 |
| 25/10/2016 | | | | | 6,7 | 27,6 | 10,3 | 13,3 | | | 10,8 | 15,8 | 3,9 | 6,5 | 4,7 | 4,9 | 2,7 | 3,2 |
| 26/10/2016 | | | | | 7,6 | 28,6 | 6,0 | 10,0 | | | 7,0 | 7,7 | 5,0 | 10,1 | 4,8 | 12,6 | 2,9 | 3,4 |
| 27/10/2016 | | | | | 4,8 | 12,8 | 6,8 | 13,2 | | | 5,6 | 6,6 | 4,3 | 9,4 | 4,6 | 8,9 | 2,9 | 4,3 |
| 28/10/2016 | | | | | 5,5 | 15,7 | 7,8 | 11,0 | | | 5,6 | 7,3 | 5,9 | 6,3 | 5,7 | 11,5 | 8,5 | 12,3 |
| 29/10/2016 | | | | | 5,8 | 12,3 | 5,4 | 8,5 | | | 4,2 | 5,0 | 5,8 | 7,1 | 10,2 | 12,5 | 4,5 | 5,4 |
| 30/10/2016 | | | | | 6,3 | 19,6 | 5,3 | 9,1 | | | 6,7 | 8,8 | 5,5 | 9,0 | 5,1 | 8,2 | 3,8 | 6,9 |
| 31/10/2016 | | | | | 5,7 | 37,8 | 6,6 | 8,5 | | | 4,8 | 5,4 | 3,6 | 11,6 | 4,3 | 13,8 | 3,0 | 3,4 |
| 01/11/2016 | | | | | 5,0 | 11,7 | 6,1 | 6,7 | | | 5,1 | 6,6 | 3,9 | 7,5 | 6,0 | 8,1 | 3,3 | 3,2 |
| 02/11/2016 | | | | | 5,4 | 12,7 | 5,7 | 8,1 | | | 5,0 | 5,9 | 3,1 | 13,3 | 7,9 | 11,9 | 3,4 | 3,3 |
| 03/11/2016 | | | | | 6,4 | 14,7 | 6,1 | 9,1 | | | 5,3 | 5,8 | 7,2 | 41,2 | 18,7 | 12,6 | 4,5 | 4,4 |
| 04/11/2016 | | | | | 7,6 | 17,0 | 5,5 | 6,1 | | | 4,7 | 8,3 | 4,8 | 8,1 | 11,3 | 34,2 | 2,8 | 3,1 |
| 05/11/2016 | | | | | 6,8 | 14,0 | 6,4 | 7,7 | | | 4,1 | 4,5 | 4,4 | 27,0 | 9,3 | 18,3 | 3,7 | 3,9 |
| 06/11/2016 | | | | | 7,3 | 17,9 | 8,7 | 9,5 | | | 5,4 | 5,9 | 5,1 | 6,7 | 5,4 | 7,1 | 2,8 | 3,4 |
| 07/11/2016 | | | | | 5,4 | 11,9 | 4,5 | 10,3 | | | 4,6 | 4,8 | 3,9 | 14,8 | 7,3 | 8,0 | 3,6 | 8,0 |
| 08/11/2016 | | | | | 5,9 | 9,5 | 4,9 | 7,9 | | | 5,6 | 6,3 | 4,3 | 11,3 | 3,9 | 9,2 | 2,5 | 4,5 |
| 09/11/2016 | | | | | 9,3 | 13,3 | 4,7 | 5,9 | | | 3,6 | 5,9 | 5,7 | 9,5 | 4,0 | 10,3 | 2,0 | 4,5 |
| 10/11/2016 | | | | | 16,8 | 47,1 | 8,1 | 10,4 | | | 3,6 | 4,1 | 4,0 | 9,3 | 4,4 | 11,2 | 2,5 | 7,3 |
| 11/11/2016 | | | | | 9,2 | 16,6 | 2,2 | 5,5 | | | 2,9 | 3,8 | 4,1 | 6,5 | 4,1 | 11,0 | 2,6 | 7,1 |
| 12/11/2016 | | | | | 7,8 | 16,6 | 4,6 | 6,1 | | | 3,4 | 6,0 | 6,6 | 23,3 | 12,9 | 19,5 | 3,0 | 7,0 |
| 13/11/2016 | | | | | 272,3 | 466,3 | 211,3 | 250,3 | | | 68,4 | 77,2 | 131,3 | 170,0 | 124,0 | 187,0 | 3,5 | 4,4 |
| 14/11/2016 | | | | | 77,2 | 272,0 | 350,3 | 563,0 | | | 244,3 | 324,0 | 37,2 | 53,8 | 81,1 | 85,8 | 57,5 | 58,0 |
| 15/11/2016 | | | | | 60,1 | 67,2 | 76,9 | 107,0 | | | 96,0 | 126,0 | 8,5 | 10,5 | 25,4 | 40,5 | 11,2 | 14,6 |
| 16/11/2016 | | | | | 33,0 | 44,9 | 46,2 | 88,7 | | | 16,0 | 21,1 | 8,6 | 40,9 | 5,1 | 36,2 | 5,7 | 5,5 |
| 17/11/2016 | | | | | 10,2 | 19,3 | 11,6 | 29,4 | | | 8,6 | 9,8 | 5,4 | 18,4 | 8,1 | 12,0 | 4,8 | 6,1 |
| 18/11/2016 | | | | | 10,1 | 20,1 | 11,6 | 31,9 | | | 9,2 | 11,5 | 6,1 | 8,0 | 6,6 | 7,4 | 5,9 | 6,7 |
| 19/11/2016 | | | | | 10,8 | 17,9 | 14,3 | 29,4 | | | 7,8 | 10,1 | 5,3 | 13,0 | 7,2 | 9,1 | 4,7 | 5,6 |
| 20/11/2016 | | | | | 8,6 | 15,2 | 11,5 | 16,9 | | | 6,4 | 7,9 | 5,8 | 10,4 | 6,9 | 13,6 | 3,6 | 7,0 |

**Tabela G-1: Dados de turbidez medidos nos tributários durante o período de 27 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.**

| Data | Tributário TG30b | | Tributário TG34 | | Tributário TG36 | | Tributário TG38 | | Tributário TG48 | | Tributário TG49 | | Tributário TG53A | | Tributário TG55 | | Tributário TG56 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| 21/11/2016 | | | | | 8,9 | 10,6 | 7,8 | 12,7 | | | 5,2 | 8,2 | 9,1 | 13,9 | 8,9 | 17,2 | 13,5 | 22,8 |
| 22/11/2016 | | | | | 11,3 | 11,8 | 6,7 | 12,0 | | | 4,5 | 3,7 | 6,8 | 17,6 | 13,1 | 10,2 | 4,0 | 4,9 |
| 23/11/2016 | | | | | 120,0 | 175,0 | 163,3 | 256,0 | | | 281,0 | 466,3 | 13,9 | 18,3 | 13,4 | 25,6 | 23,4 | 32,2 |
| 24/11/2016 | | | | | 15,9 | 44,1 | 41,4 | 52,4 | | | 25,3 | 44,4 | 227,3 | 353,7 | 12,3 | 26,8 | 8,3 | 34,1 |
| 25/11/2016 | | | | | 13,8 | 24,0 | 16,3 | 34,6 | | | 29,4 | 43,9 | 7,4 | 17,6 | 17,0 | 25,0 | 15,6 | 25,3 |
| 26/11/2016 | | | | | 16,4 | 26,4 | 11,6 | 18,8 | | | 6,0 | 8,2 | 6,0 | 10,8 | 5,2 | 6,7 | 6,0 | 9,3 |
| 27/11/2016 | | | | | 8,4 | 13,2 | 10,3 | 14,6 | | | 7,3 | 12,0 | 7,7 | 17,8 | 7,1 | 10,4 | 5,1 | 8,4 |
| 28/11/2016 | | | | | 10,6 | 11,8 | 10,7 | 12,3 | | | 4,8 | 5,2 | 5,4 | 16,4 | 4,4 | 20,1 | 4,2 | 5,9 |
| 29/11/2016 | | | | | 8,0 | 11,5 | 8,3 | 14,3 | | | 4,0 | 5,2 | 5,5 | 42,2 | 17,5 | 19,6 | 3,3 | 6,1 |
| 30/11/2016 | | | | | 132,3 | 231,0 | 207,3 | 356,7 | | | 350,0 | 522,7 | 36,9 | 82,4 | 52,3 | 69,7 | 205,0 | 295,3 |
| 01/12/2016 | | | | | 23,5 | 37,9 | 43,0 | 67,5 | | | 45,4 | 57,6 | 9,2 | 22,6 | 25,9 | 33,7 | 12,3 | 17,2 |
| 02/12/2016 | | | | | 21,7 | 38,4 | 31,6 | 49,3 | | | 26,0 | 37,3 | 8,5 | 21,3 | 11,1 | 18,5 | 10,0 | 13,5 |
| 03/12/2016 | | | | | 14,6 | 18,2 | 15,0 | 22,7 | | | 9,5 | 15,9 | 7,3 | 25,1 | 9,4 | 13,7 | 10,3 | 11,9 |
| 04/12/2016 | | | | | 10,6 | 15,8 | 10,2 | 17,0 | | | 35,2 | 57,9 | 9,0 | 20,8 | 12,9 | 15,5 | 8,4 | 11,8 |
| 05/12/2016 | | | | | 396,7 | 511,7 | 376,7 | 451,3 | | | 417,3 | 645,3 | 29,4 | 45,1 | 27,1 | 37,7 | 27,9 | 45,1 |
| 06/12/2016 | | | | | 29,8 | 45,4 | 36,1 | 51,7 | | | 35,5 | 58,2 | 10,9 | 19,8 | 10,4 | 17,4 | 20,6 | 23,5 |
| 07/12/2016 | | | | | 21,5 | 26,4 | 19,9 | 32,4 | | | 16,5 | 22,5 | 8,4 | 11,2 | 8,2 | 13,5 | 7,2 | 8,8 |
| 08/12/2016 | | | | | 17,2 | 20,7 | 10,2 | 16,8 | | | 10,8 | 17,3 | 8,3 | 12,5 | 7,2 | 9,9 | 6,8 | 8,9 |
| 09/12/2016 | | | | | 24,2 | 42,8 | 53,8 | 81,9 | | | 46,4 | 60,7 | 11,9 | 15,6 | 12,5 | 16,2 | 10,5 | 13,2 |
| 10/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19/12/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20/12/2016 | | | | | 20,6 | 25,2 | 21,1 | 27,4 | | | 9,3 | 13,3 | 9,9 | 11,9 | 8,2 | 11,6 | 6,4 | 20,9 |
| 21/12/2016 | | | | | 10,8 | 15,4 | 15,2 | 23,4 | | | 8,5 | 10,8 | 5,3 | 7,3 | 7,0 | 16,0 | 8,3 | 12,4 |
| 22/12/2016 | | | | | 28,0 | 32,2 | 31,4 | 45,6 | | | 9,0 | 15,3 | 5,9 | 9,5 | 6,3 | 13,8 | 5,1 | 8,2 |
| 23/12/2016 | | | | | 13,8 | 19,6 | 21,3 | 28,3 | | | 12,0 | 14,9 | 6,1 | 7,3 | 5,0 | 10,9 | 6,7 | 9,5 |
| 24/12/2016 | | | | | 12,5 | 17,7 | 12,0 | 16,0 | | | 6,0 | 13,8 | 4,8 | 7,4 | 5,8 | 7,7 | 6,5 | 8,5 |
| 25/12/2016 | | | | | 10,5 | 14,1 | 10,7 | 14,8 | | | 5,9 | 12,2 | 5,4 | 7,8 | 7,7 | 8,6 | 6,1 | 8,2 |
| 26/12/2016 | | | | | 7,6 | 14,4 | 13,8 | 23,1 | | | 7,8 | 13,3 | 6,3 | 7,8 | 6,5 | 7,3 | 6,8 | 8,1 |
| 27/12/2016 | | | | | 12,6 | 14,6 | 25,1 | 33,7 | | | 6,1 | 10,2 | 7,0 | 9,0 | 7,5 | 11,4 | 5,1 | 8,0 |
| 28/12/2016 | | | | | 8,5 | 13,7 | 25,5 | 33,1 | | | 8,0 | 16,2 | 8,0 | 9,7 | 10,7 | 12,6 | 7,6 | 9,3 |
| 29/12/2016 | | | | | 8,1 | 11,3 | 15,4 | 23,6 | | | 6,5 | 8,1 | 8,2 | 11,1 | 10,1 | 12,4 | 11,2 | 15,5 |
| 30/12/2016 | | | | | 18,8 | 24,8 | 11,1 | 17,5 | | | 8,9 | 11,4 | 10,8 | 12,9 | 8,6 | 10,4 | 9,3 | 12,4 |
| 31/12/2016 | | | | | 9,4 | 13,0 | 8,6 | 12,6 | | | 9,0 | 14,0 | 6,6 | 8,6 | 9,6 | 11,7 | 11,7 | 15,7 |
| 01/01/2017 | | | | | 10,4 | 14,1 | 9,7 | 12,0 | | | 7,3 | 11,9 | 7,8 | 11,1 | 8,5 | 13,1 | 9,0 | 14,7 |
| 02/01/2017 | | | | | 7,3 | 14,3 | 8,5 | 12,4 | | | 6,0 | 7,2 | 8,6 | 8,9 | 5,3 | 8,4 | 5,4 | 7,8 |
| 03/01/2017 | | | | | 15,2 | 19,1 | 7,5 | 14,1 | | | 7,0 | 8,5 | 6,2 | 6,9 | 5,1 | 7,3 | 5,5 | 7,6 |
| 04/01/2017 | | | | | 8,2 | 11,8 | 8,6 | 14,1 | | | 5,1 | 7,5 | 8,4 | 8,8 | 19,6 | 26,0 | 5,5 | 8,3 |
| 05/01/2017 | | | | | 9,0 | 18,9 | 10,4 | 14,3 | | | 5,9 | 8,3 | 7,5 | 8,9 | 18,8 | 23,2 | 6,6 | 9,9 |
| 06/01/2017 | | | | | 11,5 | 13,2 | 5,6 | 10,2 | | | 5,4 | 5,8 | 6,7 | 8,6 | 6,6 | 7,5 | 5,7 | 7,1 |
| 07/01/2017 | | | | | 12,0 | 21,1 | 7,9 | 15,8 | | | 5,5 | 7,3 | 8,9 | 11,7 | 7,0 | 8,7 | 9,5 | 11,4 |
| 08/01/2017 | | | | | 9,2 | 15,4 | 7,9 | 13,6 | | | 8,3 | 9,8 | 7,0 | 8,8 | 13,1 | 15,4 | 8,5 | 10,7 |
| 09/01/2017 | | | | | 8,0 | 24,9 | 9,9 | 14,8 | | | 7,3 | 12,4 | 8,3 | 10,6 | 11,9 | 14,0 | 8,0 | 11,3 |
| 10/01/2017 | | | | | 10,2 | 13,1 | 10,2 | 12,3 | | | 9,2 | 13,3 | 8,0 | 10,2 | 8,9 | 11,6 | 7,0 | 12,4 |
| 11/01/2017 | | | | | 16,3 | 25,7 | 17,7 | 27,4 | | | 393,0 | 515,7 | 5,7 | 6,7 | 6,0 | 7,5 | 5,3 | 7,4 |
| 12/01/2017 | | | | | 15,1 | 20,4 | 14,8 | 26,8 | | | 104,3 | 144,0 | 9,2 | 11,2 | 10,3 | 11,7 | 9,9 | 12,3 |
| 13/01/2017 | | | | | 54,5 | 84,3 | 95,4 | 154,7 | | | 157,0 | 226,3 | 10,0 | 12,4 | 8,8 | 9,5 | 9,9 | 13,3 |
| 14/01/2017 | | | | | 9,3 | 14,2 | 10,3 | 14,2 | | | 26,5 | 39,1 | 7,9 | 9,0 | 11,4 | 13,7 | 6,2 | 9,7 |
| 15/01/2017 | | | | | 22,5 | 37,6 | 25,2 | 35,9 | | | 82,8 | 158,9 | 17,9 | 33,0 | 12,4 | 21,4 | 15,4 | 19,6 |
| 16/01/2017 | | | | | | | 14,4 | 26,3 | | | 31,8 | 38,5 | | | | | 10,1 | 21,2 |
| 17/01/2017 | | | | | | | 19,8 | 24,5 | | | 35,7 | 48,0 | | | | | 8,3 | 10,1 |
| 18/01/2017 | | | | | | | 13,0 | 22,7 | 8,5 | 13,8 | 19,8 | 27,0 | | | | | 30,6 | 44,4 |

