

An aerial photograph of a wide river with a winding path. The water is a deep green, and the surrounding land is a mix of brown and green, indicating a natural, somewhat rugged landscape. A large barge is visible in the lower right quadrant of the image, moving along the river. The barge is long and narrow, with a small cabin at the front. The overall scene is captured from a high angle, providing a clear view of the river's course and the surrounding terrain.

EIA

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

Obras de Dragagem e Derrocamento
da Via Navegável do Rio Tocantins

DNIT
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

Consórcio | **DTA**
O' MARTIN

Outubro/2018

VOLUME II

Estudo de Impacto Ambiental

Obras de Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins

Volume II

São Paulo
Outubro, 2018

APRESENTAÇÃO

O EIA está estruturado em 14 (quatorze) volumes:

Volume I

- Capítulo 1 - Apresentação, identificação do empreendedor e da empresa responsável pelos estudos: apresenta os dados do empreendedor e da empresa responsável pela elaboração do EIA/RIMA.
- Capítulo 2 – Caracterização do empreendimento, histórico do empreendimento, objetivos e justificativas, inserção regional (legislação Interveniante, planos e programas colocalizados, zoneamento ecológico e econômico e usos múltiplos dos recursos hídricos)
- Capítulo 3 – Alternativas locacionais e tecnológicas
- Capítulo 4 – Definição das Áreas de Influência do Empreendimento, onde são apresentadas as definições dos limites geográficos da AII, AID e ADA adotadas no estudo.

Volume II

- Capítulo 5.1 – Diagnóstico Ambiental do Meio Físico, onde são apresentados dos diagnósticos de clima, meteorologia, ruído, vibração, geologia, geomorfologia e recursos hídricos.

Volume III

- Capítulo 5.2 – Diagnóstico Ambiental do Meio Biótico, onde são apresentados os diagnósticos de flora, fauna, bioindicadores, unidades de conservação e áreas legalmente protegidas.

Volume IV

- Capítulo 5.3 – Diagnóstico Ambiental do Meio Socioeconômico, onde são apresentados os diagnósticos de população, comunidades ribeirinhas, atividades produtivas, organização social, uso e ocupação do solo, lazer e turismo, comunidades tradicionais, patrimônio histórico, cultural e arqueológico, cultural e áreas de risco ou endêmicas para malária.

Volume V

- Capítulo 6 – Identificação e avaliação de impactos ambientais, onde são apresentados os impactos identificados nos meios físico, biótico e socioeconômico para as fases de implantação e operação do empreendimento.
- Capítulo 7 – Análise de Risco Ambiental
- Capítulo 8 – Medidas Mitigadoras, compensatórias e programas de controle e monitoramento, onde são apresentados os programas ambientais para as obras de dragagem e de derrocamento.
- Capítulo 9 – Prognóstico ambiental, onde é apresentada a avaliação da sensibilidade ambiental e os quadros prospectivos considerando os cenários atual, com a implantação somente das obras de dragagem, com a implantação somente das obras de derrocamento e com a implantação das duas atividades juntas, com a implementação das medidas e programas previstos.
- Capítulo 10 – Compensação ambiental, onde é apresentado o plano de compensação ambiental conforme previsão da Instrução Normativa Ibama nº 08/2011.
- Capítulo 11 – Conclusões, onde são apresentadas as conclusões sobre os resultados do EIA.
- Capítulo 12 - Referências Bibliográficas, onde são apresentados a bibliografia e os sites consultados.

- Capítulo 13 – Glossário, onde é apresentada a listagem e os conceitos dos termos técnicos utilizados no estudo.

Volume VI

- Anexos:
 - ART
 - CTF
 - Caracterização do empreendimento parte I

Volume VII

- Anexos:
 - Caracterização do empreendimento parte II

Volume VIII

- Anexos:
 - Caracterização do empreendimento parte III

Volume IX

- Anexos:
 - Caracterização do empreendimento parte IV

Volume X

- Anexos:
 - Capítulo 5.1 – Diagnóstico Meio Físico

Volume XI

- Anexos:
 - Capítulo 5.2 – Diagnóstico Meio Biótico

Volume XII

- Anexos:
 - Capítulo 5.3 – Diagnóstico Meio Socioeconômico

Volume XIII

- Anexos
 - Capítulo 6 – Identificação e avaliação de impactos ambientais
 - Capítulo 7 – Análise de Risco Ambiental
 - Capítulo 9 – Prognóstico ambiental

Volume XIV

- Relatório de Impacto Ambiental RIMA.

SUMÁRIO

5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	460
5.1 Meio Físico.....	460
5.1.1 Climatologia e Meteorologia	460
5.1.2 Ruído e Vibração	483
5.1.3 Geologia	508
5.1.4 Geomorfologia	544
5.1.5 Caracterização dos Sedimentos	625
5.1.6 Recursos Hídricos	702

LISTA DE MAPAS

Mapa 5.1.1-1 – Mapa de Clima – Köppen-Geiger.....	463
Mapa 5.1.1-2 – Mapa de Clima – IBGE 2002.....	465
Mapa 5.1.2-1 - Localização dos Pontos de Medição de Ruído e Vibração	485
Mapa 5.1.3-1 - Mapa de Geologia AID/ADA	526
Mapa 5.1.4-1 – Modelo de elevação digital	545
Mapa 5.1.4-2 – Mapa de declividade	546
Mapa 5.1.4-3 - Mapa Geomorfologia AID/ADA.....	585
Mapa 5.1.5-1: Malha amostral de amostragem de sedimentos.....	631
Mapa 5.1.6-1 – Unidades de Planejamento dos Recursos Hídricos.....	704
Mapa 5.1.6-2 - Localização das estações fluviométricas no rio Tocantins no trecho Marabá-Baião.....	708
Mapa 5.1.6-3 - Distribuição das outorgas de uso da água superficial	724
Mapa 5.1.6-4 - Distribuição das outorgas de uso da água subterrânea	730
Mapa 5.1.6-5 - Malha amostral água superficial	748

LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1.1-1 - Precipitação média mensal para a estação meteorológica de Cametá – PA	468
Figura 5.1.1-2 - Precipitação média mensal para a estação meteorológica de Marabá – PA	468
Figura 5.1.1-3 - Precipitação média mensal para a estação meteorológica de Tucuruí – PA	469
Figura 5.1.1-4 - Variação anual de temperatura (°C) mínima, máxima e média mensal para a Estação Meteorológica de Cametá – PA.....	475
Figura 5.1.1-5 - Variação anual de temperatura (°C) mínima, máxima e média mensal para a Estação Meteorológica de Marabá – PA	476
Figura 5.1.1-6 - Variação anual de temperatura (°C) mínima, máxima e média mensal para a Estação Meteorológica de Tucuruí – PA.....	477
Figura 5.1.1-7 - Climatograma estação Cametá - período (2007 a 2017)	478
Figura 5.1.1-8 - Climatograma estação Marabá - período (2007 a 2017).....	478
Figura 5.1.1-9 - Climatograma estação Tucuruí - período (2007 a 2017)	478
Figura 5.1.1-10 – Velocidade média mensal dos ventos da Estação Meteorológica de Cametá (PA) – período 2007 a 2017.....	481
Figura 5.1.1-11 – Direção dos ventos da Estação Meteorológica de Cametá (PA) – período 2007 a 2017.....	481
Figura 5.1.1-12 – Velocidade média mensal dos ventos para a Estação Meteorológica de Marabá (PA) – período 2007 a 2017	482
Figura 5.1.1-13 – Direção dos ventos da Estação Meteorológica de Marabá (PA) – período 2007 a 2017.....	482
Figura 5.1.1-14 – Velocidade média mensal dos ventos para a Estação Meteorológica de Tucuruí (PA) – período 2007 a 2017	482
Figura 5.1.1-15 – Direção dos ventos da Estação Meteorológica de Tucuruí (PA) – período 2007 a 2017.....	482
Figura 5.1.3-1 - Províncias estruturais do Brasil baseada em Almeida <i>et al</i> (1977 e 1988) e modificadas por Hasui (2012), onde se encontra inserida a Área de Estudo, (localização aproximada)	509
Figura 5.1.3-2 - Províncias estruturais e setores que ocorrem na região em que está inserida a área de estudo (localização aproximada). Província Transamazonas: Domínio Bacajá (DBJ); Província Tocantins: Cinturão Araguaia (CAR); Província Parnaíba: Bacia Marajó-Grajaú (BGR), Bacia do Marajó (BMJ); Província Amazonas: Bacia do Amazonas (BAM).....	510
Figura 5.1.3-3 - Elementos tectônicos que caracterizam a porção norte da região a ser interceptada pelo empreendimento. Compilado de Vasquez, Sousa e Carvalho (2008)	515
Figura 5.1.3-4 – Unidades litoestratigráficas que ocorrem na área de estudo	519
Figura 5.1.4-1 - Unidades de Relevo que ocorrem na região em que está inserida a Área de Estudo: Planícies Fluviais (294); Leque Aluvial do Tocantins (350); Planalto Tapajós-Xingu	

(290), Tabuleiros Paraenses (359), Depressão do Médio Xingu (339) e Depressão do Médio e Baixo Araguaia (333).....	550
Figura 5.1.4-2 - Arcabouço tectônico da região em que esta inserida a área de estudo. (1) Limite do Cráton e Arco de Gurupá; Associação gnáissico-granulítica (APgl); BMA – Bacia do Marajó; BGR – Bacia do Grajaú; BAM – Bacia do Amazonas; FAR – Faixa Araguaia; DBA – Domínio Bacajá, DCZ – Domínio Cajazeiras.....	556
Figura 5.1.4-3 - Sistemas transcorrentes dextrais EW, aos quais se associam: falhas normais de direção NW-SE, NNW-SSW e N-S, falhas inversas, dobramentos e falhas transcorrentes de direção NE-SW.....	558
Figura 5.1.4-4 - Deposição fluvial anômala que ocorre em frente a Itupiranga, mostrando a assimetria de drenagem, evidenciada pela diferença de largura das planícies na margem direita e esquerda.....	600
Figura 5.1.4-5 - Estruturação neotectônica da região de Marabá (PA), com indicação dos principais traços de falhas que condicionam a morfologia e a distribuição dos depósitos fluviais do Rio Tocantins. Falhas transcorrentes (1), Falhas normais (2) e Falhas inversas (3). Lado alto da falha normal, bloco elevado (A); Lado baixo ou abatido (B).....	601
Figura 5.1.4-6 – Condicionamento estrutural do Rio Tocantins, visível antes da formação do reservatório de Tucuruí. Esse trecho do rio é caracterizado por inúmeros canais de direção N-S, E – W e WNW-ESE, que refletem as descontinuidades do embasamento litológico, as quais controlam as fortes inflexões dos canais fluviais e a presença de extensos pedrais, dentre os quais está o Pedral do Lourenço.....	606
Figura 5.1.4-7 - Falhas normais NNW-SSE e NW-SE que condicionam a sedimentação neogênica fluvial e litorânea, o Leque Aluvial do Rio Tocantins e a assimetria do Rio Tocantins, a jusante da Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco).....	614
Figura 5.1.5-1 - Ilustração esquemática da amostragem de sedimento superficial com equipamento do tipo draga coletora (<i>Van Veen</i>).....	632
Figura 5.1.5-2 - Materiais utilizados na coleta de sedimentos: Amostrador <i>Van Veen</i> (A); Bandejas e colheres de aço inoxidável (B); Frascos utilizados (C); obtenção dos dados em campo com multiparâmetro (D).....	633
Figura 5.1.5-3 - Ilustração esquemática da coluna d'água com as profundidades da coleta de água.....	635
Figura 5.1.5-4 - Equipamentos utilizados nas medições de turbidez: A) Garrafa Van Dorn e B) Sensor Multiparâmetro HORIBA U52-G.....	635
Figura 5.1.5-5 - Diagrama de classificação dos sedimentos de Shepard (1954).....	639
Figura 5.1.5-6 - Resultados da granulometria da 1ª Campanha, a montante da UHE Tucuruí. À esquerda, diagrama de classificação dos sedimentos de Shepard (1954) e à direita, porcentagem de grão em cada ponto.....	656
Figura 5.1.5-7 - Resultados da granulometria da 1ª Campanha, a jusante da UHE Tucuruí. À esquerda, diagrama de classificação dos sedimentos de Shepard (1954) e à direita, porcentagem de grão em cada ponto.....	656