**Tabela G-1: Dados de turbidez medidos nos tributários durante o período de 27 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.**

| Data | Tributário TG30b | | Tributário TG34 | | Tributário TG36 | | Tributário TG38 | | Tributário TG48 | | Tributário TG49 | | Tributário TG53A | | Tributário TG55 | | Tributário TG56 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| 19/01/2017 | | | | | | | 12,6 | 14,9 | 8,4 | 10,2 | 20,6 | 27,1 | | | | | 21,9 | 32,3 |
| 20/01/2017 | | | | | | | 9,9 | 14,4 | 9,3 | 11,4 | 12,8 | 17,6 | | | | | 18,4 | 26,7 |
| 21/01/2017 | | | | | | | 9,6 | 16,8 | 10,7 | 12,2 | 9,7 | 10,3 | | | | | 9,2 | 9,1 |
| 22/01/2017 | | | | | | | 15,4 | 23,7 | 12,7 | 16,5 | 11,7 | 17,5 | | | | | 7,8 | 8,4 |
| 23/01/2017 | | | | | | | 16,2 | 21,8 | 10,6 | 11,1 | 11,8 | 14,2 | | | | | 8,9 | 10,6 |
| 24/01/2017 | | | | | | | 9,8 | 12,6 | 7,5 | 9,6 | 8,8 | 11,4 | | | | | 8,9 | 11,0 |
| 25/01/2017 | | | | | | | 6,6 | 8,6 | 3,5 | 3,2 | 4,8 | 8,2 | | | | | 3,8 | 5,7 |
| 26/01/2017 | | | | | | | 14,5 | 19,5 | 9,3 | 13,0 | 10,7 | 13,5 | | | | | 7,8 | 10,9 |
| 27/01/2017 | | | | | | | 17,8 | 21,7 | 10,6 | 12,1 | 9,2 | 10,1 | | | | | 9,1 | 11,8 |
| 28/01/2017 | | | | | | | 17,0 | 20,5 | 9,6 | 12,5 | 12,2 | 14,3 | | | | | 10,1 | 11,6 |
| 29/01/2017 | | | | | | | 17,4 | 21,4 | 8,5 | 9,3 | 14,1 | 15,5 | | | | | 10,8 | 11,7 |
| 30/01/2017 | | | | | | | 18,2 | 21,8 | 28,3 | 39,2 | 18,6 | 23,4 | | | | | 20,3 | 26,7 |
| 31/01/2017 | | | | | | | 11,3 | 13,6 | 8,6 | 10,8 | 12,2 | 13,4 | | | | | 11,4 | 24,5 |
| 01/02/2017 | | | | | | | 3,9 | 5,4 | 3,1 | 3,5 | 4,0 | 6,7 | | | | | 4,0 | 4,8 |
| 02/02/2017 | | | | | | | 9,9 | 14,9 | 2,8 | 5,4 | 2,8 | 3,7 | | | | | 3,7 | 5,2 |
| 03/02/2017 | | | | | | | 12,9 | 15,4 | 2,8 | 5,8 | 2,7 | 3,3 | | | | | 2,5 | 4,9 |
| 04/02/2017 | | | | | | | 19,7 | 21,0 | 13,6 | 21,3 | 79,4 | 70,3 | | | | | 5,7 | 9,2 |
| 05/02/2017 | | | | | | | 21,3 | 26,1 | 24,1 | 45,5 | 267,7 | 310,7 | | | | | 5,8 | 11,1 |
| 06/02/2017 | | | | | | | 14,2 | 15,9 | 19,9 | 20,5 | 544,3 | 653,3 | | | | | 10,0 | 16,8 |
| 07/02/2017 | | | | | | | 20,1 | 22,8 | 18,1 | 21,4 | 159,7 | 201,3 | | | | | 6,3 | 7,2 |
| 08/02/2017 | | | | | | | 24,4 | 39,3 | 8,5 | 11,5 | 53,3 | 63,9 | | | | | 10,7 | 11,2 |
| 09/02/2017 | | | | | | | 22,5 | 29,1 | 4,2 | 6,1 | 24,7 | 30,1 | | | | | 4,4 | 6,3 |
| 10/02/2017 | | | | | | | 51,8 | 59,3 | 95,0 | 105,7 | 28,7 | 29,2 | | | | | 13,1 | 18,3 |
| 11/02/2017 | | | | | | | 15,5 | 22,4 | 6,5 | 8,7 | 13,6 | 13,7 | | | | | 5,2 | 6,9 |
| 12/02/2017 | | | | | | | 12,8 | 13,8 | 4,8 | 6,4 | 10,1 | 11,8 | | | | | 4,7 | 11,1 |
| 13/02/2017 | | | | | | | 12,8 | 13,1 | 5,5 | 7,0 | 8,7 | 9,1 | | | | | 4,0 | 6,0 |
| 14/02/2017 | | | | | | | 7,9 | 7,8 | 3,7 | 3,8 | 7,4 | 5,3 | | | | | 4,1 | 8,7 |
| 15/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28/02/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01/03/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02/03/2017 | | | | | | | 5,8 | 6,9 | 4,1 | 5,4 | 5,2 | 5,5 | | | | | 17,1 | 22,3 |
| 03/03/2017 | | | | | | | 6,5 | 8,3 | 5,4 | 6,4 | 5,1 | 5,8 | | | | | 5,3 | 6,6 |
| 04/03/2017 | | | | | | | 7,1 | 8,1 | 4,4 | 5,2 | 6,0 | 7,2 | | | | | 6,5 | 8,3 |
| 05/03/2017 | | | | | | | 7,0 | 9,0 | 5,4 | 6,4 | 4,8 | 5,6 | | | | | 5,0 | 5,8 |
| 06/03/2017 | | | | | | | 9,5 | 12,1 | 5,4 | 7,2 | 8,2 | 11,7 | | | | | 8,7 | 8,9 |
| 07/03/2017 | | | | | | | 12,4 | 19,8 | 6,8 | 4,9 | 6,0 | 6,1 | | | | | 5,5 | 7,0 |
| 08/03/2017 | | | | | | | 14,3 | 21,9 | 7,6 | 9,1 | 6,3 | 8,3 | | | | | 14,9 | 19,0 |
| 09/03/2017 | | | | | | | 28,0 | 41,3 | 32,7 | 44,8 | 202,3 | 280,7 | | | | | 18,1 | 24,7 |
| 10/03/2017 | | | | | | | 9,9 | 10,5 | 7,3 | 7,6 | 12,4 | 17,1 | | | | | 3,8 | 4,1 |
| 11/03/2017 | | | | | | | | | 4,2 | 7,9 | | | | | | | | |
| 12/03/2017 | | | | | | | | | 3,3 | 3,6 | | | | | | | | |
| 13/03/2017 | | | | | | | | | 4,4 | 6,0 | | | | | | | | |
| 14/03/2017 | | | | | | | | | 8,7 | 10,3 | | | | | | | | |
| 15/03/2017 | | | | | | | | | 6,2 | 8,5 | | | | | | | | |
| 16/03/2017 | | | | | | | | | 6,3 | 7,5 | | | | | | | | |
| 17/03/2017 | | | | | | | | | 4,1 | 4,5 | | | | | | | | |
| 18/03/2017 | | | | | | | | | 3,9 | 8,8 | | | | | | | | |

**Tabela G-1: Dados de turbidez medidos nos tributários durante o período de 27 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.**

| Data | Tributário TG30b | | Tributário TG34 | | Tributário TG36 | | Tributário TG38 | | Tributário TG48 | | Tributário TG49 | | Tributário TG53A | | Tributário TG55 | | Tributário TG56 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| 19/03/2017 | | | | | | | | | 78,8 | 89,6 | | | | | | | | |
| 20/03/2017 | | | | | | | | | 12,5 | 17,1 | | | | | | | | |
| 21/03/2017 | | | | | | | | | 6,5 | 9,2 | | | | | | | | |
| 22/03/2017 | | | | | | | | | 6,1 | 7,7 | | | | | | | | |
| 23/03/2017 | | | | | | | | | 3,4 | 5,0 | | | | | | | | |
| 24/03/2017 | | | | | | | | | 5,4 | 8,2 | | | | | | | | |
| 25/03/2017 | | | | | | | | | 5,2 | 6,7 | | | | | | | | |
| 26/03/2017 | | | | | | | | | 6,9 | 10,0 | | | | | | | | |
| 27/03/2017 | | | | | | | | | 7,2 | 9,1 | | | | | | | | |
| 28/03/2017 | | | | | | | | | 21,9 | 31,4 | | | | | | | | |
| 29/03/2017 | | | | | | | | | 8,7 | 10,8 | | | | | | | | |
| 30/03/2017 | | | | | | | | | 7,4 | 11,0 | | | | | | | | |
| 31/03/2017 | | | | | | | | | 11,3 | 12,7 | | | | | | | | |
| 01/04/2017 | | | | | | | | | 5,9 | 7,0 | | | | | | | | |
| 02/04/2017 | | | | | | | | | 6,4 | 7,5 | | | | | | | | |
| 03/04/2017 | | | | | | | 11,3 | 14,1 | 5,0 | 6,0 | 7,2 | 9,3 | | | | | 4,5 | 5,1 |
| 04/04/2017 | | | | | | | 7,8 | 9,2 | 7,3 | 7,3 | 5,4 | 6,8 | | | | | 5,1 | 6,4 |
| 05/04/2017 | | | | | | | 8,7 | 9,7 | 5,8 | 7,0 | 6,5 | 6,0 | | | | | 7,6 | 8,6 |
| 06/04/2017 | | | | | | | 12,5 | 15,1 | 6,3 | 7,7 | 8,2 | 8,9 | | | | | 6,7 | 7,3 |
| 07/04/2017 | | | | | | | 11,4 | 14,3 | 8,8 | 12,1 | 9,2 | 17,8 | | | | | 6,9 | 7,7 |
| 08/04/2017 | | | | | | | 10,1 | 13,1 | 12,0 | 16,6 | 5,5 | 8,5 | | | | | 8,4 | 12,4 |
| 09/04/2017 | | | | | | | 8,9 | 9,7 | 6,0 | 7,4 | 5,1 | 7,5 | | | | | 6,5 | 11,0 |
| 10/04/2017 | | | | | | | 8,6 | 10,9 | 6,5 | 7,6 | 5,9 | 7,1 | | | | | 6,1 | 7,4 |
| 11/04/2017 | | | | | | | 7,5 | 10,1 | 5,4 | 8,7 | 6,2 | 8,2 | | | | | 5,6 | 8,0 |
| 12/04/2017 | | | | | | | 12,9 | 19,3 | 4,4 | 4,8 | 3,5 | 4,6 | | | | | 4,3 | 6,9 |
| 13/04/2017 | | | | | | | 7,5 | 7,7 | 5,1 | 4,9 | 4,7 | 4,5 | | | | | 5,2 | 5,7 |
| 14/04/2017 | | | | | | | 10,4 | 12,0 | 7,3 | 9,2 | 7,7 | 6,5 | | | | | 6,2 | 10,1 |
| 15/04/2017 | | | | | | | 9,5 | 11,0 | 7,2 | 7,7 | 6,6 | 7,4 | | | | | | |
| 16/04/2017 | | | | | | | 8,0 | 8,6 | 7,8 | 9,2 | 8,7 | 9,7 | | | | | 7,2 | 10,8 |
| 17/04/2017 | | | | | | | 6,3 | 7,5 | 5,7 | 9,9 | 5,9 | 7,6 | | | | | 6,3 | 7,3 |
| 18/04/2017 | | | | | | | 7,0 | 10,5 | 7,3 | 9,1 | 5,5 | 8,4 | | | | | 6,1 | 6,7 |
| 19/04/2017 | | | | | | | 10,9 | 16,9 | 5,0 | 5,8 | 5,4 | 6,3 | | | | | 5,6 | 6,3 |
| 20/04/2017 | | | | | | | 7,2 | 9,4 | 6,2 | 7,7 | 6,5 | 8,9 | | | | | 5,2 | 6,0 |
| 21/04/2017 | | | | | | | 7,2 | 9,6 | 5,7 | 6,5 | 7,0 | 7,8 | | | | | 6,0 | 9,4 |
| 22/04/2017 | | | | | | | 6,7 | 10,4 | 5,9 | 6,5 | 6,4 | 7,2 | | | | | 6,6 | 7,6 |
| 23/04/2017 | | | | | | | 8,9 | 10,1 | 4,4 | 6,5 | 4,7 | 6,4 | | | | | 5,8 | 6,5 |
| 24/04/2017 | | | | | | | 8,9 | 9,8 | 6,8 | 8,3 | 7,5 | 10,1 | | | | | 6,7 | 8,0 |
| 25/04/2017 | | | | | | | 9,5 | 10,6 | 8,2 | 8,6 | 8,0 | 7,2 | | | | | 7,2 | 8,9 |
| 26/04/2017 | | | | | | | 11,1 | 11,7 | 8,1 | 9,1 | 7,7 | 6,9 | | | | | 7,7 | 6,3 |
| 27/04/2017 | | | | | | | 8,6 | 12,3 | 6,7 | 8,7 | 5,7 | 9,4 | | | | | 5,6 | 6,1 |
| 28/04/2017 | | | | | | | 8,1 | 14,7 | 14,3 | 15,5 | 17,7 | 20,0 | | | | | 10,3 | 14,4 |
| 29/04/2017 | | | | | | | 8,1 | 9,1 | 7,5 | 9,5 | 7,5 | 9,5 | | | | | 7,9 | 8,4 |
| 30/04/2017 | | | | | | | 7,6 | 8,8 | 7,9 | 8,6 | 8,0 | 8,3 | | | | | 7,3 | 8,6 |
| 01/05/2017 | | | | | | | 7,4 | 8,6 | 4,2 | 4,7 | 4,6 | 6,1 | | | | | 3,2 | 3,9 |
| 02/05/2017 | | | | | | | 5,7 | 7,3 | 4,4 | 5,9 | 4,3 | 5,4 | | | | | 4,5 | 4,8 |
| 03/05/2017 | | | | | | | 5,8 | 7,3 | 5,5 | 5,9 | 4,7 | 6,3 | | | | | 4,7 | 6,6 |
| 04/05/2017 | | | | | | | 8,4 | 10,7 | 5,6 | 7,4 | 8,3 | 10,1 | | | | | 4,7 | 5,4 |
| 05/05/2017 | | | | | | | 7,6 | 13,2 | 5,0 | 6,4 | 8,9 | 8,8 | | | | | 5,4 | 5,8 |
| 06/05/2017 | | | | | | | 6,8 | 8,0 | 5,0 | 7,9 | 5,5 | 6,1 | | | | | 5,4 | 6,0 |
| 07/05/2017 | | | | | | | 4,9 | 5,5 | 5,0 | 6,7 | 4,4 | 5,7 | | | | | 4,4 | 5,7 |
| 08/05/2017 | | | | | | | 6,9 | 7,5 | 4,8 | 5,2 | 4,4 | 4,6 | | | | | 3,8 | 4,4 |
| 09/05/2017 | | | | | | | 6,3 | 7,4 | 4,8 | 5,7 | 5,4 | 6,6 | | | | | 4,9 | 5,2 |
| 10/05/2017 | | | | | | | 4,9 | 6,4 | 3,8 | 4,4 | 3,0 | 3,5 | | | | | 4,7 | 8,3 |
| 11/05/2017 | | | | | | | 8,9 | 10,4 | 5,2 | 5,9 | 5,5 | 7,3 | | | | | 4,2 | 4,5 |
| 12/05/2017 | | | | | | | 7,0 | 9,5 | 2,5 | 3,6 | 2,4 | 2,5 | | | | | 2,4 | 2,9 |
| 13/05/2017 | | | | | | | 5,5 | 5,9 | 3,0 | 3,6 | 4,6 | 4,2 | | | | | 2,4 | 3,8 |
| 14/05/2017 | | | | | | | 6,3 | 7,6 | 3,5 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | | | | | 3,1 | 4,7 |
| 15/05/2017 | | | | | | | 5,7 | 6,4 | 4,6 | 5,3 | 2,4 | 3,7 | | | | | 3,1 | 3,5 |
| 16/05/2017 | | | | | | | 6,1 | 6,6 | 4,9 | 6,4 | 5,6 | 6,6 | | | | | 4,3 | 5,9 |

**Tabela G-1: Dados de turbidez medidos nos tributários durante o período de 27 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.**

| Data | Tributário TG30b | | Tributário TG34 | | Tributário TG36 | | Tributário TG38 | | Tributário TG48 | | Tributário TG49 | | Tributário TG53A | | Tributário TG55 | | Tributário TG56 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| 17/05/2017 | | | | | | | 7,0 | 8,5 | 5,0 | 7,3 | 9,0 | 10,9 | | | | | 3,6 | 5,0 |
| 18/05/2017 | | | | | | | 6,1 | 8,6 | 4,1 | 4,8 | 9,1 | 12,5 | | | | | 5,0 | 5,7 |
| 19/05/2017 | | | | | | | 7,9 | 11,9 | 3,7 | 4,0 | 4,7 | 5,4 | | | | | 4,1 | 4,2 |
| 20/05/2017 | | | | | | | 6,6 | 8,8 | 3,4 | 4,5 | 4,7 | 6,9 | | | | | 4,0 | 4,5 |
| 21/05/2017 | | | | | | | 7,1 | 7,4 | 3,4 | 5,2 | 3,9 | 8,5 | | | | | 4,6 | 4,1 |
| 22/05/2017 | | | | | | | 7,4 | 10,1 | 5,7 | 10,3 | 8,2 | 9,1 | | | | | 4,3 | 4,6 |
| 23/05/2017 | | | | | | | 24,6 | 37,9 | 77,2 | 90,1 | 139,7 | 202,7 | | | | | 49,4 | 68,2 |
| 24/05/2017 | | | | | | | 8,8 | 17,9 | 4,2 | 4,6 | 16,8 | 16,7 | | | | | 3,5 | 5,7 |
| 25/05/2017 | | | | | | | 7,6 | 9,0 | 4,5 | 12,8 | 8,9 | 9,1 | | | | | 4,1 | 4,3 |
| 26/05/2017 | | | | | | | 6,7 | 7,3 | 3,6 | 4,7 | 7,8 | 8,7 | | | | | 3,0 | 3,6 |
| 27/05/2017 | | | | | | | 5,4 | 6,8 | 3,3 | 4,4 | 6,9 | 8,2 | | | | | 2,5 | 3,3 |
| 28/05/2017 | | | | | | | 7,0 | 8,3 | 4,0 | 4,7 | 5,8 | 6,2 | | | | | 3,7 | 4,0 |
| 29/05/2017 | | | | | | | 8,0 | 7,7 | 5,9 | 4,4 | 6,4 | 6,8 | | | | | 4,3 | 4,1 |
| 30/05/2017 | | | | | | | 5,6 | 8,1 | 3,0 | 3,3 | 4,7 | 4,7 | | | | | 5,0 | 6,2 |
| 31/05/2017 | | | | | | | 3,4 | 3,4 | 1,5 | 2,3 | 3,9 | 4,0 | | | | | 1,7 | 2,8 |
| 01/06/2017 | | | | | | | 8,2 | 10,2 | 7,6 | 8,4 | 5,5 | 6,3 | | | | | 2,3 | 5,3 |
| 02/06/2017 | | | | | | | 7,8 | 8,5 | 2,0 | 3,2 | 4,1 | 4,8 | | | | | 2,4 | 4,5 |
| 03/06/2017 | | | | | | | | | 1,9 | 3,1 | | | | | | | | |
| 04/06/2017 | | | | | | | | | 6,0 | 4,7 | | | | | | | | |
| 05/06/2017 | | | | | | | | | 2,4 | 3,5 | | | | | | | | |
| 06/06/2017 | | | | | | | | | 3,2 | 3,4 | | | | | | | | |
| 07/06/2017 | | | | | | | | | 5,3 | 6,4 | | | | | | | | |
| 08/06/2017 | | | | | | | | | 4,6 | 5,6 | | | | | | | | |
| 09/06/2017 | | | | | | | | | 6,1 | 7,2 | | | | | | | | |
| 10/06/2017 | | | | | | | | | 3,4 | 5,1 | | | | | | | | |
| 11/06/2017 | | | | | | | | | 3,3 | 4,1 | | | | | | | | |
| 12/06/2017 | | | | | | | | | 2,3 | 3,4 | | | | | | | | |
| 13/06/2017 | | | | | | | | | 6,6 | 9,2 | | | | | | | | |
| 14/06/2017 | | | | | | | | | 2,7 | 4,2 | | | | | | | | |
| 15/06/2017 | | | | | | | | | 3,6 | 5,4 | | | | | | | | |
| 16/06/2017 | | | | | | | | | 4,7 | 5,1 | | | | | | | | |
| 17/06/2017 | | | | | | | | | 5,3 | 6,3 | | | | | | | | |
| 18/06/2017 | | | | | | | | | 6,7 | 7,8 | | | | | | | | |
| 19/06/2017 | | | | | | | | | 5,6 | 6,8 | | | | | | | | |
| 20/06/2017 | | | | | | | | | 2,6 | 3,6 | | | | | | | | |
| 21/06/2017 | | | | | | | | | 3,5 | 4,9 | | | | | | | | |
| 22/06/2017 | | | | | | | | | 4,1 | 5,5 | | | | | | | | |
| 23/06/2017 | | | | | | | | | 3,4 | 4,3 | | | | | | | | |
| 24/06/2017 | | | | | | | | | 4,5 | 5,5 | | | | | | | | |
| 25/06/2017 | | | | | | | | | 3,6 | 4,6 | | | | | | | | |
| 26/06/2017 | | | | | | | | | 3,2 | 4,4 | | | | | | | | |
| 27/06/2017 | | | | | | | 9,0 | 9,6 | 2,0 | 2,7 | 2,2 | 3,3 | | | | | 2,4 | 3,3 |
| 28/06/2017 | | | | | | | 9,2 | 10,6 | 1,8 | 2,1 | 1,3 | 2,9 | | | | | 2,5 | 3,5 |
| 29/06/2017 | | | | | | | 7,6 | 10,1 | 1,4 | 68,7 | 2,2 | 3,4 | | | | | 2,1 | 2,8 |
| 30/06/2017 | | | | | | | 7,5 | 10,1 | 2,9 | 3,6 | 3,8 | 4,8 | | | | | 1,6 | 2,4 |
| 01/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**Tabela G-1: Dados de turbidez medidos nos tributários durante o período de 27 de julho de 2016 a 31 de agosto de 2017.**

| Data | Tributário TG30b | | Tributário TG34 | | Tributário TG36 | | Tributário TG38 | | Tributário TG48 | | Tributário TG49 | | Tributário TG53A | | Tributário TG55 | | Tributário TG56 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante | Ponto Montante | Ponto Jusante |
| 15/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30/07/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31/07/2017 | | | 9,8 | 8,2 | | | | | 1,4 | 1,0 | 0,2 | 0,3 | | | | | | |
| 01/08/2017 | 28,9 | 18,1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02/08/2017 | | | 7,4 | 7,7 | | | | | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | | | | | | |
| 03/08/2017 | 31,8 | 15,6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07/08/2017 | | | 7,0 | 8,5 | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,3 | | | | | | |
| 08/08/2017 | 34,8 | 19,0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09/08/2017 | | | 6,5 | 8,3 | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | | | | | |
| 10/08/2017 | 31,9 | 14,9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16/08/2017 | 38,9 | 16,4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17/08/2017 | | | 7,0 | 8,5 | | | | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,2 | | | | | | |
| 18/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21/08/2017 | | | 6,3 | 14,5 | | | | | 0,5 | 0,0 | 0,5 | 2,3 | | | | | | |
| 22/08/2017 | 39,8 | 27,3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23/08/2017 | | | 4,9 | 8,2 | | | | | 0,2 | 0,0 | 0,5 | 2,4 | | | | | | |
| 24/08/2017 | 41,0 | 18,5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27/08/2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28/08/2017 | | | 0,0 | 18,7 | | | | | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 2,8 | | | | | | |
| 29/08/2017 | 89,3 | 23,8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30/08/2017 | | | 0,3 | 17,6 | | | | | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 19,7 | | | | | | |
| 31/08/2017 | 88,7 | 25,1 | | | | | | | | | | | | | | | | |

**Tabela G-2: Dados de turbidez medidos nos rios principais (i.e., rio Gualaxo do Norte e do Carmo) durante o período de 31 de julho a 31 de agosto de 2017.**

| Data | A3 M | A3 TG02 | A3 TG03 | A13 M | A11 M | A10 M | A10 J | MONTANTE PARACATU | PARACATU T1 | A7 M | PEDRAS T2 | PEDRAS T3 | PONTE CAMPINAS | BARRETOS T5 | GESTEIRA T6a | GESTEIRA T6b | BARRA LONGA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31/07/2017 | 6,3 | 16,5 | 97,7 | 93,3 | | | | | | | | | | | | | |
| 01/08/2017 | | | | | 90,1 | 168,0 | 111,0 | 91,6 | 88,8 | 99,8 | 97,3 | 99,3 | 92,0 | 101,0 | 108,0 | 105,0 | |
| 02/08/2017 | 9,8 | 50,2 | 75,2 | 94,2 | | | | | | | | | | | | | 25,8 |
| 03/08/2017 | | | | | 92,6 | 163,0 | 104,0 | 113,0 | 82,1 | 64,3 | 8,1 | 94,2 | 112,0 | 71,9 | 70,3 | 64,4 | |
| 07/08/2017 | 8,4 | 28,5 | 39,3 | 85,2 | | | | | | | | | | | | | 22,2 |
| 08/08/2017 | | | | | 75,2 | 305,0 | 334,0 | 622,0 | 816,0 | 407,0 | 362,0 | 427,0 | 76,8 | 71,2 | 73,3 | 63,7 | |
| 09/08/2017 | 5,9 | 45,7 | 56,8 | 159,0 | | | | | | | | | | | | | 45,9 |
| 10/08/2017 | | | | | 114,0 | 109,0 | 106,0 | 93,0 | 92,8 | 91,5 | 91,8 | 99,6 | 106,0 | 112,0 | 112,0 | 104,0 | |
| 17/08/2017 | 7,1 | 36,0 | 46,4 | 66,0 | | | | | | | | | | | | | 32,0 |
| 16/08/2017 | | | | | 82,8 | 97,1 | 123,0 | 91,7 | 90,2 | 93,3 | 101,0 | 85,2 | 86,3 | 97,4 | 114,0 | 121,0 | |
| 21/08/2017 | 6,7 | 16,6 | 26,9 | 51,0 | | | | | | | | | | | | | 21,0 |
| 22/08/2017 | | | | | 53,2 | 61,3 | 54,2 | 52,9 | 48,0 | 53,9 | 52,9 | 54,1 | 54,5 | 66,4 | 58,7 | 50,0 | |
| 23/08/2017 | 8,1 | 20,5 | 26,7 | 48,5 | | | | | | | | | | | | | 15,0 |
| 24/08/2017 | | | | | 51,5 | 60,4 | 52,7 | 50,8 | 49,0 | 51,8 | 52,3 | 57,3 | 62,3 | 65,5 | 57,6 | 52,3 | |
| 28/08/2017 | 42,6 | 22,9 | 28,8 | 48,6 | | | | | | | | | | | | | 15,8 |
| 29/08/2017 | | | | | 46,4 | 46,7 | 15,7 | 41,4 | 40,9 | 21,2 | 51,7 | 42,5 | 60,8 | 65,1 | 66,8 | 59,9 | |
| 30/08/2017 | 14,6 | 29,7 | 27,5 | 42,6 | | | | | | | | | | | | | 14,1 |
| 31/08/2017 | | | | | 54,4 | 44,8 | 63,3 | 42,3 | 40,8 | 20,8 | 28,9 | 40,6 | 43,4 | 39,6 | 67,6 | 59,3 | |

# ANEXO H

## Gráficos e Fotos de Pontos de Monitoramento de Turbidez em Tributários e Rios Principais

# 1.0 TRIBUTÁRIOS

## 1.1 Tributário TC02

*Figura 1: Fotos do tributário TC02: (a), (b) e (c) imagens antes do início das obras; (d), (e) e (f) imagens após o término das obras.*

## 1.2 Tributário TC05

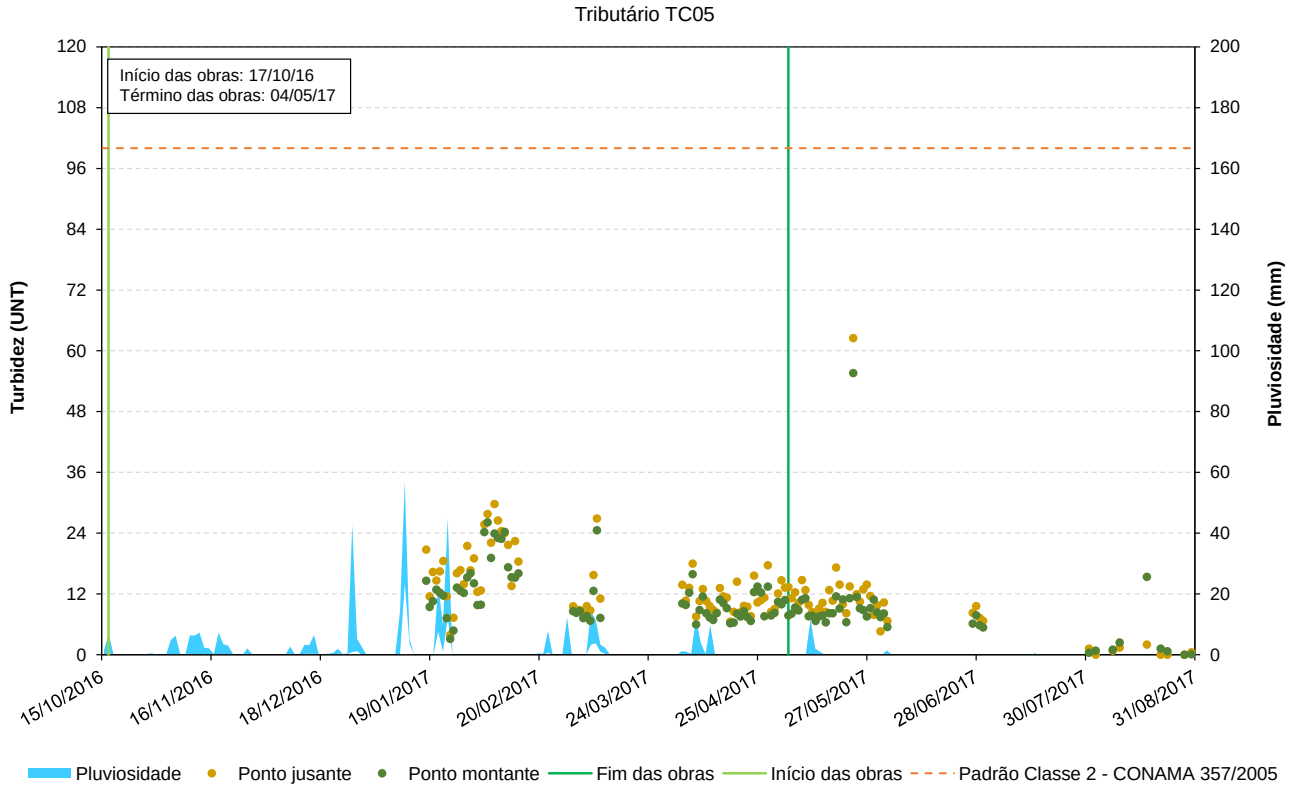



*Figura 2: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TC05.*

*Figura 3: Fotos do tributário TC05: (a) e (b) imagens antes do início das obras; (c) e (d) imagens após o término das obras.*