Figura 5.1.5-8 - Resultados da granulometria da 2ª Campanha, a montante da UHE Tucuruí. À esquerda, diagrama de classificação dos sedimentos de Shepard (1954) e à direita, porcentagem de grão em cada ponto	657
Figura 5.1.5-9 - Resultados da granulometria da 2ª Campanha, a jusante da UHE Tucuruí. À esquerda, diagrama de classificação dos sedimentos de Shepard (1954) e à direita, porcentagem de grão em cada ponto	657
Figura 5.1.5-10 - Porcentagem (%) de sólidos nas amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí.	659
Figura 5.1.5-11 - Porcentagem (%) de sólidos nas amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí.....	659
Figura 5.1.5-12 - Turbidez (NTU) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí.	661
Figura 5.1.5-13 - Turbidez (NTU) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí	661
Figura 5.1.5-14 - Temperatura (°C) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí.	663
Figura 5.1.5-15 - Temperatura (°C) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí	663
Figura 5.1.5-16 - pH das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí.	665
Figura 5.1.5-17 - pH das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí	665
Figura 5.1.5-18 - Eh (mV) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí.	667
Figura 5.1.5-19 - Eh (mV) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí	667
Figura 5.1.5-20 – Carbono orgânico total (%) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí e valor alerta da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha)	669
Figura 5.1.5-21 - Carbono orgânico total (%) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí e valor alerta da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha).....	669
Figura 5.1.5-22 - Concentração de Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí e valor alerta da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha).....	671
Figura 5.1.5-23 - Concentração de Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí e valor alerta da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha).....	671
Figura 5.1.5-24 - Concentração de Fósforo total (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí e valor alerta da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha).....	673

Figura 5.1.5-25 - Concentração de Fósforo total (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí e valor alerta da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha).....	673
Figura 5.1.5-26 - Concentração de Arsênio (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente	675
Figura 5.1.5-27 - Concentração de Arsênio (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente	675
Figura 5.1.5-28 - Concentração de Chumbo (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente	677
Figura 5.1.5-29 - Concentração de Chumbo (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente	677
Figura 5.1.5-30 - Concentração de Cobre (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente	679
Figura 5.1.5-31 - Concentração de Cobre (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente	679
Figura 5.1.5-32 - Concentração de Cromo (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente	681
Figura 5.1.5-33 - Concentração de Cromo (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente	681
Figura 5.1.5-34 - Concentração de Mercúrio (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente	683
Figura 5.1.5-35 - Concentração de Mercúrio (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente	683
Figura 5.1.5-36 - Concentração de Níquel (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente	685
Figura 5.1.5-37 - Concentração de Níquel (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente	685

Figura 5.1.5-38 - Concentração de Zinco (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente	687
Figura 5.1.5-39 - Concentração de Zinco (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente	687
Figura 5.1.5-40 - Somatória dos HAPs (µg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí e nível 1 da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha) ..	689
Figura 5.1.5-41 - Somatória dos HAPs (µg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí e nível 1 da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha)	689
Figura 5.1.5-42 - Percentual de sobrevivência e crescimento em milímetros (mm) obtido nas amostras e no controle	691
Figura 5.1.6-1 - Dados de vazão (m³/s) média mensal entre as três estações analisadas ...	713
Figura 5.1.6-2 - Médias mensais de vazão (m³/s) em intervalos de 10 anos na estação Itupiranga	714
Figura 5.1.6-3 - Médias mensais de vazão (m³/s) em intervalos de 10 anos na estação Marabá	714
Figura 5.1.6-4 - Médias mensais de vazão (m³/s) em intervalos de 10 anos na estação Tucuruí	715
Figura 5.1.6-5 - Vazão média (m³/s), máxima e mínima de cada mês na Estação de Itupiranga (1977-2016).....	715
Figura 5.1.6-6 - Vazão média (m³/s), máxima e mínima de cada mês na Estação de Marabá (1978-2016).....	716
Figura 5.1.6-7 - Vazão média (m³/s), máxima e mínima de cada mês na Estação de Tucuruí (1978-2015).....	717
Figura 5.1.6-8 - Nível médio (cm) nas estações de Tucuruí, Itupiranga e Marabá entre os anos de 1972-2016	718
Figura 5.1.6-9 - Nível médio (cm), máximo e mínimo na estação de Tucuruí entre os anos de 1969-2016	718
Figura 5.1.6-10 - Nível médio (cm), máximo e mínimo na estação de Itupiranga entre os anos de 1969-2016	719
Figura 5.1.6-11 - Nível médio (cm), máximo e mínimo na estação de Marabá entre os anos de 1972-2016	719
Figura 5.1.6-12 - Percentual de uso das outorgas da área de estudo – SEMA/PA.....	727
Figura 5.1.6-13 - Percentual de uso das outorgas da área de estudo – ANA	728
Figura 5.1.6-14 - Percentual de uso das outorgas da área de estudo – SEMA/PA.....	733
Figura 5.1.6-15 - Percentual de uso das outorgas da área de estudo – SIAGAS	734
Figura 5.1.6-16: Gráfico da vazão em função do tempo de retorno da estação de Itupiranga	741
Figura 5.1.6-17: Gráfico da vazão em função do tempo de retorno da estação de Marabá .	742

Figura 5.1.6-18 - Gráfico da vazão em função do tempo de retorno da estação de Tucuruí 742	
Figura 5.1.6-19 - Ilustração esquemática da coluna d'água com as profundidades da coleta de água	750
Figura 5.1.6-20 - Sensor multiparâmetro Horiba modelo U52-G utilizado em campo	750
Figura 5.1.6-21: Coleta e armazenamento de amostras de água	752
Figura 5.1.6-22 - Exemplar de Ceriodaphnia dubia	758
Figura 5.1.6-23 - Temperatura (°C) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório.....	775
Figura 5.1.6-24 - Temperatura (°C) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3.....	775
Figura 5.1.6-25 - pH das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha amarela e vermelha pontilhadas representam os limites Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005	777
Figura 5.1.6-26 - pH das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha amarela e vermelha pontilhadas representam os limites Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005	777
Figura 5.1.6-27 - ORP das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha amarela e vermelha pontilhadas representam os limites Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005.....	779
Figura 5.1.6-28 - ORP das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha amarela e vermelha pontilhadas representam os limites Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005	779
Figura 5.1.6-29 - Turbidez (NTU) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005.....	781
Figura 5.1.6-30 - Turbidez (NTU) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005	781
Figura 5.1.6-31 - Sólidos dissolvidos totais (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005	783
Figura 5.1.6-32 - Sólidos dissolvidos totais (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005	783
Figura 5.1.6-33 - Oxigênio dissolvido (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005	785
Figura 5.1.6-34 - Oxigênio dissolvido (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005.....	785

Figura 5.1.6-35 - Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005 787

Figura 5.1.6-36 - Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005..... 787

Figura 5.1.6-37 - Contagem de cianobactérias (cel/mL) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005 789

Figura 5.1.6-38 - Contagem de cianobactérias (cel/ml) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005..... 789

Figura 5.1.6-39 - Clorofila-a (µg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005..... 791

Figura 5.1.6-40 - Clorofila-a (µg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005 791

Figura 5.1.6-41 - Cor verdadeira (mg Pt/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005..... 793

Figura 5.1.6-42 - Cor verdadeira (mg Pt/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005..... 793

Figura 5.1.6-43 - Cloro residual (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005..... 795

Figura 5.1.6-44 - Cloro residual (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005 795

Figura 5.1.6-45 - Alumínio dissolvido (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005..... 797

Figura 5.1.6-46 - Alumínio dissolvido (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005..... 797

Figura 5.1.6-47 - Antimônio (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005..... 799

Figura 5.1.6-48 - Antimônio (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005	799
Figura 5.1.6-49 - Ferro dissolvido (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005	801
Figura 5.1.6-50 - Ferro dissolvido (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005	801
Figura 5.1.6-51 - Zinco (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005	803
Figura 5.1.6-52 - Zinco (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005	803
Figura 5.1.6-53 - Fosforo total (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005	805
Figura 5.1.6-54 - Fosforo total (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005	805
Figura 5.1.6-55 - Número de sobreviventes e de neonatas produzidas em cada amostra, durante o ensaio	807
Figura 5.1.6-56 - Número de sobreviventes e de neonatas produzidas em cada amostra durante o ensaio	808
Figura 5.1.6-57 - Número de sobreviventes e de neonatas produzidas, em cada amostra, durante o ensaio	808
Figura 5.1.6-58 - Número de sobreviventes e de neonatas produzidas, em cada amostra, durante o ensaio	809

LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1.1-1– Características do clima na região do empreendimento de acordo com a classificação de Köppen-Geiger	462
Quadro 5.1.2-1- Pontos de Medição de Ruído e Vibração	484
Quadro 5.1.2-2 - Limites de Ruído conforme NBR 10.151 – dB(A).....	488
Quadro 5.1.2-3 - Níveis Recomendáveis de Vibrações	489
Quadro 5.1.3-1– Unidades litoestratigráficas que constituem a área de estudo.....	517
Quadro 5.1.3-2 - Tipos de rochas, características geotécnicas e solos associados que ocorrem na Área de Estudo	542
Quadro 5.1.4-1 - Unidades de relevo e os tipos de relevo que as constituem na All da Área de dragagem e derrocamento da via navegável do Rio Tocantins	560
Quadro 5.1.4-2 – Tipos de Relevo que constituem a All do empreendimento.....	562
Quadro 5.1.4-3 - Tipos de Relevo que constituem a All do empreendimento	566
Quadro 5.1.4-4 - Tipos de Relevo que constituem a All do empreendimento	575
Quadro 5.1.4-5 - Tipos de Relevo que constituem a All do empreendimento	581
Quadro 5.1.4-6 - Unidades de relevo e os tipos de relevo que caracterizam a AID e ADA do projeto de dragagem e derrocamento da via navegável do Rio Tocantins	584
Quadro 5.1.6-1 – Outorgas de uso da água superficial cadastradas na área de estudo	721
Quadro 5.1.6-2 - Resultados em desacordo com a Resolução CONAMA N° 357/2005.....	826

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1.1-1– Precipitação média mensal e anual, em milímetros (mm), nas estações de Cametá, Marabá e Tucuruí.....	467
Tabela 5.1.1-2 – Temperatura máxima, média e mínima mensal e anual, em grau Celsius (°C), nas estações meteorológicas de Cametá, Marabá e Tucuruí – PA.....	471
Tabela 5.1.1-3 – Velocidade média dos ventos (m/s) e direção predominante dos ventos mensal e anual nas estações meteorológicas de Cametá, Marabá e Tucuruí – PA.....	480
Tabela 5.1.5-1: Trechos, coordenadas geográficas dos pontos de coleta e data de realização das amostragens de sedimentos nos trechos a montante da UHE Tucuruí.....	629
Tabela 5.1.5-2: Trechos, coordenadas geográficas dos pontos de coleta e data de realização das amostragens de sedimentos nos trechos a jusante da UHE Tucuruí.	629
Tabela 5.1.5-3 - Parâmetros e métodos analíticos aplicados	636
Tabela 5.1.5-4 - Ensaio ecotoxicológico aplicado nas amostras de sedimentos	637
Tabela 5.1.5-5 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos M01 ao M12 – 1ª Campanha	642
Tabela 5.1.5-6 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos M13 ao M23 – 1ª Campanha	643
Tabela 5.1.5-7 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos J01 ao J12 – 1ª Campanha	644
Tabela 5.1.5-8 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos J13 ao J25 – 1ª Campanha	645
Tabela 5.1.5-9 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos J26 ao J33 – 1ª Campanha	646
Tabela 5.1.5-10 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos M01 ao M12 – 2ª Campanha	647
Tabela 5.1.5-11 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos M13 ao M23 – 2ª Campanha	648
Tabela 5.1.5-12 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos J01 ao J12 – 2ª Campanha	649
Tabela 5.1.5-13 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos J13 ao J25 – 2ª Campanha	650
Tabela 5.1.5-14 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos J26 ao J33 – 2ª Campanha	651
Tabela 5.1.5-15 - Resultados das medições de turbidez da coluna d'água nos pontos a montante da UHE Tucuruí	652
Tabela 5.1.5-16 - Resultados das medições de turbidez da coluna d'água nos pontos a montante da UHE Tucuruí	653
Tabela 5.1.5-17 - Resultados do ensaio ecotoxicológico com sedimentos integrais e <i>Hyalalela azteca</i> da primeira campanha	690