## 1.3 Tributário TG03

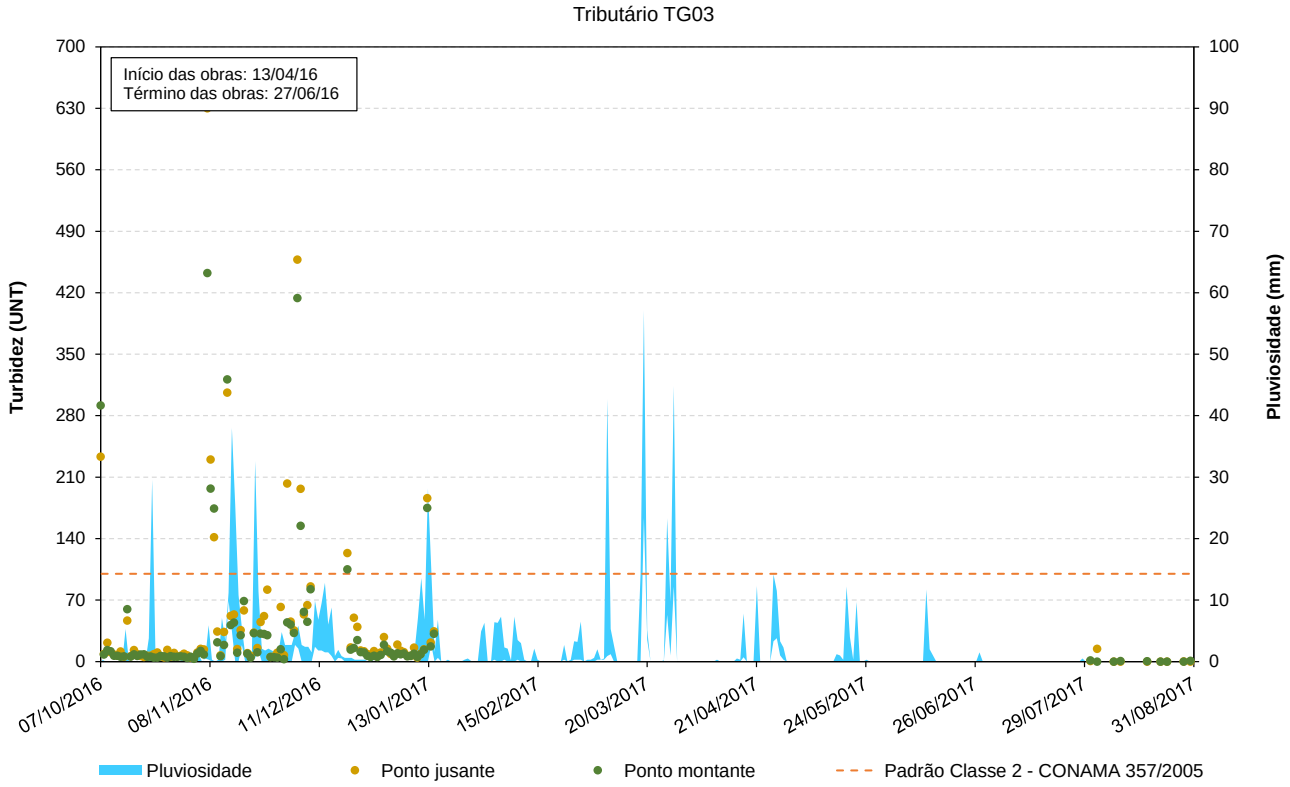



*Figura 4: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG03.*

*Figura 5: Fotos do tributário TG03: (a) e (b) imagens antes do início das obras; (c) e (d) imagens após o término das obras.*

*Figura 6: Imagem aérea do tributário TG03 de 22 de dezembro de 2016 (cerca de 6 meses após o término da obra).*

## 1.4 Tributário TG10

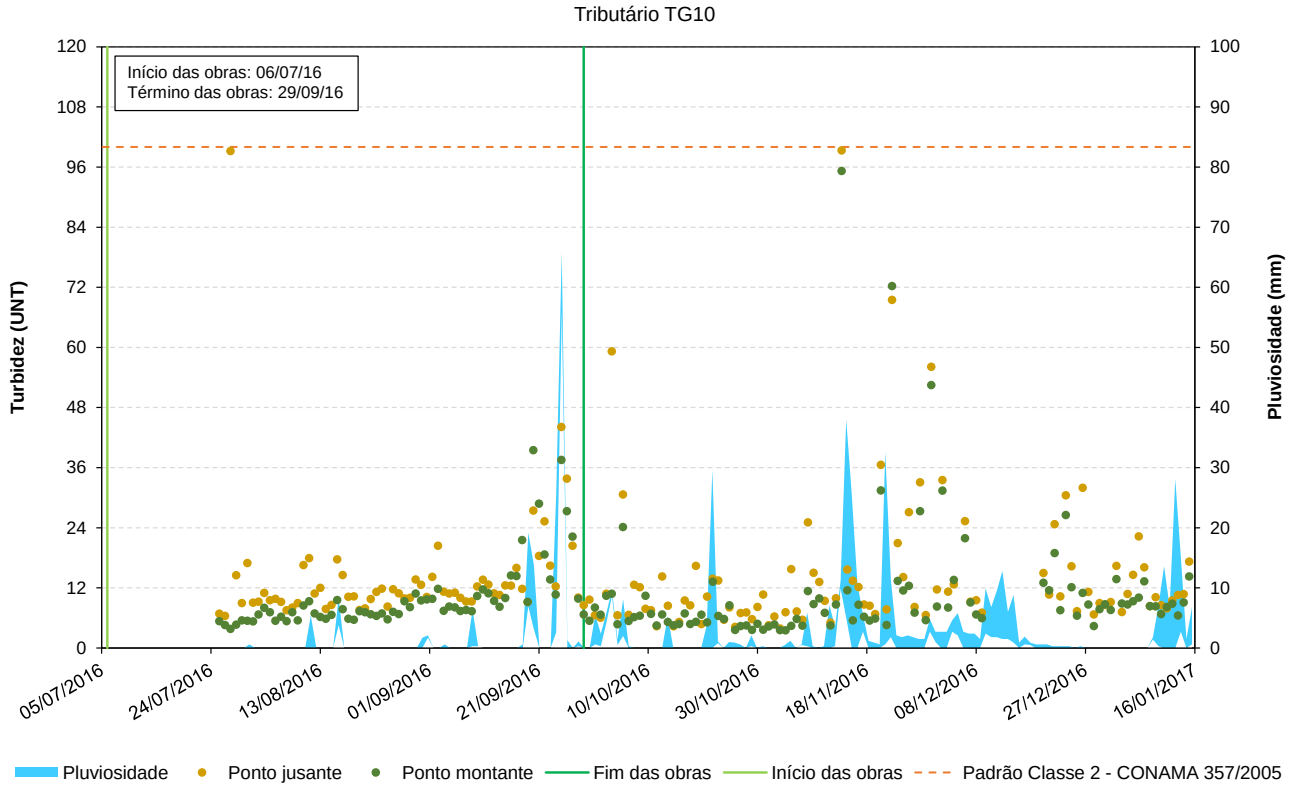



*Figura 7: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG10.*

*Figura 8: Fotos do tributário TG10: (a) e (b) imagens antes do início das obras; (c) e (d) imagens após o término das obras.*

## 1.5 Tributário TG11

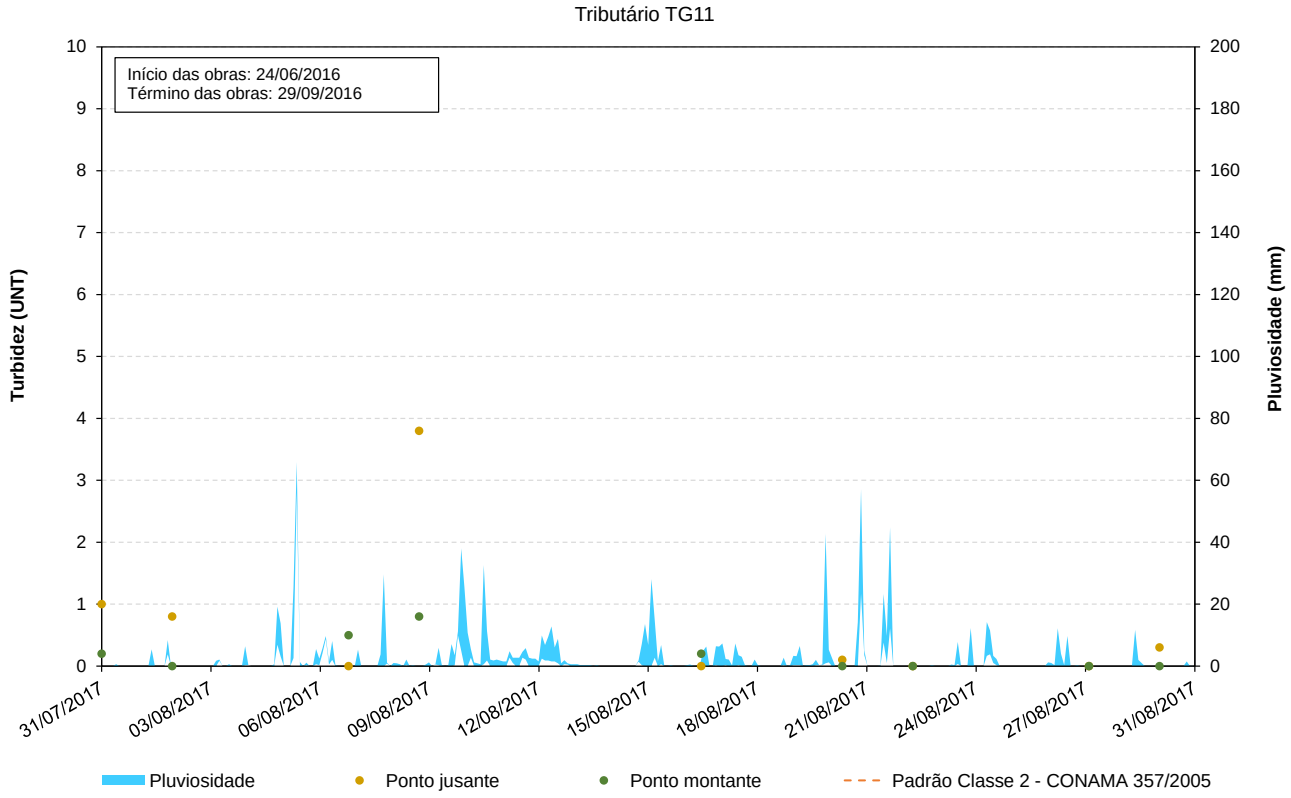



*Figura 9: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG11.*

*Figura 10: Fotos do tributário TG11: (a) e (b) imagens antes do início das obras; (c) e (d) imagens após o término das obras.*

## 1.6 Tributário TG16

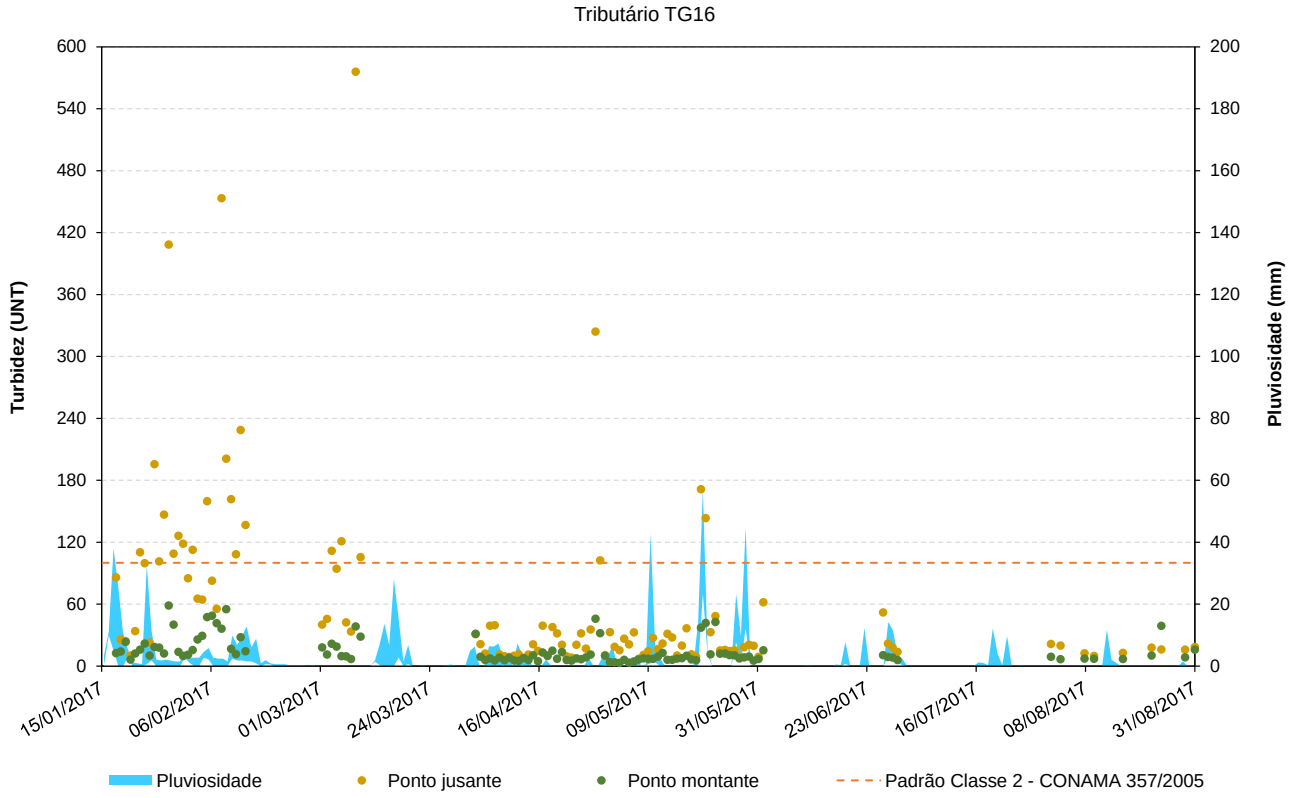



*Figura 11: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG16.*

*Figura 12: Fotos do tributário TG16.*

## 1.7 Tributário TG18

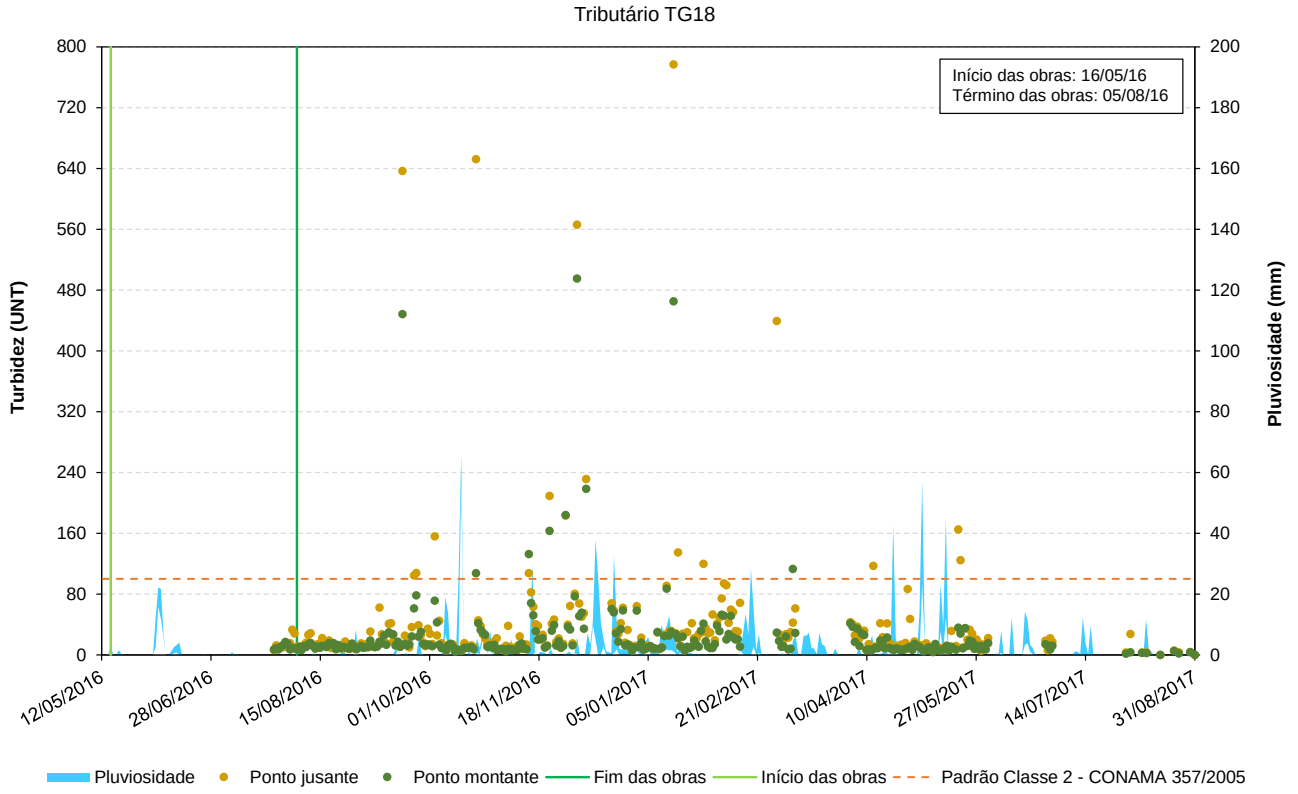



*Figura 13: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG18.*

*Figura 14: Fotos do tributário TG18: (a) e (b) imagens antes do início das obras; (c) e (d) imagens após o término das obras.*

*Figura 15: Fotos do tributário TG18: (e) e (f) imagens antes do início das obras; (g) e (h) imagens após o término das obras.*