Tabela 5.1.6-1 - Estações fluviométricas presentes no rio Tocantins no trecho Marabá-Baião	707
Tabela 5.1.6-2 - Médias dos dados de vazão (m ³ /s) das estações de Itupiranga, Marabá e Tucuruí em intervalos de 10 anos	710
Tabela 5.1.6-3 - Vazão outorgada por finalidade de uso na área de estudo	728
Tabela 5.1.6-4 - Vazão outorgada por finalidade de uso na área de estudo – SEMA/PA.....	734
Tabela 5.1.6-5 - Descargas mínimas anuais da estação de Itupiranga.....	737
Tabela 5.1.6-6 - Descargas mínimas anuais da estação de Marabá.....	738
Tabela 5.1.6-7 - Descargas mínimas anuais da estação de Tucuruí.....	739
Tabela 5.1.6-8 - Parâmetros estatísticos e da distribuição de Weibull da estação de Itupiranga	740
Tabela 5.1.6-9 - Parâmetros estatísticos e da distribuição de Weibull da estação de Marabá	740
Tabela 5.1.6-10 - Parâmetros estatísticos e da distribuição de Weibull da estação de Tucuruí	740
Tabela 5.1.6-11 - Trechos, coordenadas geográficas dos pontos de coleta e data de realização das amostragens nos trechos a montante e a jusante da UHE Tucuruí	745
Tabela 5.1.6-12 - Trechos, coordenadas geográficas dos pontos de coleta e data de realização das amostragens a jusante da UHE Tucuruí	746
Tabela 5.1.6-13 - Número de amostragens realizadas de acordo com a profundidade.....	749
Tabela 5.1.6-14 - Parâmetros e métodos analíticos aplicados	753
Tabela 5.1.6-15 - Resultados da primeira campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos M01 a M07	760
Tabela 5.1.6-16 - Resultados da primeira campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos M08 a M14	761
Tabela 5.1.6-17 - Resultados da primeira campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos M015 a M23	762
Tabela 5.1.6-18 - Resultados da primeira campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos J01 a J06	763
Tabela 5.1.6-19 - Resultados da primeira campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos J07 a J12	764
Tabela 5.1.6-20 - Resultados da primeira campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos J13 a J22	765
Tabela 5.1.6-21 - Resultados da primeira campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos J23 a J33	766
Tabela 5.1.6-22 - Resultados da segunda campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos M01 a M07	767
Tabela 5.1.6-23 - Resultados da segunda campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos M08 a M14	768

Tabela 5.1.6-24 - Resultados da segunda campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos M015 a M23	769
Tabela 5.1.6-25 - Resultados da segunda campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos J01 a J06	770
Tabela 5.1.6-26 - Resultados da segunda campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos J07 a J12	771
Tabela 5.1.6-27 - Resultados da segunda campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos J13 a J22	772
Tabela 5.1.6-28 - Resultados da segunda campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos J23 a J33	773
Tabela 5.1.6-29 - Resultados dos ensaios ecotoxicológicos realizados com as amostras de coluna de água coletadas à montante, nos períodos seco e chuvoso, em setembro de 2017 e janeiro de 2018, respectivamente	810
Tabela 5.1.6-30 - Resultados dos ensaios ecotoxicológicos realizados com as amostras de coluna de água coletadas à jusante, nos períodos seco e chuvoso, em setembro de 2017 e janeiro de 2018, respectivamente	811
Tabela 5.1.6-31 - Parâmetros que ultrapassaram o limite proposto pela Resolução CONAMA N° 357/2005 - classe 2 – água doce no período seco	813
Tabela 5.1.6-32 - Parâmetros que ultrapassaram o limite proposto pela Resolução CONAMA N° 357/2005 - classe 2 - água doce no período chuvoso.....	814
Tabela 5.1.6-33 - Parâmetros que ultrapassaram o limite proposto pela Resolução CONAMA N° 357/2005 - classe 2 – água doce no período seco	815
Tabela 5.1.6-34 - Parâmetros que ultrapassaram o limite proposto pela Resolução CONAMA N° 357/2005 - classe 2 – água doce no período chuvoso.....	816

LISTA DE FOTOS

Foto 5.1.3-1 - Afloramento de ortognaisse que formam pedral no leito do Rio Tocantins (0681251 x 9455860).	532
Foto 5.1.3-2 - Afloramento de ortognaisse que formam pedral no leito do Rio Tocantins (0681251 x 9455860).	532
Foto 5.1.3-3 - Características texturais dos ortognaises do Complexo Cajazeiras (0676707 x 9460915).	533
Foto 5.1.3-4 - Características texturais dos ortognaises do Complexo Cajazeiras (0676707 x 9460915).	533
Foto 5.1.3-5 - Fraturas de direção N 5-15 E e N 70 W, que condicionam a fragmentação das rochas e sua desagregação. (0684606 x 9442700).	533
Foto 5.1.3-6 - Fraturas de direção N 5-15 E e N 70 W, que condicionam a fragmentação das rochas e sua desagregação. (0684606 x 9442700).	533
Foto 5.1.3-7 - Milonito de alto grau e fraturas associadas a zona de cisalhamento de direção N5 – 15 E, que condicionam direção do Rio Tocantins, no Pedral do Lourenço (0685140 x 9447776).	533
Foto 5.1.3-8 - Milonito de alto grau e fraturas associadas a zona de cisalhamento de direção N5 – 15 E, que condicionam direção do Rio Tocantins, no Pedral do Lourenço (0685140 x 9447776).	533
Foto 5.1.3-9 - Plano de cisalhamento paralelo a direção do rio, mostrando lineações e <i>slickesides</i> (683754 x 9450565).	534
Foto 5.1.3-10 - Plano de cisalhamento paralelo a direção do rio, mostrando lineações e <i>slickesides</i> (683754 x 9450565).	534
Foto 5.1.3-11 - Metassiltitos e metagrauvas do Grupo Tucuruí, que afloram na margem direita do Rio Tocantins (0649241 x 9587754).	536
Foto 5.1.3-12 - Metassiltitos e metagrauvas do Grupo Tucuruí, que afloram na margem direita do Rio Tocantins (0649241 x 9587754).	536
Foto 5.1.3-13 - Metabasaltos maciços afaníticos, cinza esverdeados do Grupo Tucuruí (0654900 x 9618041).	537
Foto 5.1.3-14 - Metabasaltos maciços afaníticos, cinza esverdeados do Grupo Tucuruí (0654900 x 9618041).	537
Foto 5.1.3-15 - Fragmentação e desagregação metabasaltos, formando blocos de diferentes dimensões, na área dos pedrais. (0683129 x 9451917 / 0681075 x 9456834).	537
Foto 5.1.3-16- Fragmentação e desagregação metabasaltos, formando blocos de diferentes dimensões, na área dos pedrais. (0683129 x 9451917 / 0681075 x 9456834).	537
Foto 5.1.3-17 - Arenitos e conglomerados do Grupo Itapecuru na margem esquerda do Rio Tocantins (0703398 x 9407879).	538
Foto 5.1.3-18 - Arenitos e conglomerados do Grupo Itapecuru na margem esquerda do Rio Tocantins (0703398 x 9407879).	538

Foto 5.1.3-19 - Arenitos e camadas de conglomerados do Grupo Itapecuru, que podem formar bancadas lateríticas espessas. (0685856 x 9549856 / 0704151 x 9405737).....	539
Foto 5.1.3-20 - Arenitos e camadas de conglomerados do Grupo Itapecuru, que podem formar bancadas lateríticas espessas. (0685856 x 9549856 / 0704151 x 9405737).....	539
Foto 5.1.3-21 - Argilitos da Formação Ipixuna na margem direita do Rio Tocantins (0647410 x 9691307 / 0650173 x 9673431).	540
Foto 5.1.3-22 - Argilitos da Formação Ipixuna na margem direita do Rio Tocantins (0647410 x 9691307 / 0650173 x 9673431).	540
Foto 5.1.3-23 - Areias finas, médias e grossas que constituem barras e ilhas no Rio Tocantins (0648454 x 9677759 / 0648826 x 9643851).....	540
Foto 5.1.3-24 - Areias finas, médias e grossas que constituem barras e ilhas no Rio Tocantins (0648454 x 9677759 / 0648826 x 9643851).....	540
Foto 5.1.3-25 - Argilas orgânicas com restos vegetais que ocorrem intercaladas com areia fina na planície de inundação do rio Tocantins (0687187 x 9427691 / 0694642 x 9416304).	541
Foto 5.1.3-26 - Argilas orgânicas com restos vegetais que ocorrem intercaladas com areia fina na planície de inundação do rio Tocantins (0687187 x 9427691 / 0694642 x 9416304).	541
Foto 5.1.3-27 - Barra arenosa com estratificação cruzada; e camadas de seixos de quartzo, calcedônia e quartzitos intercaladas com areia conglomerática que formam depósito de terraço do rio Tocantins (0648826 x 9643851 / 0648405 x 959635).	541
Foto 5.1.3-28 - Barra arenosa com estratificação cruzada; e camadas de seixos de quartzo, calcedônia e quartzitos intercaladas com areia conglomerática que formam depósito de terraço do rio Tocantins (0648826 x 9643851 / 0648405 x 959635).	541
Foto 5.1.4-1 - Superfícies extensas de topos subhorizontais amplos com vales erosivos abertos, que caracterizam o relevo de Superfície aplanada no Nível 40 – 140 m, na margem direita do Rio Tocantins (0661935 x 9569220).....	563
Foto 5.1.4-2 - Superfícies extensas de topos subhorizontais amplos com vales erosivos abertos, que caracterizam o relevo de Superfície aplanada no Nível 40 – 140 m, na margem direita do Rio Tocantins (0661935 x 9569220).....	563
Foto 5.1.4-3 - Conglomerados do Grupo Itapecuru laterizado e cobertura arenosa pouco argilosa, que se associam ao relevo de Superfícies aplanadas (0662585 x 95555053 e 0661935x9569220).	563
Foto 5.1.4-4 - Conglomerados do Grupo Itapecuru laterizado e cobertura arenosa pouco argilosa, que se associam ao relevo de Superfícies aplanadas (0662585 x 95555053 e 0661935x9569220).	563
Foto 5.1.4-5 - Cobertura arenosa do Relevo de Superfície aplanada, no Nível 40 – 140 m (0658609x9684254).	563
Foto 5.1.4-6- Cobertura arenosa do Relevo de Superfície aplanada, no Nível 40 – 140 m (0658609x9684254).	563

Foto 5.1.4-7 - Relevo de Superfície aplanada, no Nível 240 – 260 m e Escarpa dissecada que limita a superfície nivelada do topo, na margem esquerda do Rio Tocantins próximo a Tucuruí (0637421x9588590). 564

Foto 5.1.4-8 - Relevo de Superfície aplanada, no Nível 240 – 260 m e Escarpa dissecada que limita a superfície nivelada do topo, na margem esquerda do Rio Tocantins próximo a Tucuruí (0637421x9588590). 564

Foto 5.1.4-9 - Superfícies aplanada levemente dissecadas em colinas médias e pequenas de topos subhorizontal e convexos, que ocorre entre Marabá e Jacundá e é sustentado por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru (0712929x9482518). 565

Foto 5.1.4-10 - Superfícies aplanada levemente dissecadas em colinas médias e pequenas de topos subhorizontal e convexos, que ocorre entre Marabá e Jacundá e é sustentado por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru (0712929x9482518). 565

Foto 5.1.4-11 - Colinas médias e pequenas de topos convexos e vertentes retilíneas de baixa declividade. Vales erosivos e erosivos acumulativos, abertos e pouco encaixados no relevo (0715607x9434107). 567

Foto 5.1.4-12 - Colinas médias e pequenas de topos convexos e vertentes retilíneas de baixa declividade. Vales erosivos e erosivos acumulativos, abertos e pouco encaixados no relevo (0712929x9482518). 567

Foto 5.1.4-13 - Arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos, no topo nota-se níveis de pelitos do Grupo Itapecuru laterizados (0715607x9434107). 568

Foto 5.1.4-14 - Coberturas areno argilosas, que caracterizam o relevo de Colinas médias e pequenas na margem direita do Rio Tocantins (0715607x9434107). 568

Foto 5.1.4-15 - Colinas pequenas de topos convexos e perfil de vertentes com segmentos retilíneos de baixa inclinação, com vales abertos erosivos e erosivos acumulativos com planícies fluviais, na margem esquerda do Rio Tocantins (0682888x9445161). 569

Foto 5.1.4-16 - Colinas pequenas de topos convexos e perfil de vertentes com segmentos retilíneos de baixa inclinação, com vales abertos erosivos e erosivos acumulativos com planícies fluviais, na margem esquerda do Rio Tocantins (0682888x9445161). 569

Foto 5.1.4-17 - Colinas pequenas de topos convexos e perfil de vertentes com segmentos retilíneos de baixa inclinação, ocasionalmente com matacões de charnockitos do Complexo Bacajá (0679760x9451421). 569

Foto 5.1.4-18 - Matacões de charnockitos do Complexo Bacajá (0679760x9451421). 569

Foto 5.1.4-19 - Processos erosão laminar e em sulcos ocasionais de baixa a média intensidade e voçoroca ocasional de média a alta intensidade em relevo de Colinas pequenas, na margem esquerda do Rio Tocantins (0633619x9621821). 570

Foto 5.1.4-20 - Voçoroca ocasional de média a alta intensidade em relevo de Colinas pequenas, na margem esquerda do Rio Tocantins (0633886x9554601). 570

Foto 5.1.4-21 - Relevo de Colinas Pequenas e Morrotes formado por colinas de topo convexo e perfil de vertente contínuo e retilíneo de baixa inclinação, e por morrotes de topo subhorizontal, tabular e convexo, com perfil de encosta descontínuo, com segmentos retilíneos e/ou convexos íngremes (0661202x9465217).....	571
Foto 5.1.4-22 - Relevo de Colinas Pequenas e Morrotes formado por colinas de topo convexo e perfil de vertente contínuo e retilíneo de baixa inclinação, e por morrotes de topo subhorizontal, tabular e convexo, com perfil de encosta descontínuo, com segmentos retilíneos e/ou convexos íngremes (0661202x9465217).....	571
Foto 5.1.4-23 - Relevo de Colinas Pequenas e Morrotes, com encostas de perfil descontínuo, formada por segmentos retilíneos e/ou convexos íngremes, por vezes com matacões (0622822x9540014).	571
Foto 5.1.4-24 - Relevo de Colinas Pequenas e Morrotes, com encostas de perfil descontínuo, formada por segmentos retilíneos e/ou convexos íngremes, por vezes com matacões (0622822x9540014).	571
Foto 5.1.4-25 - Matacões com feições de dissolução de charnockitos levemente foliados, com texturas porfiríticas muito grossas da Suíte Intrusiva Arapari (0622822x9540014).....	572
Foto 5.1.4-26 - Matacões com texturas porfiríticas muito grossas da Suíte Intrusiva Arapari (0622822x9540014).	572
Foto 5.1.4-27 - Morrotes de topo convexo, com perfil de encosta descontínuo e segmentos retilíneos sustentados por conglomerados do Grupo Itapecuru, na margem direita do Rio Tocantins (0685856x9549856).	572
Foto 5.1.4-28 - Morrotes de topo convexo, com perfil de encosta descontínuo e segmentos retilíneos sustentados por conglomerados do Grupo Itapecuru, na margem direita do Rio Tocantins (0685856x9549856).	572
Foto 5.1.4-29 - Vales erosivos em relevo de colinas pequenas e morrotes, com processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais de baixa a média intensidade (0685856x9549856).	573
Foto 5.1.4-30 - Processos de erosão laminar (0685856x9549856).	573
Foto 5.1.4-31 - Erosão em sulcos em drenagem da estrada ocasional de média intensidade (0685856x9549856).	573
Foto 5.1.4-32 - Processos de rastejo freqüente de média a baixa intensidade (0685856x9549856).	573
Foto 5.1.4-33 - Morrotes de topos estreitos e convexos, vertente de perfil contínuo, retilíneo e/ou convexo, e descontínuo com segmentos convexos. (0673890x9451220).	574
Foto 5.1.4-34 - Vales erosivos encaixados (0673890x9451220).....	574
Foto 5.1.4-35 - Morrotes com processos de erosão laminar, ocasionais a frequentes de baixa a média intensidade, na margem esquerda do rio Tocantins (0624706x9598412).	574
Foto 5.1.4-36 – Erosão laminar ocasionais a frequentes de baixa a média intensidade nos Morrotes da margem esquerda do rio Tocantins (0624706x9598412).	574
Foto 5.1.4-37 - Encosta com perfil contínuo convexo com processos de erosão laminar e em sulcos, ocasionais a frequentes de baixa a média intensidade (0676226x9451887).	575

Foto 5.1.4-38 - Segmento retilíneo com degraus de rastejo em relevo de Morrotes (0676226x9451887).	575
Foto 5.1.4-39 - Morros de topos convexos nivelados, vertentes de perfil descontínuo convexo e/ou retilíneo, de inclinação suave (0624840x9602427).	577
Foto 5.1.4-40 - Vales erosivos encaixados, que ocorrem na margem esquerda do Rio Tocantins (0624840x9602427).	577
Foto 5.1.4-41 - Relevo de Morros com processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais a freqüentes de baixa a média intensidade (0635543x9605332).	577
Foto 5.1.4-42 - Relevo de Morros com processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais a freqüentes de baixa a média intensidade (0633378x9604997).	577
Foto 5.1.4-43 - Erosão laminar e em sulcos ocasionais de média intensidade em encosta alterada do o relevo de Morros na margem esquerda do Rio Tocantins (0635543x9605332).	578
Foto 5.1.4-44 - Erosão laminar e em sulcos ocasionais de média intensidade nas estradas que cortam o relevo de Morros na margem esquerda do Rio Tocantins (0633378x9604997).	578
Foto 5.1.4-45 - Escarpas dissecadas com topo nivelado limitado por ruptura de declive positiva que ocorrem na margem esquerda do Rio Tocantins proximo a Tucuruí (0645811x9595971).	579
Foto 5.1.4-46 - Perfis de vertentes descontínuos com segmentos convexos e retilíneos, que ocorrem na margem esquerda do Rio Tocantins proximo a Tucuruí (0645811x9595971). ..	579
Foto 5.1.4-47 - Escarpas dissecadas em morros e morrotes com amplitudes locais de 80 a 120 m (0643426x9563441).	579
Foto 5.1.4-48 - Encostas com perfis de vertentes descontínuas com segmentos convexos e retilíneos e vales de primeira ordem abertos (0643426x9563441).	579
Foto 5.1.4-49 - Margem esquerda côncava do Rio Tocantis em relevo de Colinas pequenas e Morrotes e Planície Fluvial estreita, a jusante de Marabá (0703398 x9407879).	602
Foto 5.1.4-50 - Margem esquerda côncava do Rio Tocantis em relevo de Colinas pequenas e Morrotes e Planície Fluvial estreita, a jusante de Marabá (0703398 x9407879).	602
Foto 5.1.4-51 - Margem erosiva sustentada por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru, que quando alterados e erodidos evidenciam o leito maior do rio (0703398 x9407879).	602
Foto 5.1.4-52 - Margem erosiva sustentada por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru, que quando alterados e erodidos evidenciam o leito maior do rio (0703398 x9407879).	602
Foto 5.1.4-53 - Barra arenosa, constituída por areia média, grossa e grânulos, que forma praia em frente à Marabá (0704605 x 9408380).	602
Foto 5.1.4-54 – Barra arenosa, constituída por areia média, grossa e grânulos, que forma praia em frente à Marabá (0704605 x 9408380).	602

Foto 5.1.4-55 - Planície de inundação da margem esquerda, com altura de 4 a 6 m, constituída por areia fina intercalada com camadas de argila cinza com matéria orgânica (0694642 x 9416304).....	603
Foto 5.1.4-56 - Planície de inundação da margem esquerda, com altura de 4 a 6 m, constituída por areia fina intercalada com camadas de argila cinza com matéria orgânica (0694642 x 9416304).....	603
Foto 5.1.4-57 - Canal sazonal de cheia, que transporta areia média, grossa, grânulos e restos vegetais que são acumulados no fundo dos canais (0687723 x 9423357).....	603
Foto 5.1.4-58 - Restos vegetais que são acumulados no fundo dos canais (0687723 x 9423357).	603
Foto 5.1.4-59 - Dunas de areia com alturas de 1 a 3 m, formadas durante o deslocamento das barras arenosas na época das cheias (0687723 x 9423357).	603
Foto 5.1.4-60 - Dunas de areia com alturas de 1 a 3 m, formadas durante o deslocamento das barras arenosas na época das cheias (0687723 x 9423357).	603
Foto 5.1.4-61 - Terraço em altitude de 95 a 100 m onde encontra-se a casa e Planície de inundação (placa branca) que ocorre na margem esquerda do Rio Tocantins em Itupiranga (0687181 x 9431038).	604
Foto 5.1.4-62 - Planície de inundação constituída por areia fina silto argilosa e areia fina (0687187 x 9427691).	604
Foto 5.1.4-63 Processos de solapamento e pequenos escorregamentos que ocorrem na Planície de inundação da margem direita do rio (0687181 x 9431038).	604
Foto 5.1.4-64 - Processos de solapamento e pequenos escorregamentos que ocorrem na Planície de inundação da margem direita do rio (0687181 x 9431038).	604
Foto 5.1.4-65 - Planície de inundação estreita não mapeável e Relevos de Superfícies aplanadas e colinas médias e pequenas, que caracterizam a margem direita do Rio Tocantins no Segmento 2 A (0686080 x 9437092).	607
Foto 5.1.4-66 - Planície de inundação estreita não mapeável e Relevos de Superfícies aplanadas e colinas médias e pequenas, que caracterizam a margem direita do Rio Tocantins no Segmento 2 A (0686080 x 9437092).	607
Foto 5.1.4-67 - Afloramento rochoso na margem esquerda do rio (06844786 x 9440603).	607
Foto 5.1.4-68 - Plano de falha N80E (06844786 x 9440603).	607
Foto 5.1.4-69 - Pedral na margem esquerda do Rio Tocantins, constituído por charnoquitos do Complexo Cajazeiras (06844786 x 9440603).	607
Foto 5.1.4-70 - Pedral na margem esquerda do Rio Tocantins, constituído por charnoquitos do Complexo Cajazeiras (06844786 x 9440603).	607
Foto 5.1.4-71 - Leito maior do Rio Tocantins caracterizado pela presença de pedral, seixos, areia grossa, média e grânulos (06844786 x 9440603).	608
Foto 5.1.4-72 - Leito maior do Rio Tocantins caracterizado pela presença de pedral, seixos, areia grossa, média e grânulos (06844786 x 9440603).	608