## 1.8 Tributário TG20

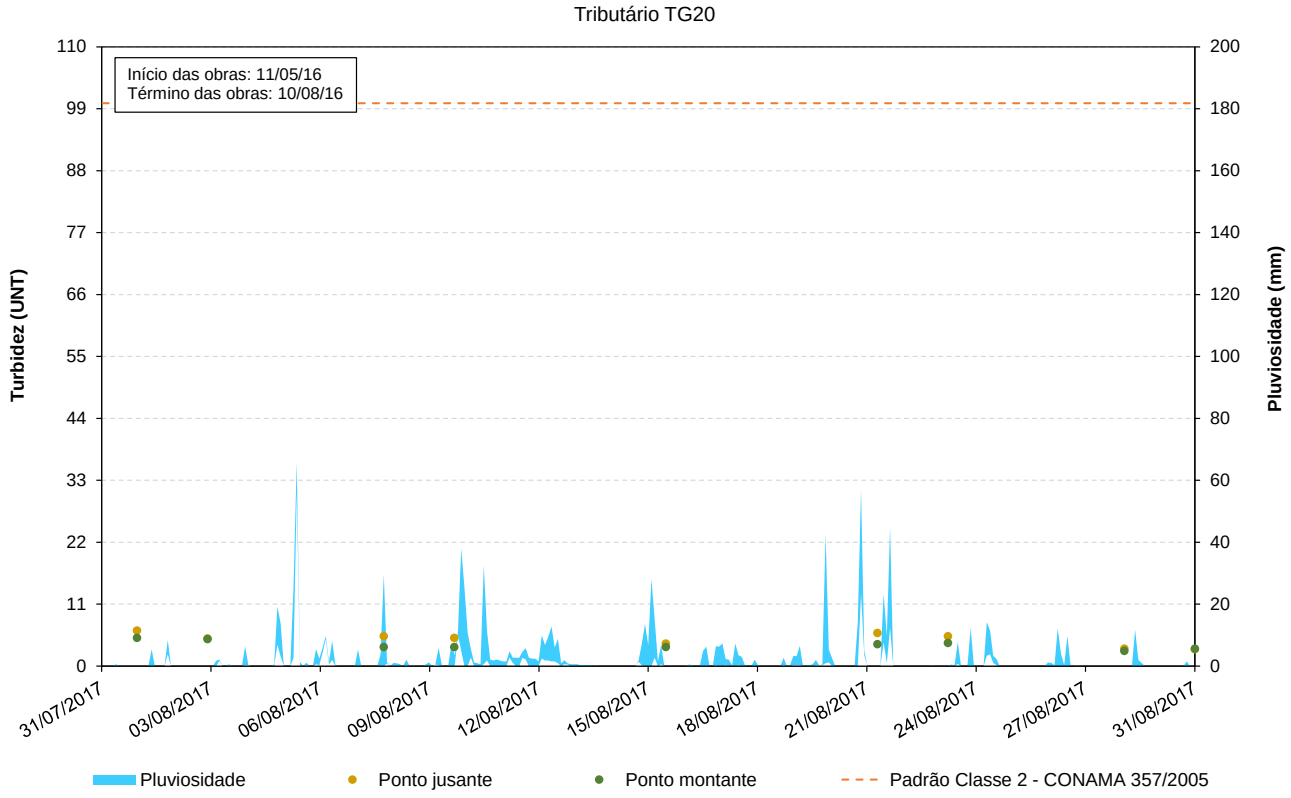



*Figura 16: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG20.*

*Figura 17: Fotos do tributário TG20: (e) e (f) imagens antes do início das obras; (g) e (h) imagens após o término das obras.*

## 1.9 Tributário TG30

*Figura 18: Fotos do tributário TG30: (a) e (b) imagens antes do início das obras; (c) e (d) imagens após o término das obras.*

*Figura 19: Fotos do tributário TG030: (a) imagem antes do início das obras e (b) após o término das obras.*

*Figura 20: Imagem do tributário TG30 de 28 de julho de 2016 (cerca de 3 meses após o término da obra).*

## 1.10 Tributário TG30b

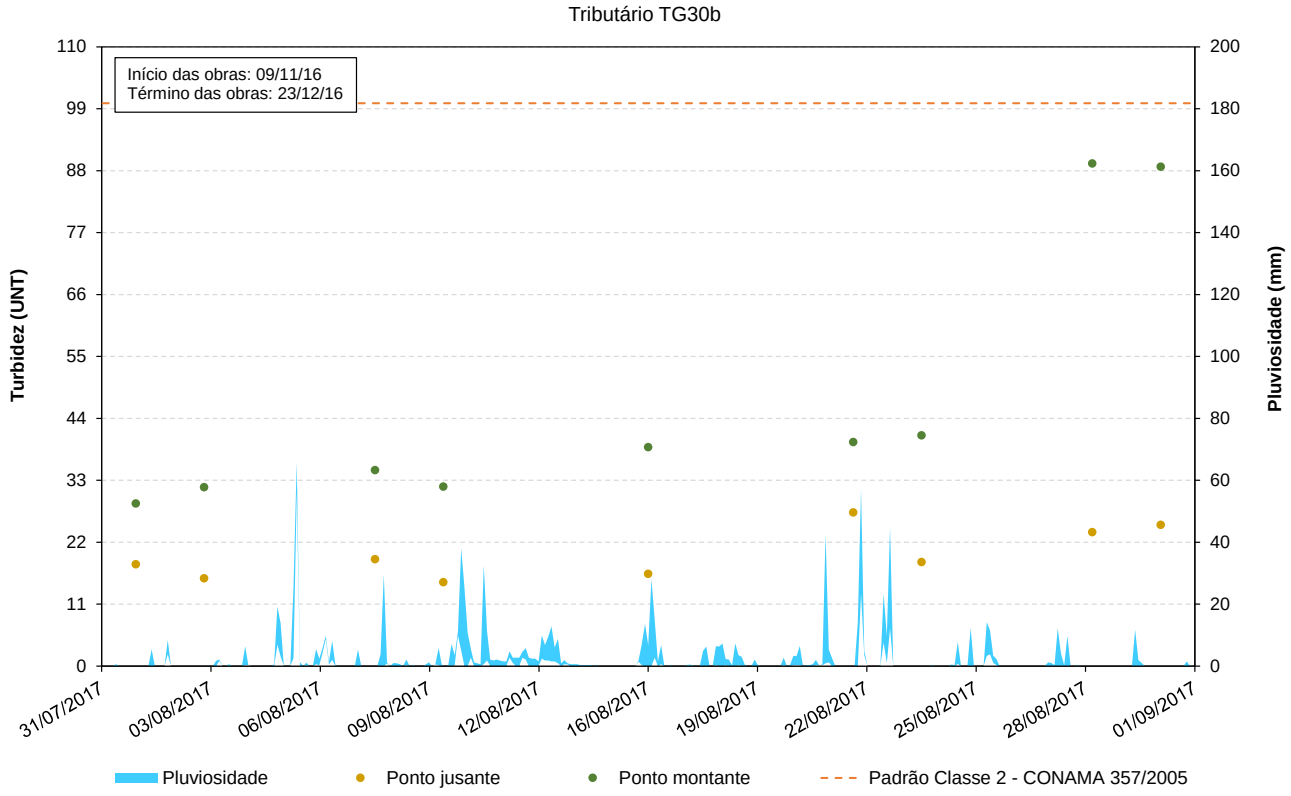



*Figura 21: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG30b.*

*Figura 22: Fotos do tributário TG30b: (a) e (b) imagens antes do início das obras; (c) e (d) imagens após o término das obras.*

## 1.11 Tributário TG34

*Figura 23: Fotos do tributário TG34: (a) e (b) imagens antes do início das obras; (c) e (d) imagens após o término das obras.*

## 1.12 Tributário TG36

*Figura 24: Fotos do tributário TG36: (a) e (b) imagens antes do início das obras; (c) e (d) imagens após o término das obras.*

*Figura 25: Fotos do tributário TG36: (e) e (f) imagens antes do início das obras; (g) e (h) imagens após o término das obras.*

## 1.13 Tributário TG38

*Figura 26: Fotos do tributário TG38: (a) e (b) imagens antes do início das obras; (c) e (d) imagens após o término das obras.*

## 1.14 Tributário TG48

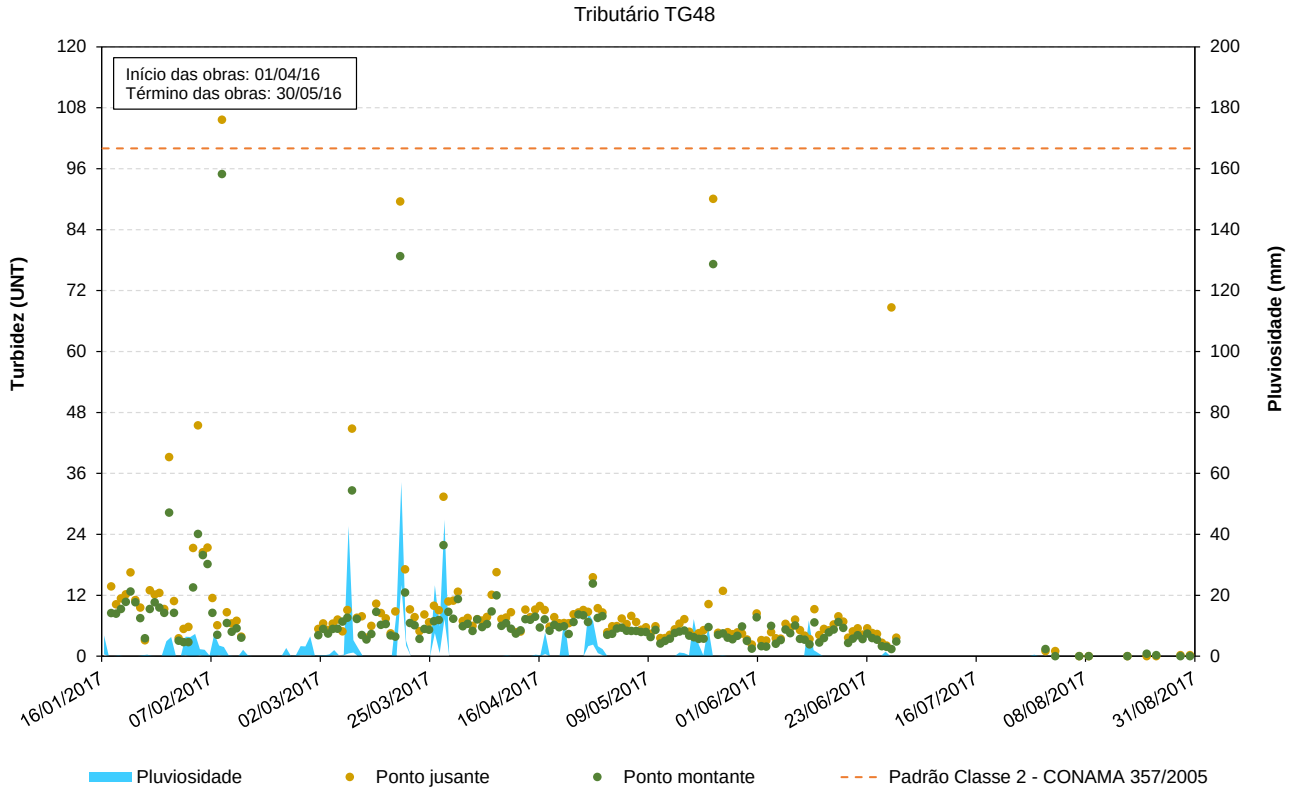



Figura 27: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG48.

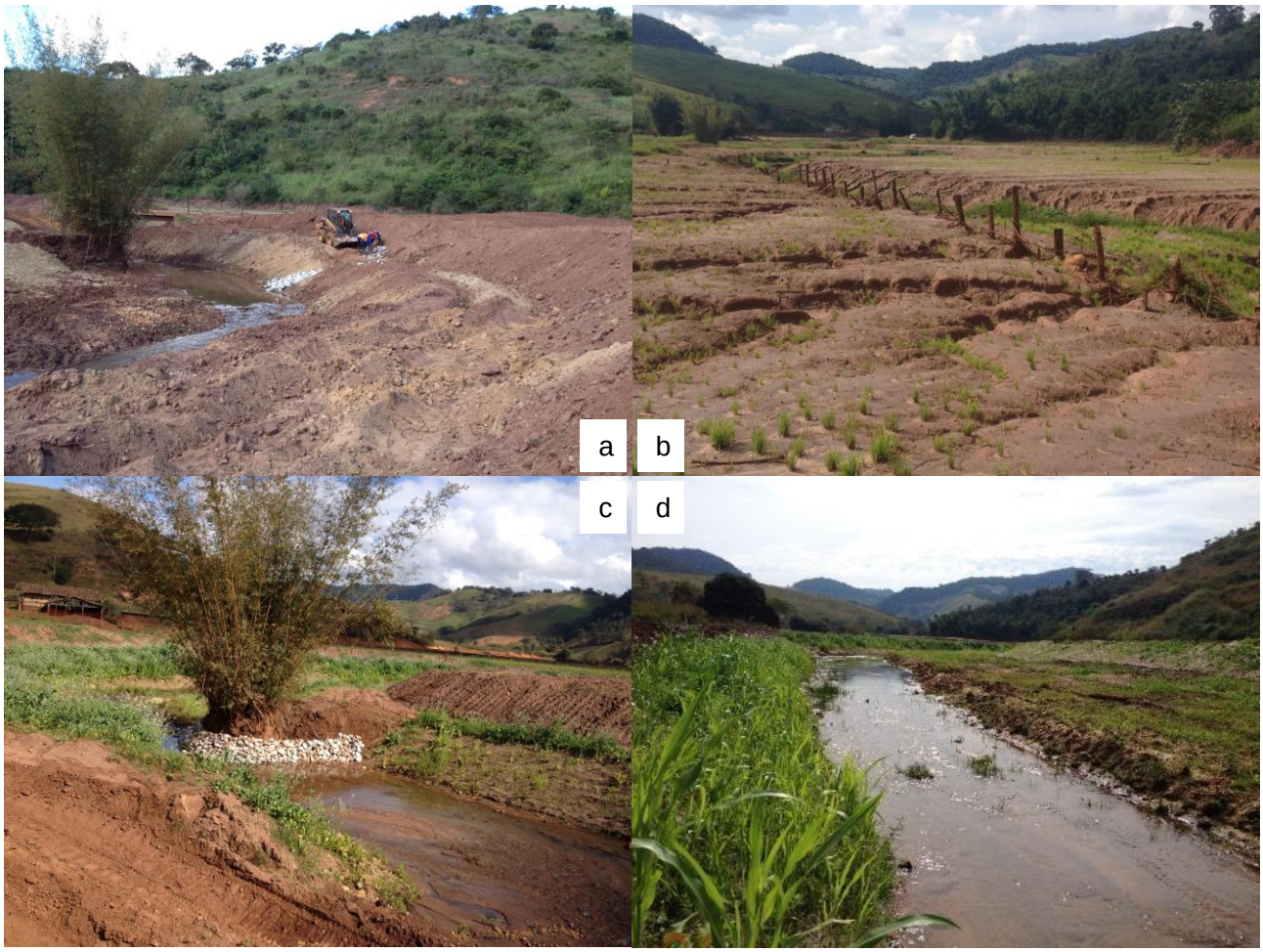



*Figura 28: Fotos do tributário TG48: (a) e (b) imagens antes do início das obras; (c) e (d) imagens após o término das obras.*

## 1.15 Tributário TG49

*Figura 29: Fotos do tributário TG49: (a) e (b) imagens antes do início das obras; (c) e (d) imagens após o término das obras.*

## 1.16 Tributário TG53a

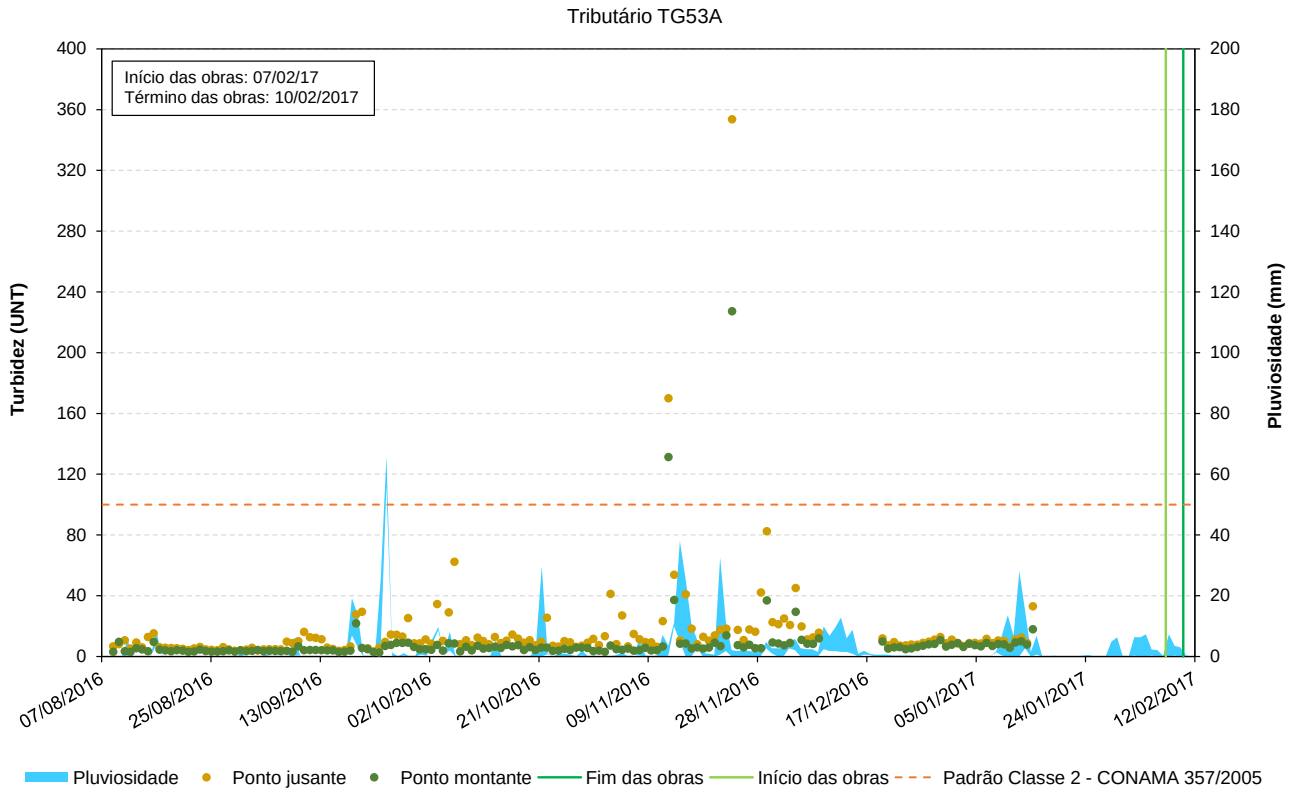



Figura 30: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG53A.

*Figura 31: Fotos do tributário TG53A antes do início das obras (obras ainda não finalizadas).*

## 1.17 Tributário TG55

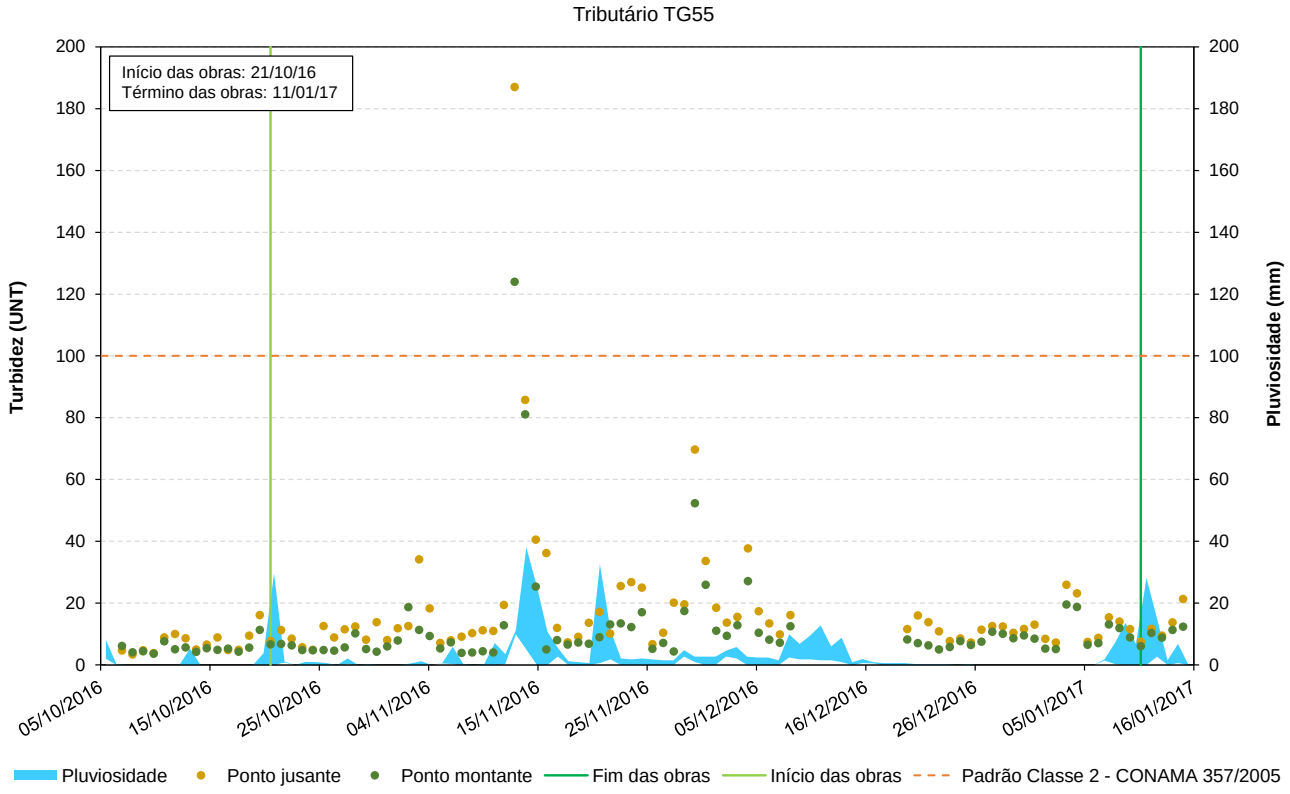



Figura 32: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG55.

*Figura 33: Fotos do tributário TG55: (a) e (b) imagens antes do início das obras; (c) e (d) imagens após o término das obras.*

## 1.18 Tributário TG56

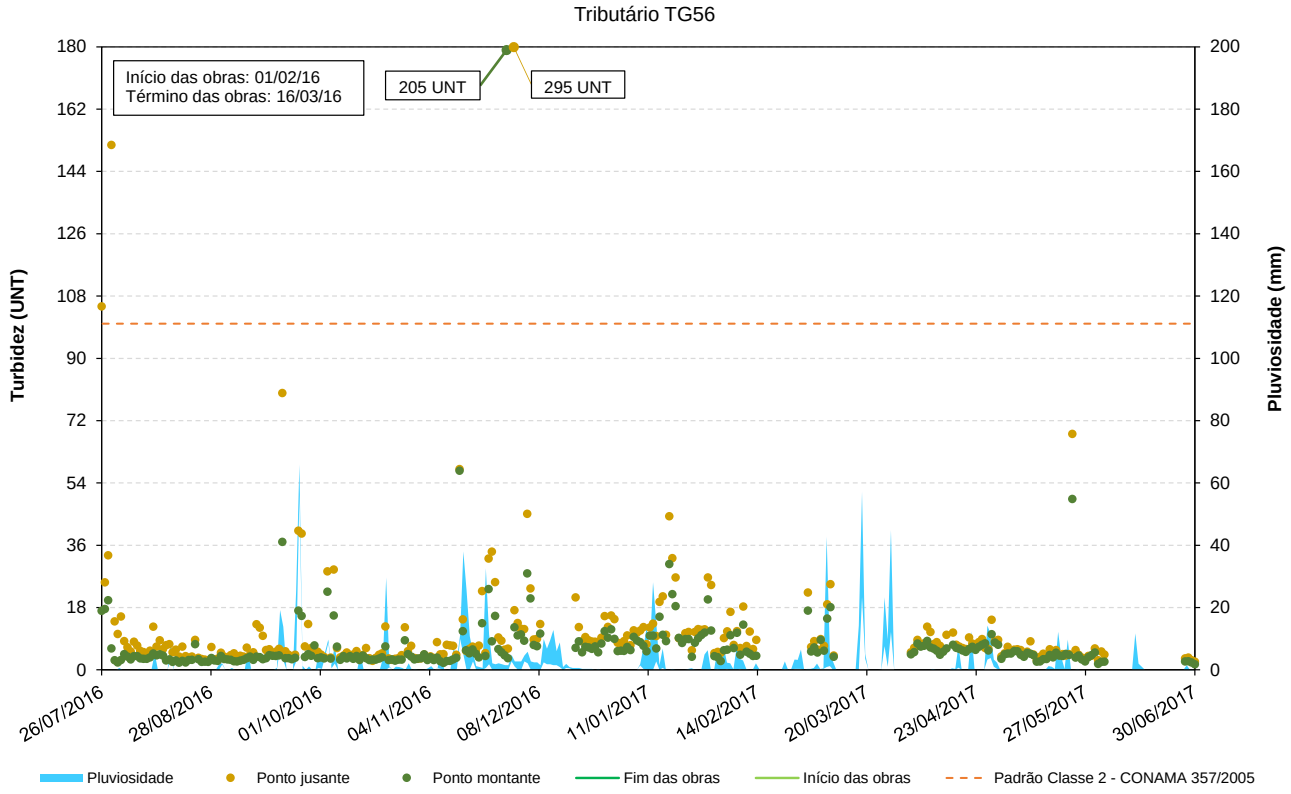



Figura 34: Resultados do monitoramento de turbidez no tributário TG56.

*Figura 35: Fotos do tributário TG56: (a) e (b) imagens antes do início das obras; (c) e (d) imagens após o término das obras.*

*Figura 36: Fotos do tributário TG56: (e) e (f) imagens antes do início das obras; (g) e (h) imagens após o término das obras.*

# 2.0 RIOS PRINCIPAIS

## 2.1 Ponto A3M

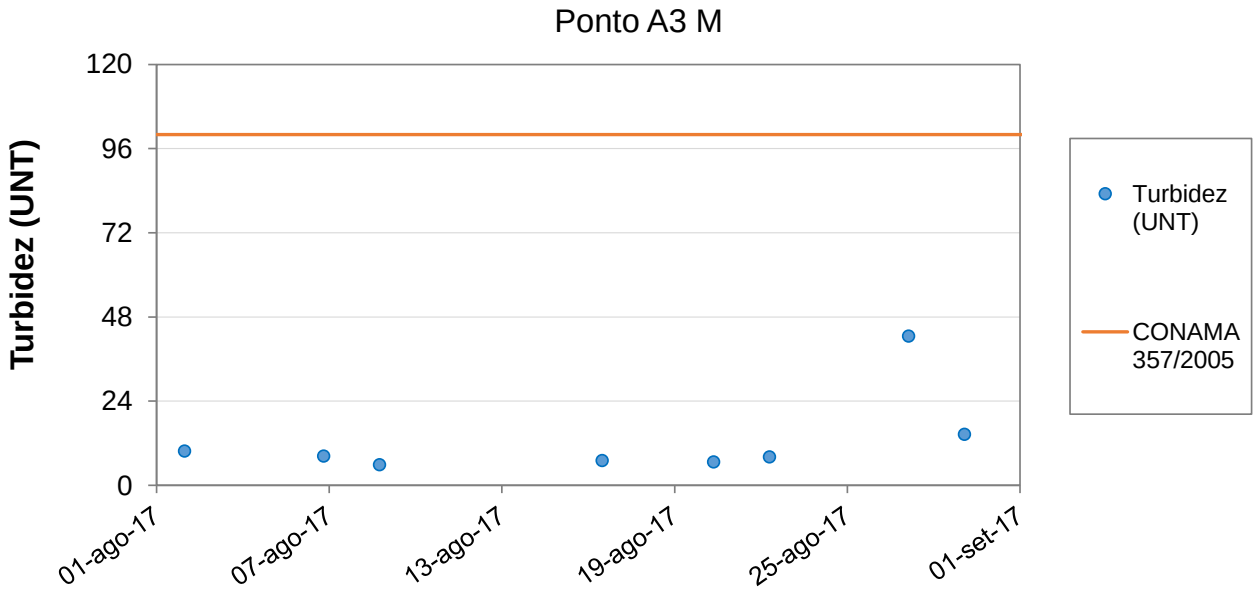



Figura 37: Resultados do monitoramento de turbidez no ponto A3M.

*Figura 38: Fotos do ponto A3M no momento da medição de turbidez em 2 de agosto de 2017 (Turbidez = 9,8 UNT).*

## 2.2 Ponto A3TG02

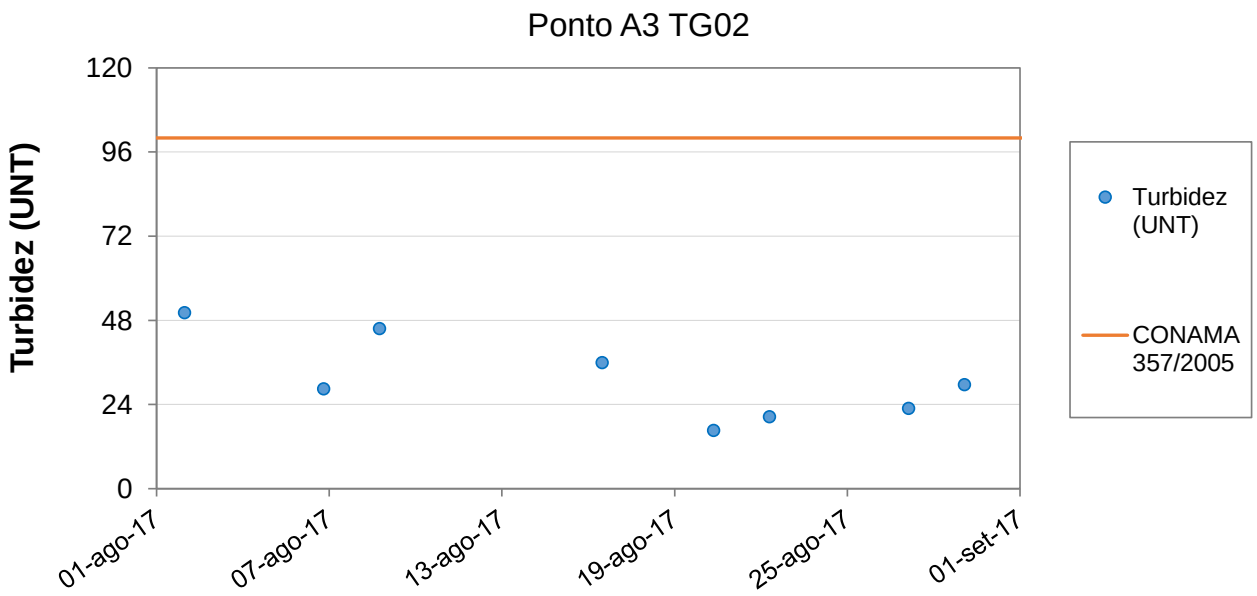



Figura 39: Resultados do monitoramento de turbidez no ponto A3TG02.

*Figura 40: Fotos do ponto* A3TG02 *no momento da medição de turbidez em 29 de agosto de 2017 (Turbidez = 22,9 UNT).*

## 2.3 Ponto A3TG03

*Figura 41: Fotos do ponto* A3TG03 *no momento da medição de turbidez em 29 de agosto de 2017 (Turbidez = 28,8 UNT).*

## 2.4 Ponto A13M

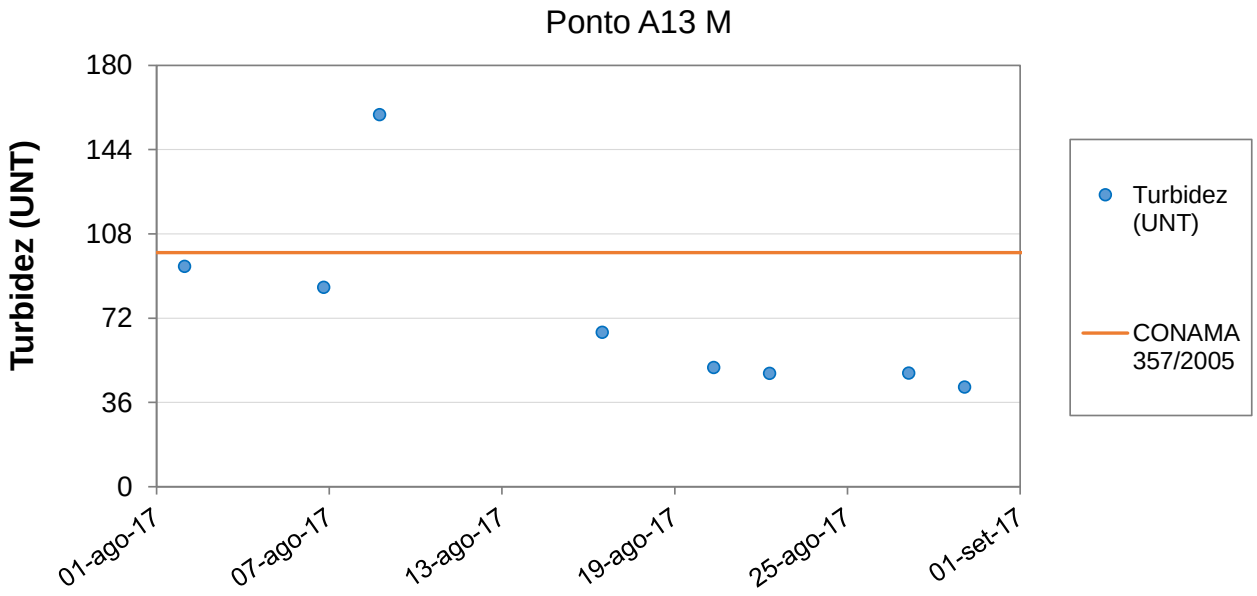



Figura 42: Resultados do monitoramento de turbidez no ponto A13M.