Foto 5.1.4-73 - Plano de falha N 5 – 15 E e textura de milonito de alto grau com porfiroclastos de quartzo, hornblenda e biotita, no Pedral do Lourenço (0685140 x 9447776).....	608
Foto 5.1.4-74 - Plano de falha N 5 – 15 E e textura de milonito de alto grau com porfiroclastos de quartzo, hornblenda e biotita, no Pedral do Lourenço (0685140 x 9447776).....	608
Foto 5.1.4-75 - Canal com afloramento de rocha nas margens associadas à presença de relevo de Superfícies aplanadas e Colinas médias e pequenas e à planícies de inundação estreita (0683754 x 9450565).	608
Foto 5.1.4-76 - Canal com afloramento de rocha nas margens associadas à presença de relevo de Superfícies aplanadas e Colinas médias e pequenas e à planícies de inundação estreita (0683754 x 9450565).	608
Foto 5.1.4-77 - Pedral formado por blocos polidos de metabasaltos (0683129 x 9451917). .	609
Foto 5.1.4-78 - Pedral formado por blocos polidos e com marmitas (0683129 x 9451917). .	609
Foto 5.1.4-79 - Pedral formado por blocos angulosos orientados pela corrente, constituído por milonito de alto grau (0682457 x 9454833).	609
Foto 5.1.4-80 - Pedral formado por blocos angulosos orientados pela corrente, constituído por milonito de alto grau (0682457 x 9454833).	609
Foto 5.1.4-81 - Pedral constituído por ortognaisses graníticos do Complexo Cajazeiras (0681251 x 9455860).	609
Foto 5.1.4-82 - Pedral constituído por ortognaisses graníticos do Complexo Cajazeiras (0681251 x 9455860).	609
Foto 5.1.4-83 - Relevo de Colinas pequenas e Morrotes, planície de inundação estreita s (0681075 x 9456834).	610
Foto 5.1.4-84 - Afloramento de ortognaisse graníticos na margem direita do Rio Tocantins (0681075 x 9456834).	610
Foto 5.1.4-85 - Leito maior com areia média a grossa e marca de cheia nas árvores com cerca de 1,8 m acima da planície (0676707 x 9460915).	610
Foto 5.1.4-86 - Leito maior com areia média a grossa e marca de cheia nas árvores com cerca de 1,8 m acima da planície (0676707 x 9460915).	610
Foto 5.1.4-87 - Relevo de Colinas pequenas e Morrotes sustentados por metapelitos cisalhados do Grupo Tucuruí, que caracterizam a margem direita do Rio Tocantins em frente à Tucuruí (0649241x9587754).	611
Foto 5.1.4-88 - Relevo de Colinas pequenas e Morrotes sustentados por metapelitos cisalhados do Grupo Tucuruí, que caracterizam a margem direita do Rio Tocantins em frente a Tucuruí (0649241x9587754).	611
Foto 5.1.4-89 - Terraço na margem esquerda do Rio Tocantins, com altitudes de 35 a 40 m, que se encontram elevados cerca de 20 m acima das planícies (0648095x9590983).	611
Foto 5.1.4-90 - Processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais e de baixa intensidade podendo ocorrer pequenos desmoronamentos de baixa intensidade (0648095x9590983). .	611
Foto 5.1.4-91 - Leito maior do Rio Tocantins e Terraço constituído por camadas de seixos arredondados e sub-arredondados de quartzo, quartzito e calcedônia, em matriz de areia	

média e grossa que caracterizam a margem esquerda, na localidade de Pederneiras (0648405x9596535).	612
Foto 5.1.4-92 - Leito maior do Rio Tocantins e Terraço constituído por camadas de seixos arredondados e sub-arredondados de quartzo, quartzito e calcedônia, em matriz de areia média e grossa que caracterizam a margem esquerda, na localidade de Pederneiras (0648405x9596535).	612
Foto 5.1.4-93 - Desmoronamentos de margem de Planície de inundação, expondo o dique marginal elevado sobre a planície que foi limpo para plantio de roça. (0648405x9596535).	612
Foto 5.1.4-94 - Desmoronamentos de margem de Planície de inundação, expondo o dique marginal elevado sobre a planície que foi limpo para plantio de roça. (0648405x9596535).	612
Foto 5.1.4-95 - Barra longitudinal que forma praia de areia média a grossa, intercalada com níveis argilosos (0655889 x 9611050).	613
Foto 5.1.4-96 - Processo de desmoronamento localizados e de baixa intensidade nas margens de barras arenosas (0655889 x 9611050).	613
Foto 5.1.4-97 - Encostas escarpadas e íngremes com inclinações acentuadas (15 a 45%) na margem direita do Rio Tocantins, que apresentam processos de escorregamentos frequentes associados ao solapamento do sopé da escarpa pelas correntes e pelo embate de ondas durante as cheias que ocorrem entre Baião e São Joaquim do Itaquara (0650460x9663436).	615
Foto 5.1.4-98 - Processos de escorregamentos frequentes associados ao solapamento do sopé da escarpa pelas correntes e pelo embate de ondas durante as cheias que ocorrem entre Baião e São Joaquim do Itaquara (0650460x9663436).	615
Foto 5.1.4-99 - Escarpa com amplitude de 30 m que se caracteriza por apresentar trechos estáveis e vegetados e trechos afetados por escorregamentos planares (0648454x9677759).	615
Foto 5.1.4-100 - Escarpa com amplitude de 30 m que se caracteriza por apresentar trechos estáveis e vegetados e trechos afetados por escorregamentos planares (0647718x9682452).	615
Foto 5.1.4-101 - Processos de erosão em sulco sobre material escorregado arenoso conglomerático da Formação Ipixuna (0650460x9663436).	616
Foto 5.1.4-102 - Processos de erosão em sulco sobre material escorregado arenoso conglomerático da Formação Ipixuna (0650460x9663436).	616
Foto 5.1.4-103 - Margem direita do rio Tocantins formada na base por argilitos e arenitos caulíníticos, tendo acima areia média a grossa e cascalho da Formação Ipixuna (0650173x9673431).	616
Foto 5.1.4-104 - Margem direita do rio Tocantins formada na base por argilitos e arenitos caulíníticos, tendo acima areia média a grossa e cascalho da Formação Ipixuna (0650173x9673431).	616
Foto 5.1.4-105 - Intercalação de areias fina, média, grossa com grânulos e seixos de quartzo da Formação Ipixuna (0650173x9673431).	616

Foto 5.1.4-106 - Camadas de seixos arredondados e subarredondados de quartzo da Formação Ipixuna (0650173x9673431).....	616
Foto 5.1.4-107 - Blocos de laterita caídos do alto da escarpa, condicionada por descontinuidade de direção NNW que limita o relevo de Superfícies aplanadas que se associado ao horizonte laterítico (0650460x9663436).....	617
Foto 5.1.4-108 – Detalhe blocos de laterita caídos do alto da escarpa, condicionada por descontinuidade de direção NNW que limita o relevo de Superfícies aplanadas que se associado ao horizonte laterítico (0650460x9663436).....	617
Foto 5.1.4-109 - Blocos de arenitos e conglomerados da Formação Ipixuna laterizados e tombados do alto da escarpa (0647336x9687579).....	617
Foto 5.1.4-110 - Blocos de arenitos e conglomerados da Formação Ipixuna laterizados e tombados do alto da escarpa (0647336x9687579).....	617
Foto 5.1.4-111 - Solapamento da base da escarpa pelas correntes e pelo embate de ondas durante as cheias e pequenos escorregamentos associados (0647183x9689406).	617
Foto 5.1.4-112 - Solapamento da base da escarpa pelas correntes e pelo embate de ondas durante as cheias e pequenos escorregamentos associados (0647183x9689406).	617
Foto 5.1.4-113 - Trecho da escarpa em Baião com amplitude de 25 a 30 m, com processos de rastejo e pequenos escorregamentos que afetam a base do muro da casa no alto da escarpa (0647410 x 9691307).....	618
Foto 5.1.4-114 - Trecho da escarpa em Baião com amplitude de 25 a 30 m, com processos de rastejo e pequenos escorregamentos que afetam a base do muro da casa no alto da escarpa (0647410 x 9691307).....	618
Foto 5.1.4-115 - Marca de corrente indicando o sentido do fluxo do rio em barra longitudinal constituída por areia fina, média e grossa, na ponta sul da Ilha Grande Jutaí. (0655429x9622769).....	618
Foto 5.1.4-116 - Marca de corrente indicando o sentido do fluxo do rio em barra longitudinal constituída por areia fina, média e grossa, na ponta sul da Ilha Grande Jutaí. (0655429x9622769).....	618
Foto 5.1.4-117 - Marca de corrente formada pela movimentação de areia fina a média (0655429x9622769).....	619
Foto 5.1.4-118 - Marca de corrente formada pela movimentação de areia fina a média (0655429x9622769).....	619
Foto 5.1.4-119 - Margem em Planície de inundação, constituída por areia fina pouco argilosa, intercalada com areia fina e camadas de argila cinza plástica na base, que ocorre na Ilha Grande Jutaí (0650132 x 9629771).....	619
Foto 5.1.4-120 - Margem em Planície de inundação, constituída por areia fina pouco argilosa, intercalada com areia fina e camadas de argila cinza plástica na base, que ocorre na Ilha Grande Jutaí (0650132 x 9629771).....	619

Foto 5.1.4-121 - Margem em Planície de inundação, na Ilha Grande Jutaí, constituída por areia fina pouco argilosa, intercalada com areia fina, tendo na base camadas laterizadas de areia grossa e cascalhos (0651051x9635121).....	619
Foto 5.1.4-122 - Margem em Planície de inundação, na Ilha Grande Jutaí, constituída por areia fina pouco argilosa, intercalada com areia fina, tendo na base camadas laterizadas de areia grossa e cascalhos (0651051x9635121).....	619
Foto 5.1.4-123 - Camadas de areia média a grossa, intercalada com cascalho de quartzo, quartzito arredondado a subarredondado com diâmetros de 1 a 3 cm, laterizados que ocorrem na Planície de inundação da Ilha Grande Jutaí (0651051x9635121).	620
Foto 5.1.4-124 - Camadas de areia média a grossa, intercalada com cascalho de quartzo, quartzito arredondado a subarredondado com diâmetros de 1 a 3 cm, laterizados que ocorrem na Planície de inundação da Ilha Grande Jutaí (0651051x9635121).	620
Foto 5.1.4-125 - Praia em ilha do rio Tocantins, formada por barra longitudinal constituída por espesso pacote de areia fina a grossa e grânulos, com estratificação cruzada (0648826x9643851).	620
Foto 5.1.4-126 - Praia em ilha do rio Tocantins, formada por barra longitudinal constituída por espesso pacote de areia fina a grossa e grânulos, com estratificação cruzada (0648826x9643851).	620
Foto 5.1.4-127 - Solapamento e pequenos escorregamentos que afetam margens em planície de inundação (0648775x9657425).....	621
Foto 5.1.4-128 - Solapamento e pequenos escorregamentos que afetam margens em planície de inundação (0648775x9657425).....	621
Foto 5.1.4-129 - Solapamento de margens associado à movimentação diária das correntes de marés, que afetam esse segmento do Rio Tocantins (0648897x9659289).....	621
Foto 5.1.4-130 - Solapamento de margens associado à movimentação diária das correntes de marés, que afetam esse segmento do Rio Tocantins (0648897x9659289).....	621
Foto 5.1.4-131 - Barra longitudinal e praia formada por areia fina e média (0648454 x 9677759).	621
Foto 5.1.4-132 - Barra longitudinal e praia formada por areia fina e média (0648454 x 9677759).	621

5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

5.1 Meio Físico

5.1.1 Climatologia e Meteorologia

5.1.1.1 Considerações Metodológicas

A caracterização do clima e das condições meteorológicas foi realizada considerando as escalas de análise regional e local, apoiando-se em dados secundários de institutos e órgãos públicos, além de consultas bibliográficas específicas.