*Figura 43: Fotos do ponto* A13M *no momento da medição de turbidez em 8 de agosto de 2017 (Turbidez = 159 UNT) e em 28 de agosto de 2017 (Turbidez = 48,6 UNT).*

## 2.5 Ponto A11M

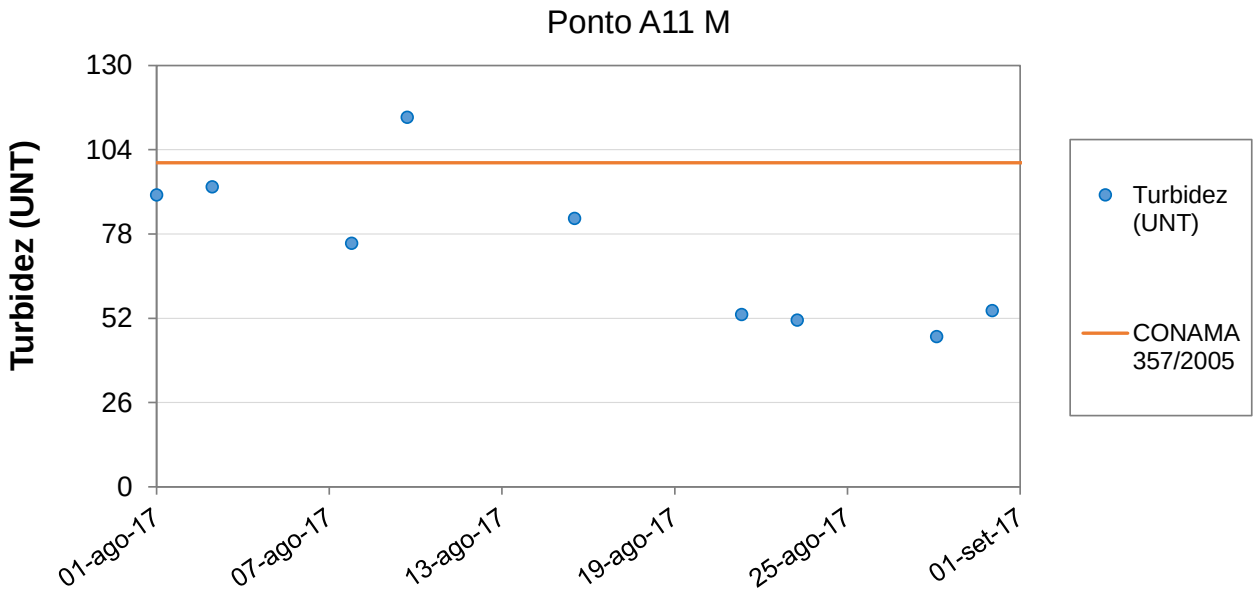



Figura 44: Resultados do monitoramento de turbidez no ponto A11M.

*Figura 45: Fotos do ponto* A11M *no momento da medição de turbidez em 10 de agosto de 2017 (Turbidez = 114 UNT) e em 29 de agosto de 2017 (Turbidez = 46,4 UNT).*

## 2.6 Ponto A10M

*Figura 46: Fotos do ponto* A10M *no momento da medição de turbidez em 8 de agosto de 2017 (Turbidez = 305 UNT) e em 29 de agosto de 2017 (Turbidez = 46,7 UNT).*

## 2.7 Ponto A10J

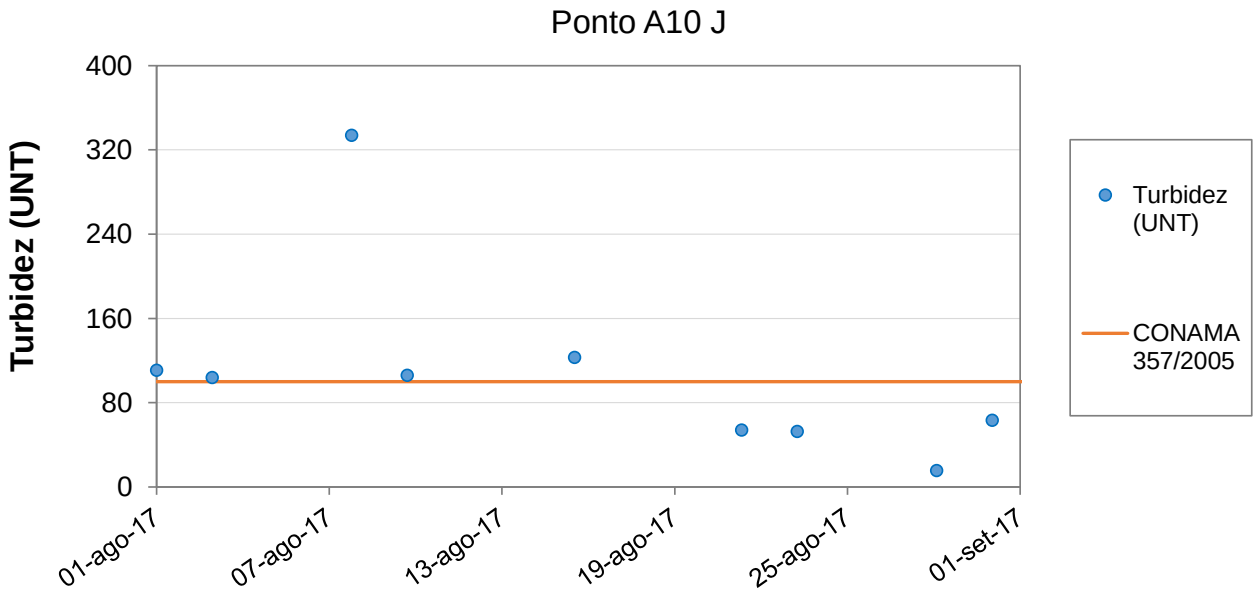



Figura 47: Resultados do monitoramento de turbidez no ponto A10J.

*Figura 48: Fotos do ponto* A10J *no momento da medição de turbidez em 8 de agosto de 2017 (Turbidez = 334 UNT) e em 28 de agosto de 2017 (Turbidez = 15,7 UNT).*

## 2.8 Ponto Montante Paracatu

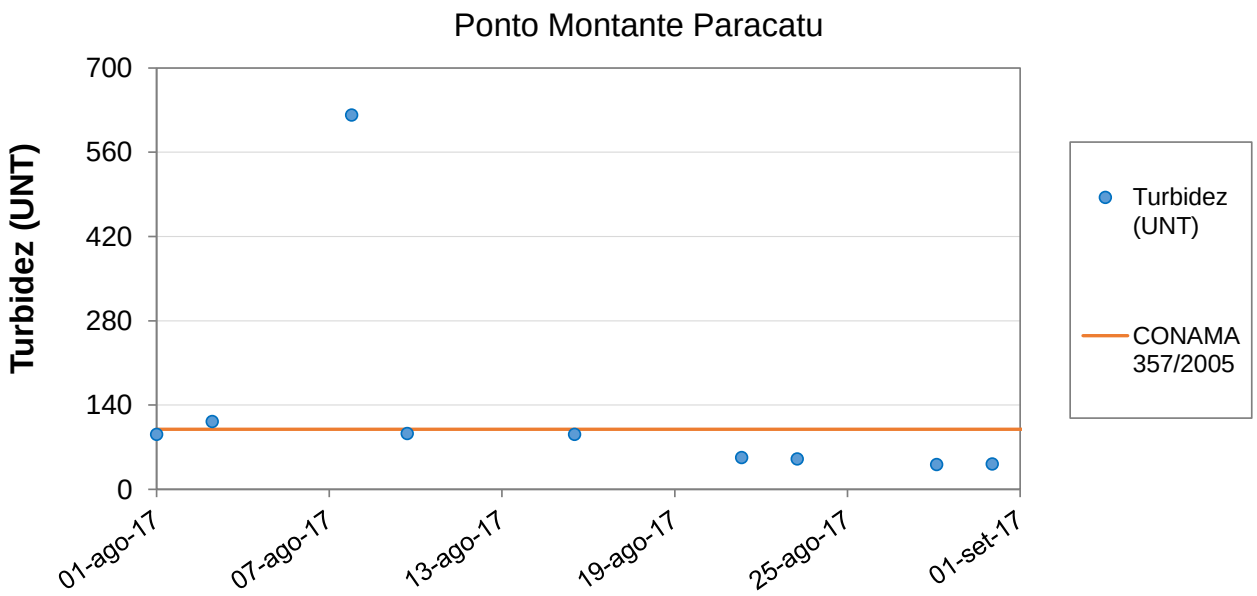



Figura 49: Resultados do monitoramento de turbidez no ponto Montante Paracatu.

*Figura 50: Fotos do ponto* Montante Paracatu *no momento da medição de turbidez em 8 de agosto de 2017 (Turbidez = 662 UNT) e em 22 de agosto de 2017 (Turbidez = 52,9 UNT).*

## 2.9 Ponto Paracatu T1

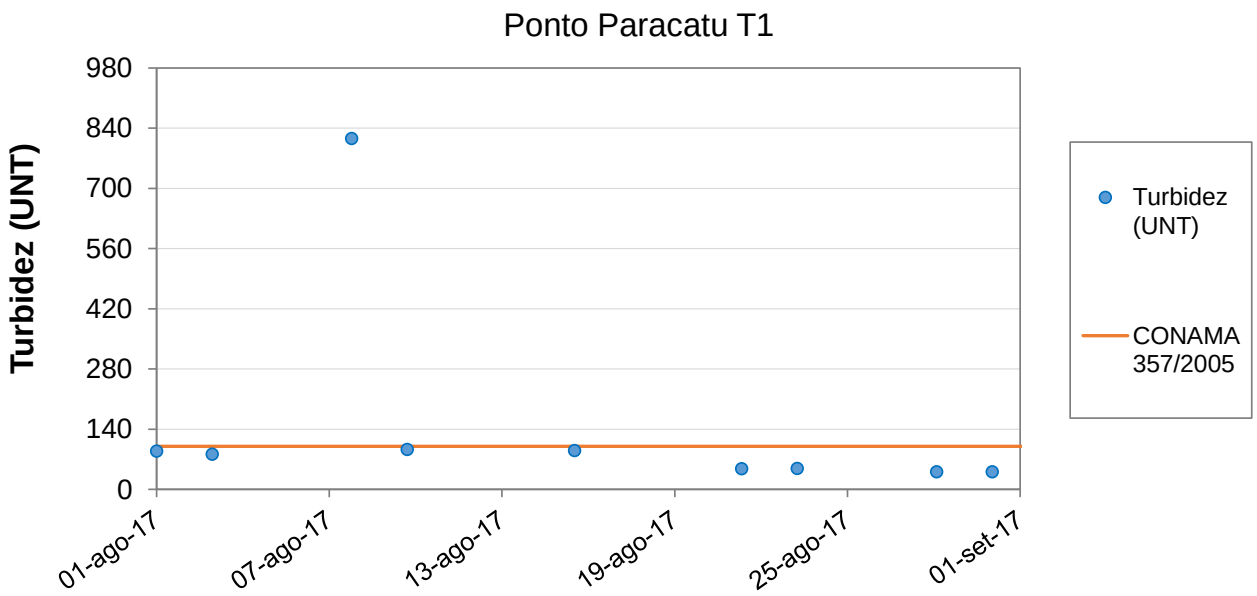



Figura 51: Resultados do monitoramento de turbidez no ponto Paracatu T1.

*Figura 52: Fotos do ponto* Paracatu *T1 no momento da medição de turbidez em 8 de agosto de 2017 (Turbidez = 816 UNT) e em 28 de agosto de 2017 (Turbidez = 40,9 UNT).*

## 2.10 Ponto A7M

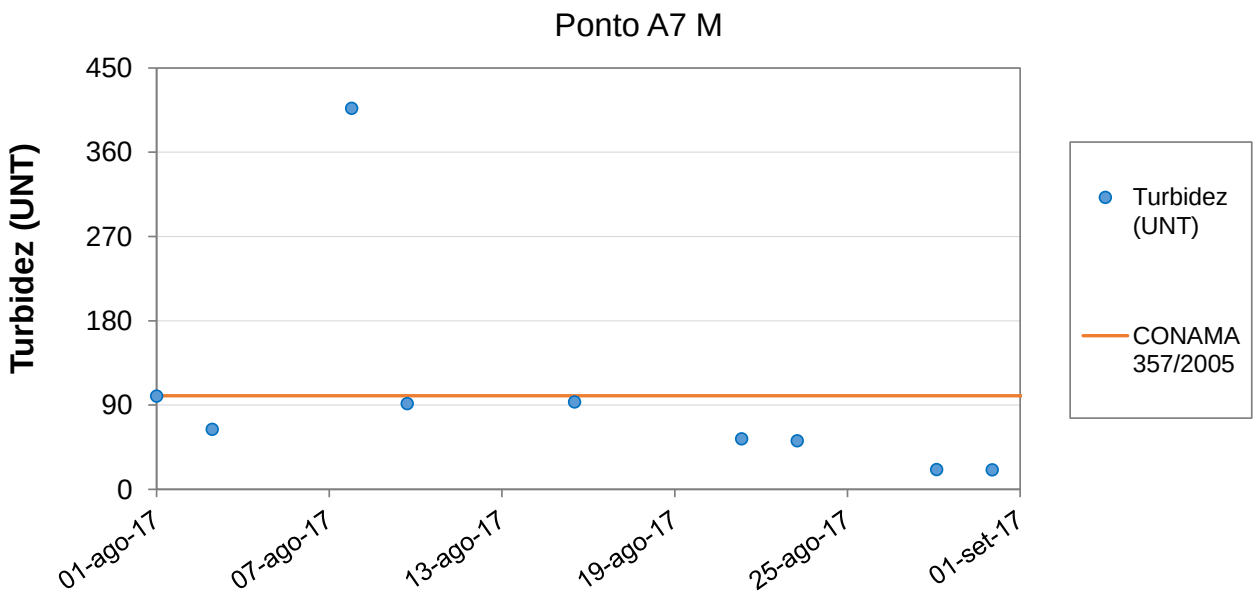



Figura 53: Resultados do monitoramento de turbidez no ponto A7M.

*Figura 54: Fotos do ponto A7M no momento da medição de turbidez em 8 de agosto de 2017 (Turbidez = 407 UNT) e em 22 de agosto de 2017 (Turbidez = 53,9 UNT).*

## 2.11 Ponto Pedras T2

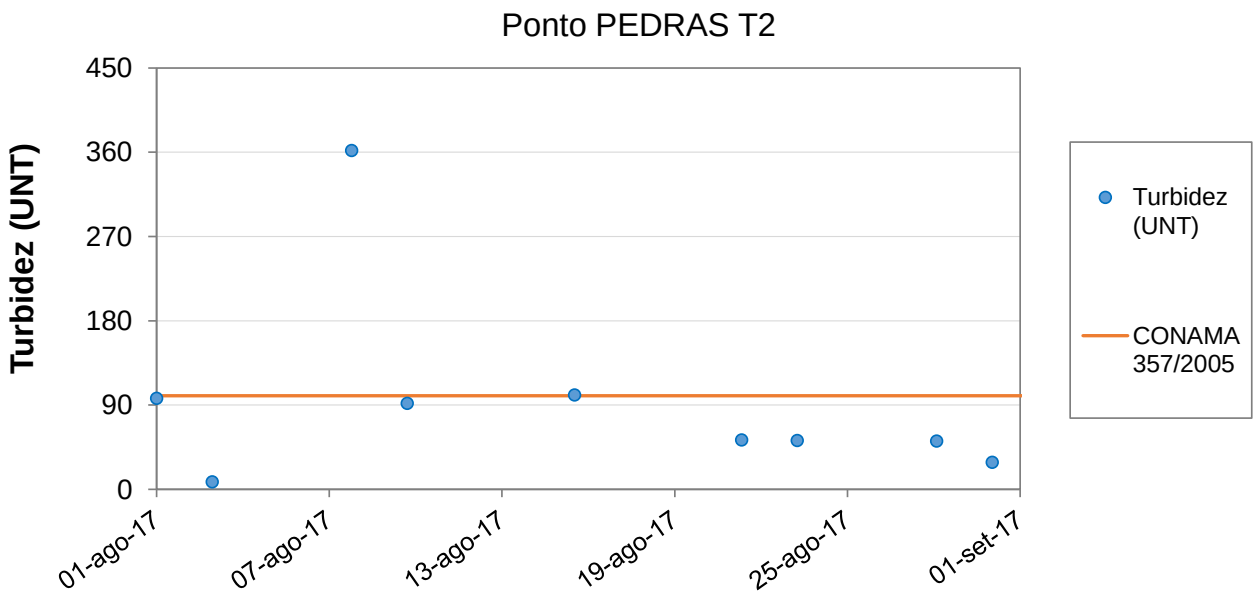



Figura 55: Resultados do monitoramento de turbidez no ponto Pedras T2.