Para a compreensão do contexto climático referente à localização do empreendimento no Estado do Pará, foram utilizadas as classificações de Köppen-Geiger (1936) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2002).

Para a caracterização em escala local foram utilizados os dados referentes às estações climatológicas de Cametá (PA), Marabá (PA) e Tucuruí (PA), operadas pelo INMET.

As variáveis climáticas consideradas para a caracterização em escala local foram: pluviometria, temperatura do ar e regime de ventos (direção e velocidade), analisados dentro da perspectiva do comportamento habitual médio registrado na escala temporal mensal e anual, considerando a média do período 2007 a 2017. Para efeito de comparação também foram considerados os dados das Normais Climatológicas¹. A análise dos dados de pluviometria e temperatura do ar considerou as médias máximas e mínimas mensais e anuais dos períodos de análise citados e a temperatura média simples, gerada a partir das médias máximas e mínimas.

¹ Conforme informações da Organização Meteorológica Mundial (OMM) as normais climatológicas caracterizam-se por levantamentos estatísticos em períodos de 30 anos. No presente estudo foi adotado as normais climatológicas disponibilizadas pelo INMET, que compreendem o período de 1961 a 1990 e variam conforme o início das medições das estações: Cametá: 1970 -1990 / Marabá: 1973 – 1990 / Tucuruí: 1971 – 1990.

Para a análise dos ventos foi utilizado apenas os dados dos últimos dez anos (2007 a 2017), devido à impossibilidade de acesso aos dados das Normais Climatológicas.

5.1.1.2 Caracterização Climática Regional

Segundo Nimer (1989), o entendimento da dinâmica climática da região norte do Brasil vai além do simples conhecimento de fatores estáticos e/ou geográficos, antes disso, é necessário a compreensão e análise do mecanismo atmosférico, pois “até mesmo a influência dos fatores estáticos, tais como relevo, latitude, continentalidade ou maritimidade, é exercida em interação com os sistemas regionais de circulação atmosférica.” (NIMER, 1989).

De acordo com Nimer (1989), na região norte do país atuam quatro sistemas de circulação atmosférica principais:

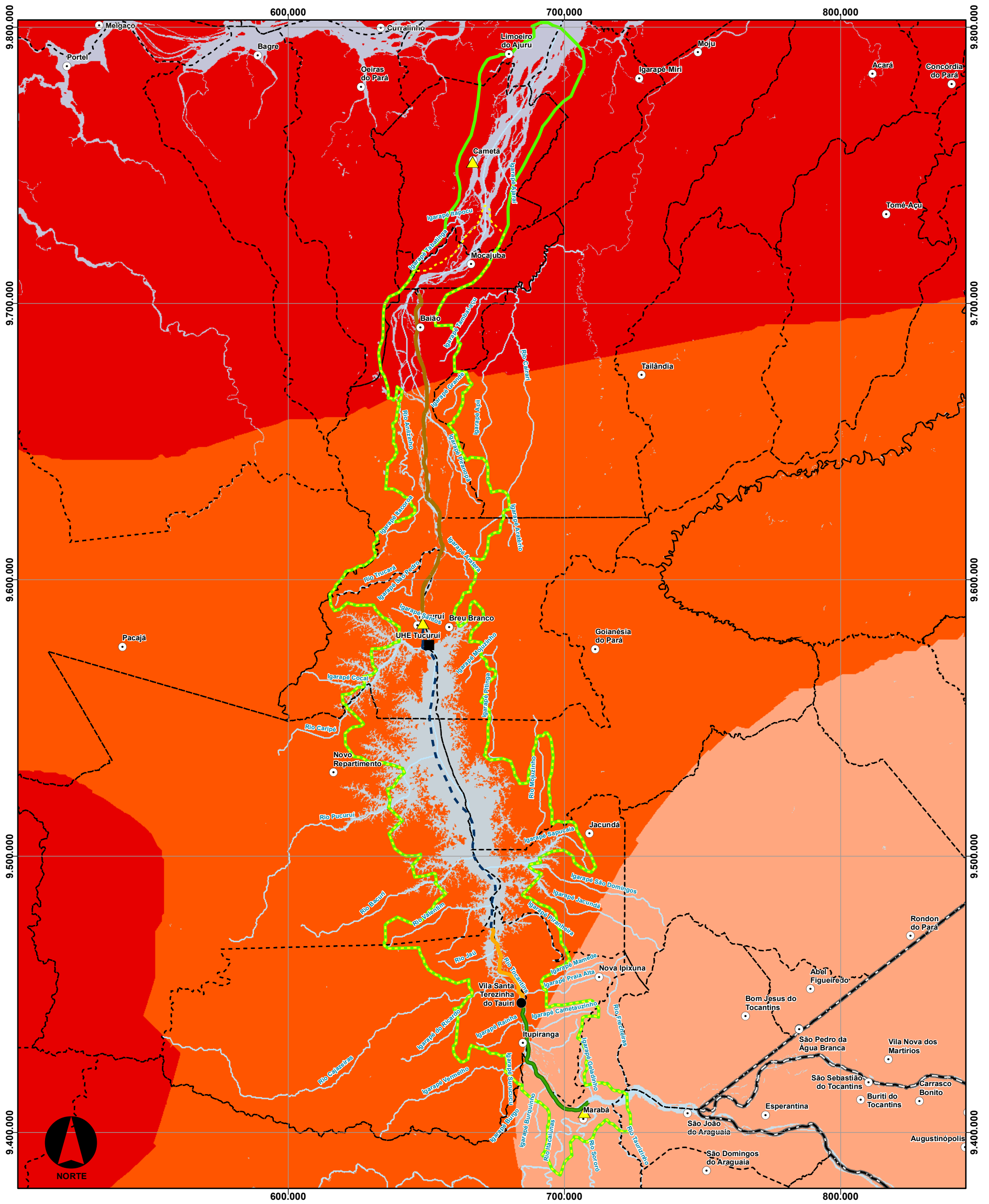
- Correntes perturbadas de Sul, representadas pela invasão do anticiclone polar com sua descontinuidade frontal, denominada frente polar, a qual, quando com orientação NW-SE, invade a região provocando chuvas frontais acompanhadas de sensível queda de temperatura.
- Ventos de E a NE do anticiclone subtropical semifixo do Atlântico Sul e do anticiclone subtropical semifixo dos Açores, tais ventos chegam acompanhados de tempo estável e provocam inversão da temperatura.
- Invasão da CIT, zona de convergência dos ventos do anticiclone dos Açores e do anticiclone do Atlântico Sul, são responsáveis por aguaceiros na região.
- mEc: Massa Equatorial Continental, atuando com predomínio no setor ocidental, é formada pela convenção termodinâmica dos ventos de NE do anticiclone dos Açores e da convergência intertropical (CIT), causa instabilidade e chuvas abundantes.

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (1936), produzida em função da demonstração de que a natureza do clima se dá em função da latitude global e das características fitossociológicas e ecológicas ali presentes, foram identificados dois subtipos climáticos na região do empreendimento: “Am” e “Aw” (**Quadro 5.1.1-1 e Mapa 5.1.1-1**).

Quadro 5.1.1-1– Características do clima na região do empreendimento de acordo com a classificação de Köppen-Geiger

Clima e Abrangência	Simbologia	Principais Características
Clima tropical úmido ou subúmido	Am	Caracteriza-se por apresentar temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18 °C. Possui estação seca de pequena duração que é compensada pelos totais elevados de precipitação.
Clima tropical, com inverno seco	Aw	Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C. As precipitações anuais são superiores a 750 mm, podendo atingir 1800 mm.

Fonte: Embrapa, 2017. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.



CONVENÇÕES		
▲ Estações Climatológicas	Área do Projeto	Classificação climática de Köppen
○ Sedes Municipais	— Trecho do Reservatório	■ Af - Clima tropical úmido ou clima equatorial
● Vila Taurí	ADA - Área Diretamente Afetada	■ Am - Clima de monção
— Corpos d'água	— Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga	■ Aw - Clima tropical com estação seca de Inverno
— Massa d'água	— Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogaé	
— Área de Influência Direta	— Trecho 3 - Jusante - Tucuruí à Baião	
— Área de Influência Indireta		
— Limite Municipal		
— Limite Estadual		

LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM FUSO 22S DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

Consórcio **DTA** O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Mapa de Clima – Köppen-Geiger

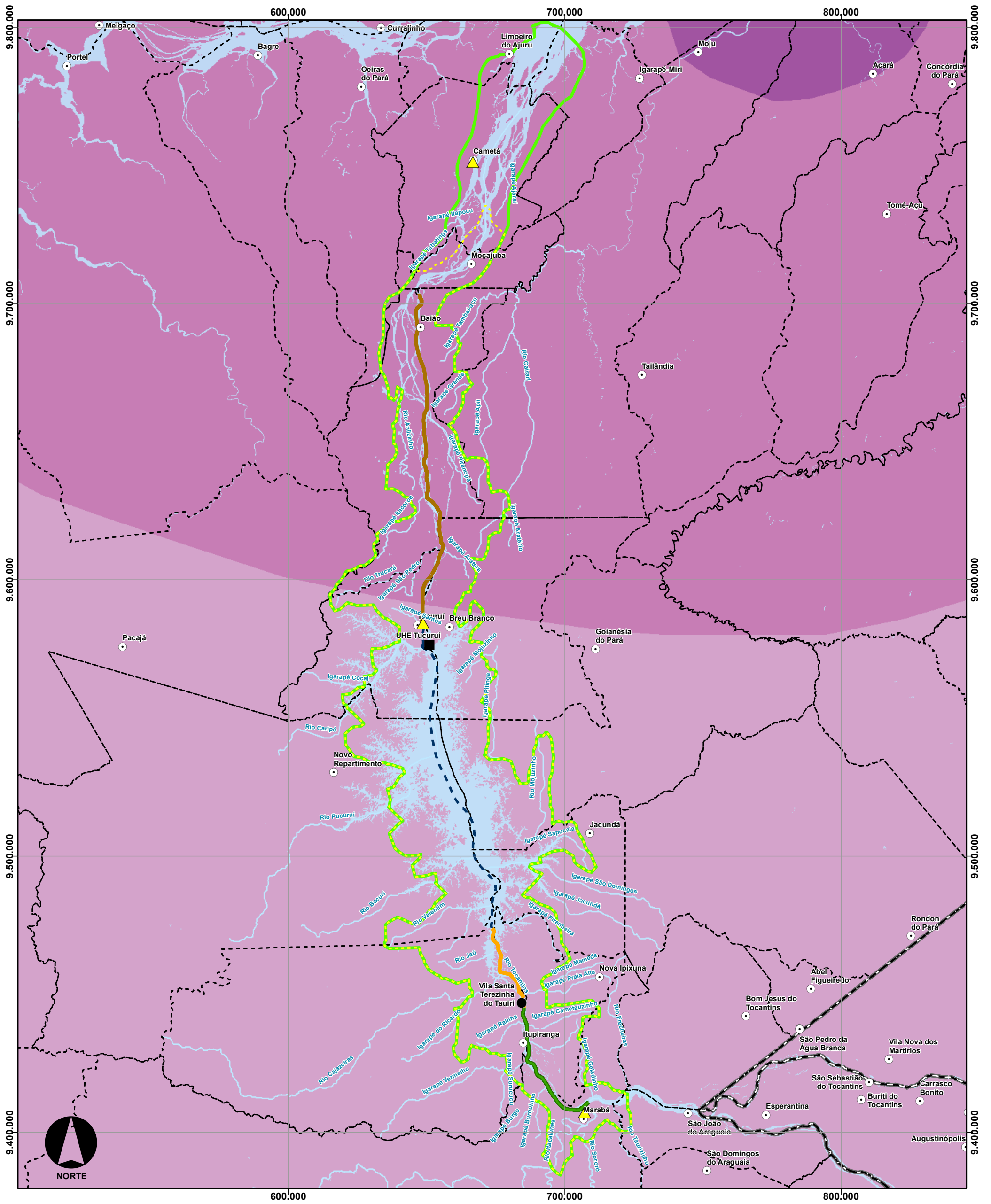
NÚMERO DO MAPA: 5.1.1-1	ESCALA/FORMATO: 1:1.285.000/A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018; INMET, 2018.