*Figura 56: Fotos do ponto* Pedras T2 *no momento da medição de turbidez em 8 de agosto de 2017 (Turbidez = 362 UNT) e em 29 de agosto de 2017 (Turbidez = 51,7 UNT).*

## 2.12 Ponto Pedras T3

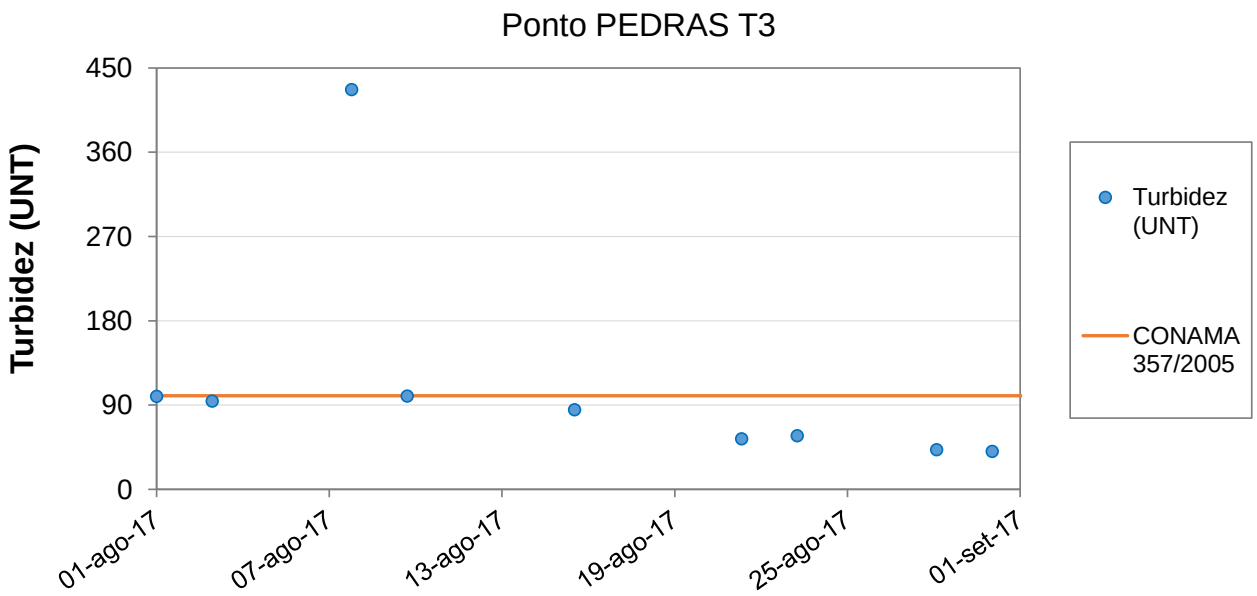



Figura 57: Resultados do monitoramento de turbidez no ponto Pedras T3.

*Figura 58: Fotos do ponto* Pedras T3 *no momento da medição de turbidez em 8 de agosto de 2017 (Turbidez = 662 UNT) e em 22 de agosto de 2017 (Turbidez = 52,9 UNT).*

## 2.13 Ponto Ponte Campinas

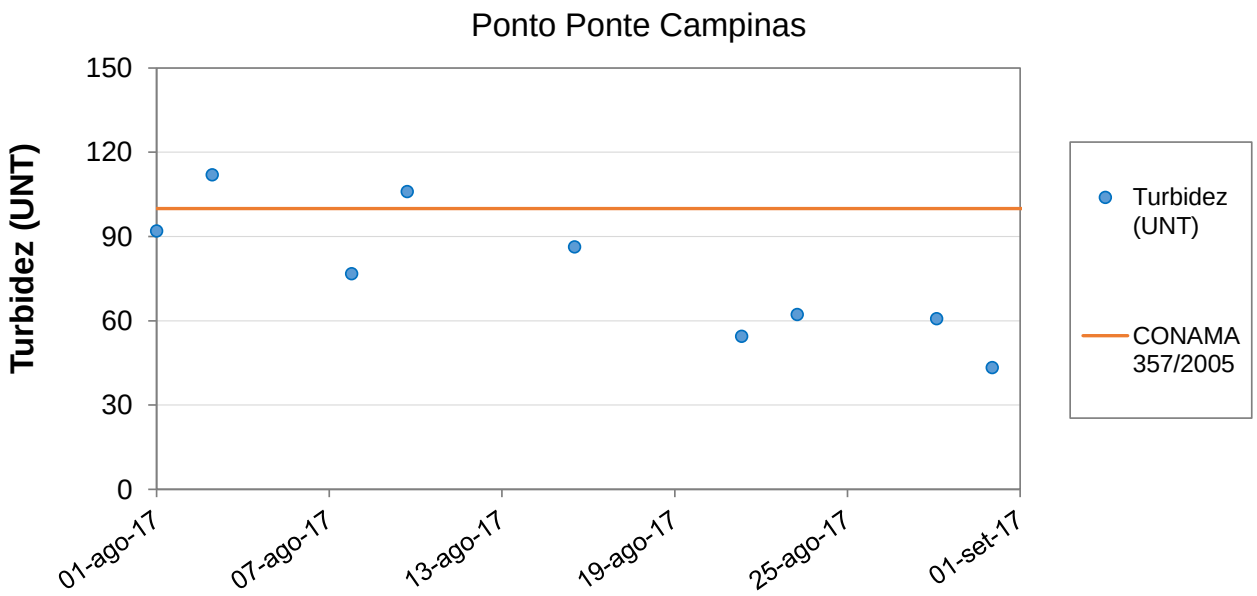



Figura 59: Resultados do monitoramento de turbidez no ponto Ponte Campinas.

*Figura 60: Fotos do ponto* Ponte Campinas *no momento da medição de turbidez em 8 de agosto de 2017 (Turbidez = 76,8 UNT) e em 29 de agosto de 2017 (Turbidez = 60,8 UNT).*

## 2.14 Ponto Barretos T5

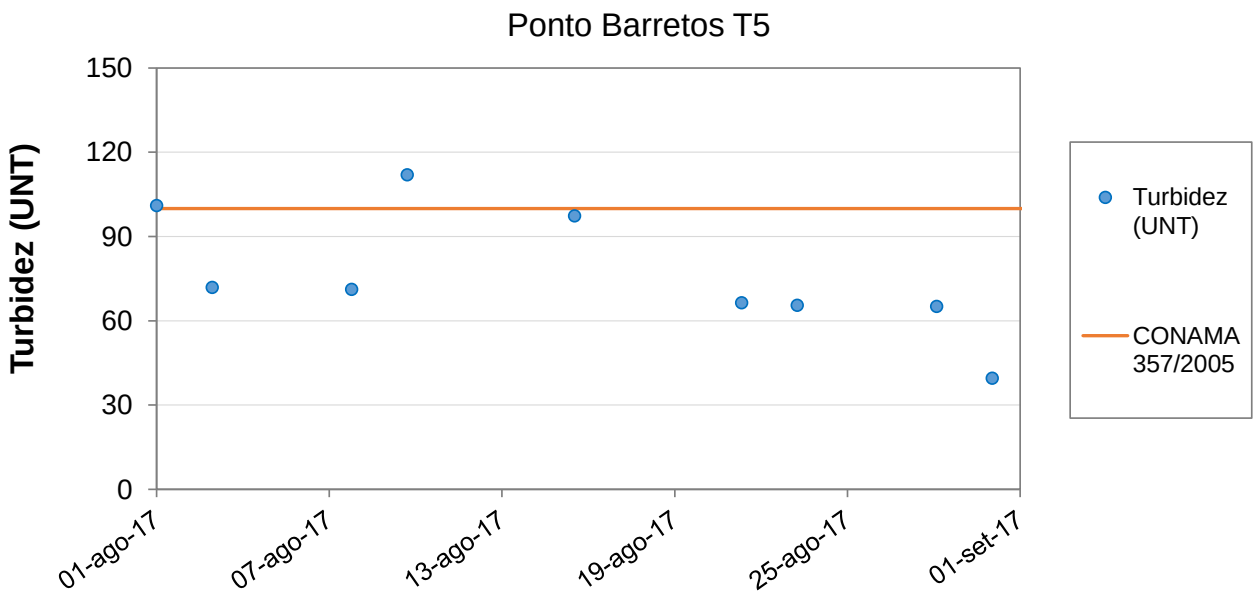



Figura 61: Resultados do monitoramento de turbidez no ponto Barretos T5.

*Figura 62: Fotos do ponto* Barretos T5 *no momento da medição de turbidez em 16 de agosto de 2017 (Turbidez = 97,4 UNT) e em 22 de agosto de 2017 (Turbidez = 66,4 UNT).*

## 2.15 Ponto Gesteira T6a

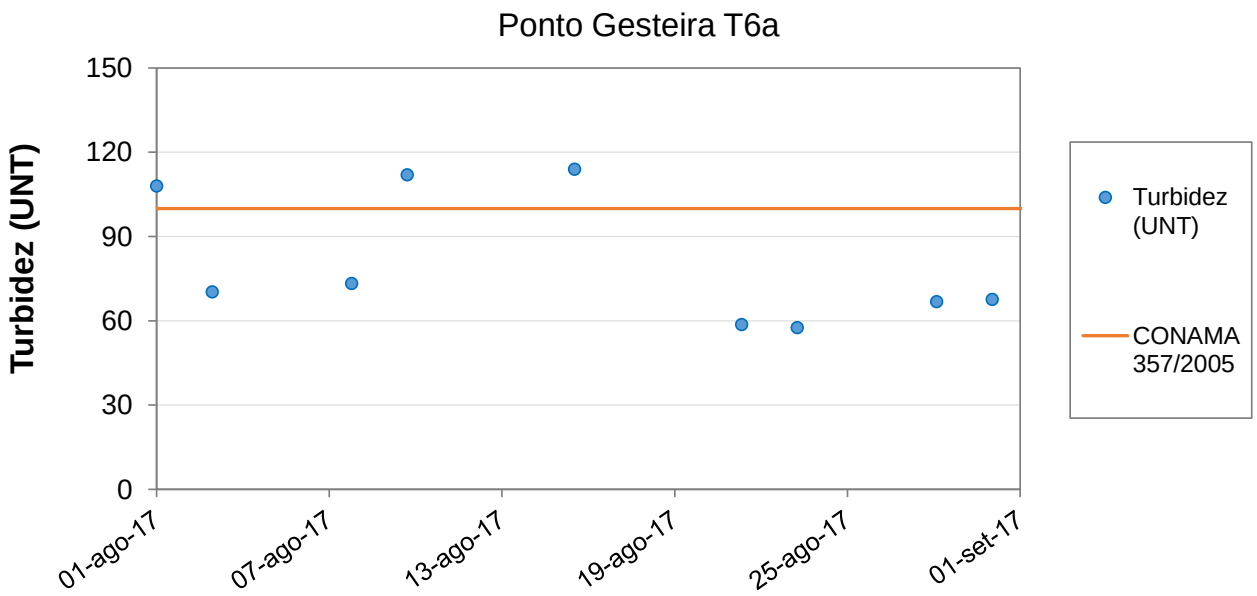



Figura 63: Resultados do monitoramento de turbidez no ponto Gesteira T6a.

*Figura 64: Fotos do ponto* Gesteira T6a *no momento da medição de turbidez em 8 de agosto de 2017 (Turbidez = 73,3 UNT) e em 31 de agosto de 2017 (Turbidez = 67,6 UNT).*

## 2.16 Ponto Gesteira T6b

*Figura 65: Fotos do ponto* Gesteira T6b *no momento da medição de turbidez em 8 de agosto de 2017 (Turbidez = 63,7 UNT) e em 31 de agosto de 2017 (Turbidez = 59,3 UNT).*

## 2.17 Ponto Barra Longa

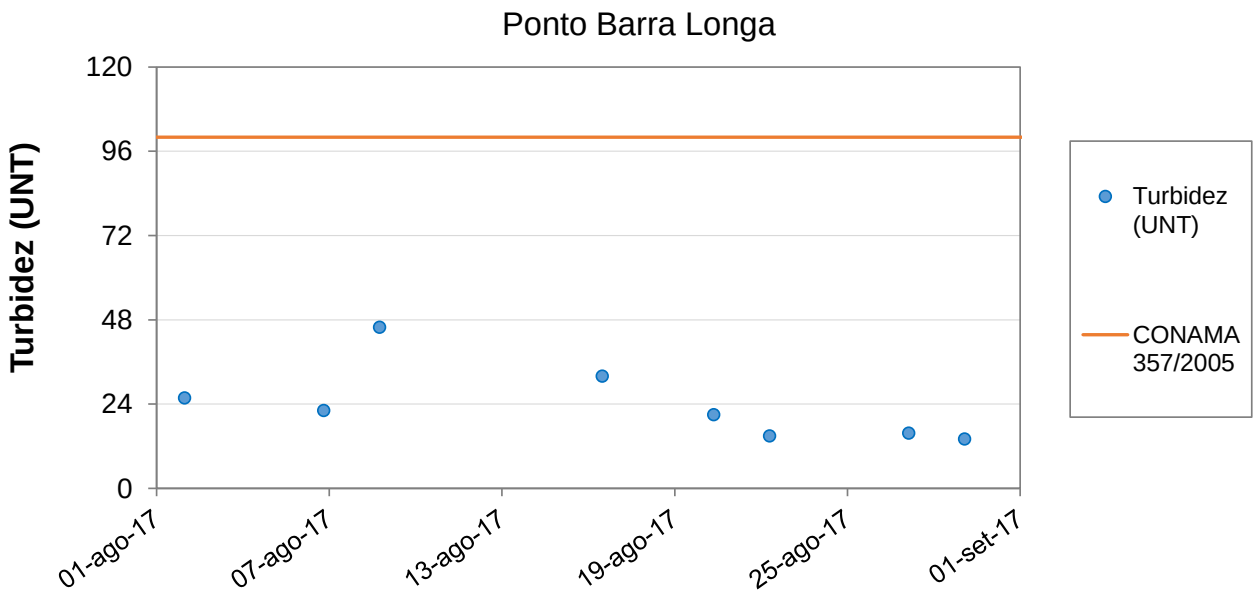



Figura 66: Resultados do monitoramento de turbidez no ponto Barra Longa.

*Figura 67: Fotos do ponto* Barra Longa *no momento da medição de turbidez em 8 de agosto de 2017 (Turbidez = 662 UNT) e em 22 de agosto de 2017 (Turbidez = 52,9 UNT).*

q:\3-projetos\2015\2-meio ambiente\159 515 2282_samarco\3-relatorio\rt - relatório técnico\rt-049_159-515-2282_02-b\4-anexos\anexo h.docx

Como uma organização global de propriedade de seus colaboradores e mais de 50 anos de experiência, a Golder Associates é conduzida pelo nosso propósito de apoiar o desenvolvimento e preservar a integridade da Terra. Fornecemos soluções que ajudam nossos clientes a alcançarem seus objetivos de desenvolvimento sustentável, oferecendo-lhes uma ampla gama de serviços independentes de consultoria, projeto e gestão da construção em nossas áreas de especialização da engenharia da terra, do meio ambiente e da energia.

Para maiores informações, visite golder.com


| | |
|---|---|
| África | + 27 11 254 4800 |
| Ásia | + 86 21 6258 5522 |
| Oceania | + 61 3 8862 3500 |
| Europa | + 44 1628 851851 |
| América do Norte | + 1 800 275 3281 |
| América do Sul | + 56 2 2616 2000 |

solutions@golder.com
www.golder.com

**Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.**
**Rua Pernambuco, 1000 - 10º andar**
**Bairro Funcionários**
**Belo Horizonte - MG**
**CEP: 30.130-151**
**Brasil**
**T: +55 (31) 2121 9800**


Golder Associates