Com a compreensão da atuação dos sistemas de circulação atmosférica e apreendendo-se a determinação dos fatores estáticos, latitudinais e fitofisionômicos, nas características climáticas regionais, pode-se assimilar a dinâmica da temperatura e umidade na região. Para tanto, utiliza-se a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), elaborada em 2002, a qual divide o território brasileiro em zonas climáticas agrupadas conforme as características de temperatura e umidade.

De acordo com essa classificação, a região do empreendimento é caracterizada pelo Clima Equatorial, abrangido pela categoria quente, na qual a média de temperatura é maior que 18°C em todos os meses do ano. Conforme apresentado no **Mapa 5.1.1-2** a região de estudo enquadra-se em duas categorias climáticas principais:

- Úmido - ocorrência de 1 a 3 meses secos, o qual ocorre na porção norte da área de estudo, estendendo-se de Tucuruí a Cametá e abrangendo todo o trecho 3; e
- Úmido – ocorrência de 3 meses secos, o qual ocorre na porção sul da área de estudo, abrangendo os trechos 1 e 2, além da área do reservatório de Itupiranga.



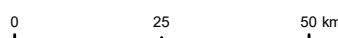
CONVENÇÕES

- | | | |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Estações Climatológicas Sedes Municipais Vila Tauri Corpos d'água Massa d'água Área de Influência Direta Área de Influência Indireta Limite Municipal Limite Estadual | <p>Área do Projeto</p> <ul style="list-style-type: none"> Trecho do Reservatório ADA - Área Diretamente Afetada Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogeá Trecho 3 - Jusante - Tucuruí à Baião | <p>Classificação climática</p> <p>Clima Equatorial</p> <ul style="list-style-type: none"> Quente - média > 18°C em todos os meses, super-úmido subseca Quente - média > 18°C em todos os meses, úmido 1 a 2 meses secos Quente - média > 18°C em todos os meses, úmido 3 meses secos |
|--|--|---|

LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM FUSO 22S DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000



Consórcio **DTA** O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Mapa de Clima – IBGE 2002

NÚMERO DO MAPA: 5.1.1-2	ESCALA/FORMATO: 1:1.285.000 /A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 01

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018; INMET, 2018.

5.1.1.3 Pluviometria

Dentre os fatores que influenciam as precipitações pluviométricas na região norte do país, destaca-se a presença da mEc (Massa Equatorial Continental) que, apesar da origem continental, caracteriza-se por ser quente e úmida. A grande quantidade de umidade presente nesta massa de ar deve-se sobretudo ao processo de evapotranspiração realizado pela floresta equatorial o qual promove a concentração de moléculas de água na atmosfera.

Na **Tabela 5.1.1-1** e na **Figura 5.1.1-1** à **Figura 5.1.1-3** são apresentados os totais pluviométricos e a distribuição anual das precipitações nas estações Cametá, Marabá e Tucuruí, considerando os dados das Normais Climatológicas e dos últimos 10 anos (2007 a 2017).

Tabela 5.1.1-1– Precipitação média mensal e anual, em milímetros (mm), nas estações de Cametá, Marabá e Tucuruí

Estação	Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
Cametá	Normais Climatológicas (1970-1990)	290,5	353,2	382,4	421,7	298,7	216,4	172,8	111,3	69,4	64,1	92,3	160,7	2633,5
	Período de 2007 a 2017	346,4	398,6	406,9	378,2	324,0	163,0	113,4	62,0	50,4	50,0	60,8	218,0	2571,7
Marabá	Normais Climatológicas (1973-1990)	253,3	405,0	421,1	313,0	97,6	38,5	24,0	14,6	62,9	121,9	156,3	266,0	2174,2
	Período de 2007 a 2017	259,4	312,3	329,4	251,2	135,0	30,8	16,9	9,4	29,7	104,1	155,0	174,1	1807,3
Tucuruí	Normais Climatológicas (1971-1990)	317,6	402,1	443,0	433,9	234,1	101,1	56,2	24,8	24,9	77,7	102,8	204,5	2422,7
	Período de 2007 a 2017	400,6	384,1	434,2	395,8	229,5	80,8	59,5	33,7	20,5	87,4	85,8	214,6	2418,5

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

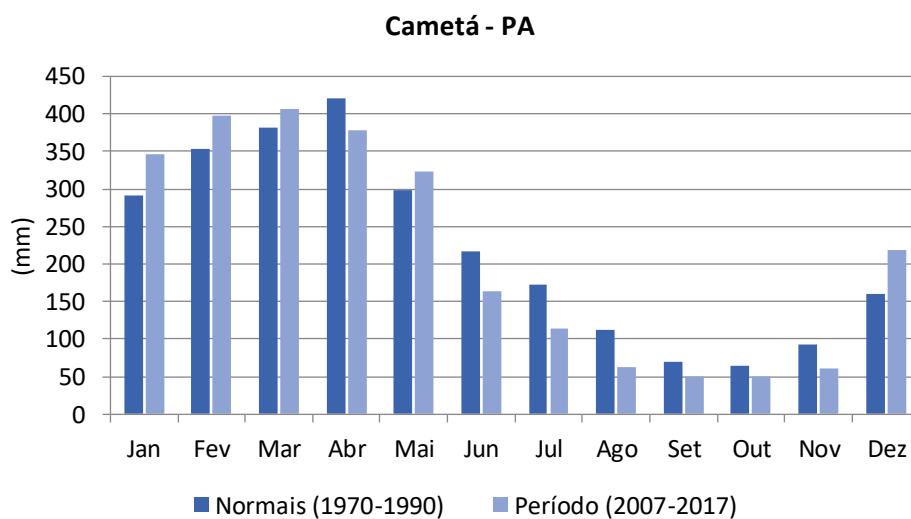


Figura 5.1.1-1 - Precipitação média mensal para a estação meteorológica de Cameté – PA

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

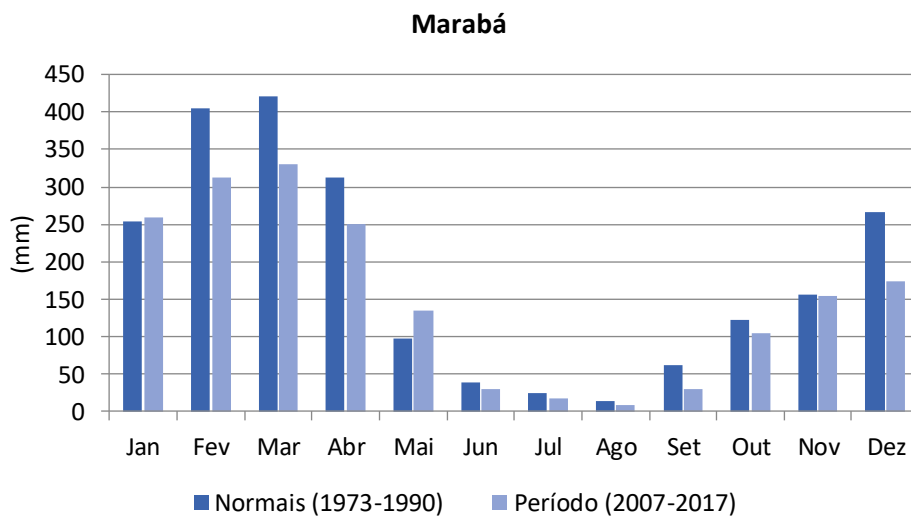


Figura 5.1.1-2 - Precipitação média mensal para a estação meteorológica de Marabá – PA

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

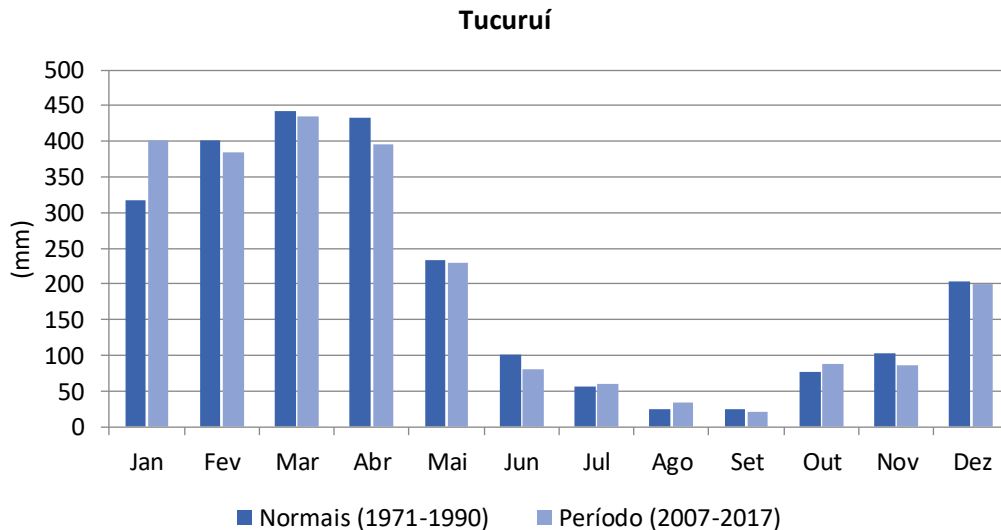


Figura 5.1.1-3 - Precipitação média mensal para a estação meteorológica de Tucuruí – PA

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

Verifica-se através dos dados apresentados acima que as precipitações na região de desenvolvimento do projeto apresentam valores anuais acima dos 1800 mm, notando-se um comportamento sazonal de distribuição das chuvas nas três estações de interesse e nos dois períodos de análise.

Considerando-se os dados da última década, observa-se que na estação de Cametá o período mais seco se estende de agosto a novembro, quando os totais mensais de precipitação ficam abaixo de 70 mm, com mínimo de 50,0 mm apresentado em outubro. O período chuvoso se estende de janeiro a maio e apresenta precipitação variando de 324,0 a 406,9 mm, com máxima registrada no mês de março.

Na estação de Marabá, na última década, os totais de precipitações mensais durante o período seco, que se estende de junho a setembro, não superam os 31 mm, com mínimo de 9,4 mm apresentado em agosto. Os meses mais chuvosos são janeiro, fevereiro, março e abril os quais apresentam variação nos totais de precipitação entre 251,2 e 329,4 mm, com máxima apresentada em março.

Na estação de Tucuruí o período seco compreende os meses de junho a novembro, com precipitação mínima de 20,5 mm registrada no mês de setembro. O período

chuvoso, estende-se de janeiro a abril, quando as precipitações normalmente excedem 300 mm, com máxima registrada de 434,2 mm no mês de março.

Comparando os dados da última década com as normais climatológicas, verifica-se que, apesar da distribuição sazonal semelhante, os totais acumulados na última década foram ligeiramente menores em todas as estações analisadas, com destaque para a estação de Marabá, onde a diferença supera 350 mm.

5.1.1.4 Temperatura do Ar

No estado do Pará, a latitude é o principal fator que exerce influência na temperatura. Latitudes próximas ao Equador, como é o caso da região de estudo, recebem maiores quantidades de raios solares incidindo sobre a superfície terrestre, conseqüentemente, as temperaturas médias desses lugares serão maiores quando comparadas aos lugares mais afastados.

Tabela 5.1.1-2 – Temperatura máxima, média e mínima mensal e anual, em grau Celsius (°C), nas estações meteorológicas de Cametá, Marabá e Tucuruí – PA

Nome da Estação	Variável/Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
Cametá	Máxima Normais Climatológicas (1970-1990)	31,7	31,2	31,4	31,7	32,4	32,8	32,6	32,7	32,6	32,9	32,8	32,6	32,3
	Média Normais Climatológicas (1970-1990)	27,3	27,0	27,2	27,4	27,8	27,8	27,5	27,7	27,9	28,1	28,2	27,9	27,6
	Mínima Normais Climatológicas (1970-1990)	22,8	22,7	22,9	23,0	23,1	22,7	22,3	22,7	23,2	23,3	23,6	23,1	23,0
	Máxima Período (2007 a 2017)	32,5	32,1	32,5	32,8	33,2	33,5	33,6	34,1	34,1	34,2	34,1	33,5	33,3
	Média Período (2007 a 2017)	28,0	27,7	28,0	28,2	28,5	28,6	28,7	29,1	29,1	29,2	29,4	28,8	28,6

Nome da Estação	Variável/Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
	Mínima Período (2007 a 2017)	23,5	23,3	23,5	23,6	23,8	23,8	23,7	24,1	24,1	24,2	24,6	24,2	23,9
Marabá	Máxima Normais Climatológicas (1973-1990)	30,5	30,5	30,8	31,3	31,9	32,3	32,8	33,4	32,7	32,0	31,4	30,8	31,7
	Média Normais Climatológicas (1973-1990)	26,4	26,4	26,7	27,0	27,2	27,0	27,0	27,5	27,6	27,2	26,9	26,5	26,9
	Mínima Normais Climatológicas (1973-1990)	22,3	22,2	22,5	22,6	22,5	21,6	21,1	21,5	22,4	22,4	22,4	22,2	22,1
	Máxima Período (2007 a 2017)	31,4	31,6	32,1	32,6	33,3	33,8	34,6	35,5	35,1	34,2	33,0	32,1	33,3
	Média Período (2007 a 2017)	27,3	27,4	27,8	28,2	28,5	28,5	28,6	29,2	29,5	29,1	28,5	27,8	28,4

Nome da Estação	Variável/Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
	Mínima Período (2007 a 2017)	23,1	23,2	23,4	23,8	23,7	23,1	22,7	22,9	23,9	23,9	24,0	23,5	23,4
Tucuruí	Máxima Normais Climatológicas (1971-1990)	31,8	31,4	31,6	31,8	32,5	32,7	33,0	33,4	33,6	33,6	33,0	32,7	32,6
	Média Normais Climatológicas (1971-1990)	26,9	26,8	27,0	27,2	27,5	27,4	27,3	27,6	28,0	28,2	27,7	27,5	27,4
	Mínima Normais Climatológicas (1971-1990)	22,0	22,1	22,3	22,5	22,5	22,1	21,5	21,8	22,4	22,7	22,3	22,3	22,2
	Máxima Período (2007 a 2017)	32,1	32,0	32,3	32,5	33,2	33,6	33,9	34,7	34,9	34,7	34,1	33,2	33,4
	Média Período (2007 a 2017)	27,3	27,2	27,8	28,1	28,6	28,7	28,4	28,9	29,3	29,5	29,2	28,3	28,4

Nome da Estação	Variável/Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
	Mínima Período (2007 a 2017)	22,6	22,4	23,4	23,7	24,0	23,7	23,0	23,1	23,7	24,2	24,4	23,5	23,5

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

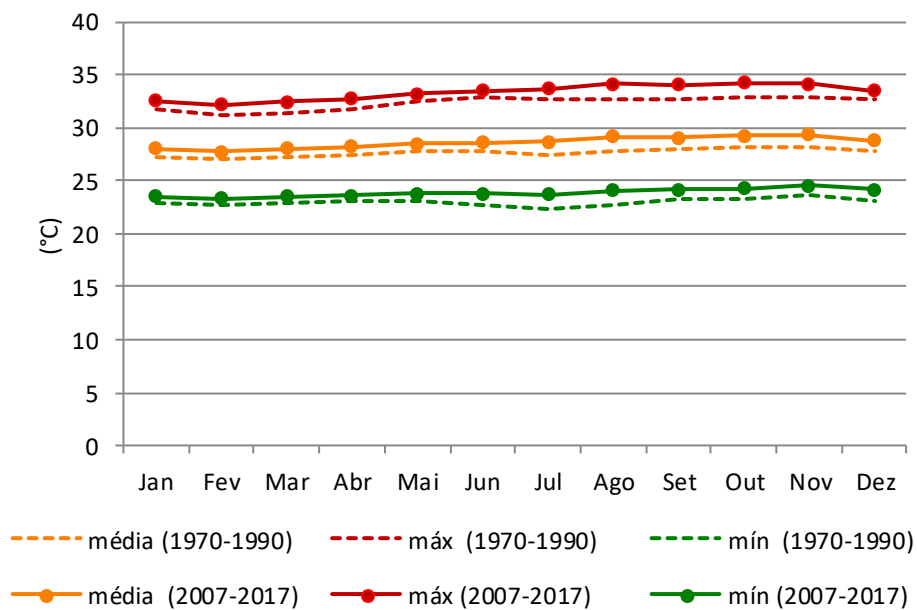


Figura 5.1.1-4 - Variação anual de temperatura (°C) mínima, máxima e média mensal para a Estação Meteorológica de Cametá – PA

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

Através da análise dos dados apresentados acima, verifica-se que as médias de temperatura da estação de Cametá não apresentam variação sazonal relevante, sendo que a amplitude térmica, ao longo do ano, fica em torno de 2°C. Considerando-se os dados da última década (2007 a 2017), observa-se que a temperatura média anual é de 28,6°C, enquanto que as máximas permaneceram sempre entre os 32,1 e 34,2 °C e as mínimas entre 23,3 e 24,6 °C.

Quando comparado com as Normais Climatológicas, verifica-se que apesar do mesmo padrão de distribuição das temperaturas, na última década houve aumento de cerca de 1 °C da temperatura média anual na estação Cametá, passando de 27,6 °C para 28,6 °C.

Na **Figura 5.1.1-5** são apresentados os dados de temperatura máxima, média e mínima para a estação de Marabá.

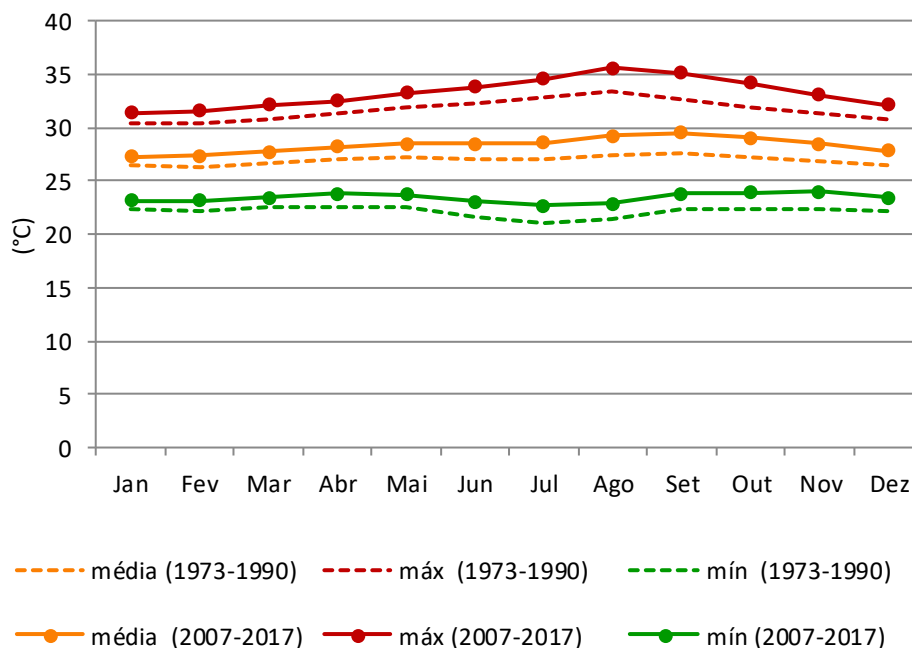


Figura 5.1.1-5 - Variação anual de temperatura (°C) mínima, máxima e média mensal para a Estação Meteorológica de Marabá – PA

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

Assim como verificado na estação de Cametá, as médias de temperatura na estação de Marabá não apresentam comportamento sazonal e as variações médias anuais ficam em torno de 2 °C. Os dados do período entre 2007 a 2017 mostram que a temperatura máxima média registrada foi de 35,5 °C (agosto) e a mínima de 22,7 °C (julho).

Comparando-se os dados da última década com os dados das Normais Climatológicas, verifica-se que a estação Marabá apresenta o mesmo padrão de distribuição anual das temperaturas nos dois períodos, no entanto na última década observa-se que houve aumento de cerca de 1,5 °C da temperatura média anual, passando de 26,9 °C para 28,4 °C.

Na **Figura 5.1.1-6** são expostos os dados de temperatura máxima, média e mínima para a estação de Tucuruí.

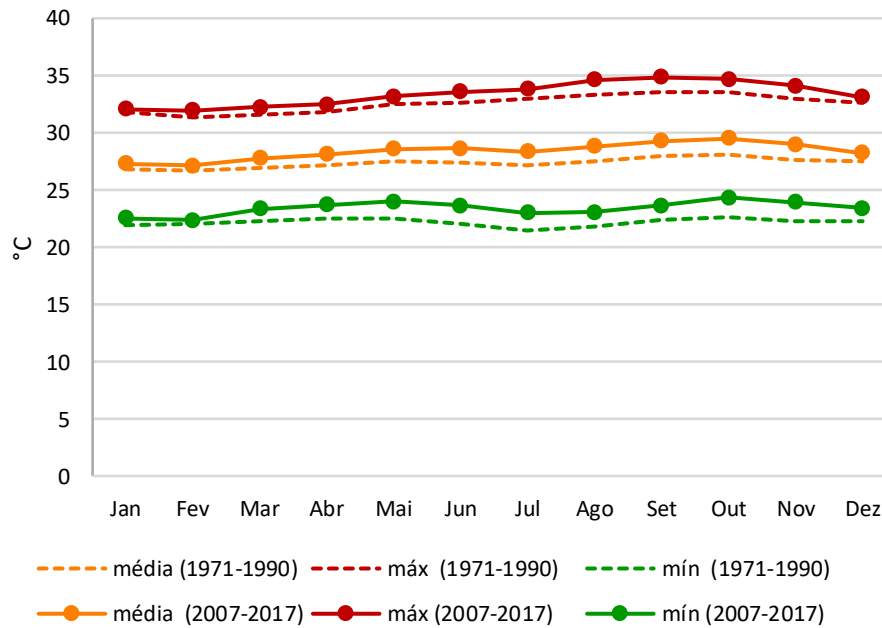


Figura 5.1.1-6 - Variação anual de temperatura (°C) mínima, máxima e média mensal para a Estação Meteorológica de Tucuruí – PA

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

A estação de Tucuruí não se diferencia dos padrões apresentados nas estações anteriores, exibindo baixa influência da sazonalidade e baixa amplitude térmica anual. Na última década (2007 a 2017) as temperaturas máximas se mantiveram entre 32,0 °C e 34,9 °C e as mínimas entre 22,4 °C e 24,4 °C.

A comparação dos dados da última década com os dados das Normais Climatológicas, refletem o mesmo perfil de Cametá e Marabá, notando-se a correlação no padrão de distribuição das temperaturas durante o ano e a elevação das temperaturas médias na última década.

Devido à baixa amplitude térmica apresentada pelas estações, reflexo da posição latitudinal em que estão inseridas, nota-se através dos climatogramas (**Figura 5.1.1-7** à **Figura 5.1.1-9**) que as curvas de temperatura não acompanham o comportamento sazonal dos índices pluviométricos.

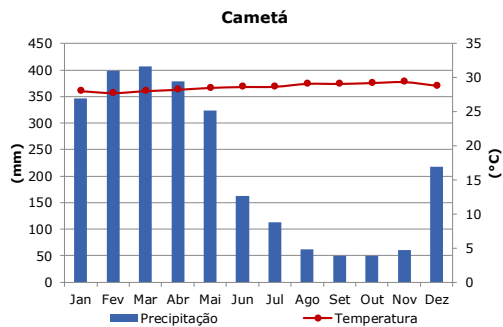


Figura 5.1.1-7 - Climatograma estação Cameté - período (2007 a 2017)

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

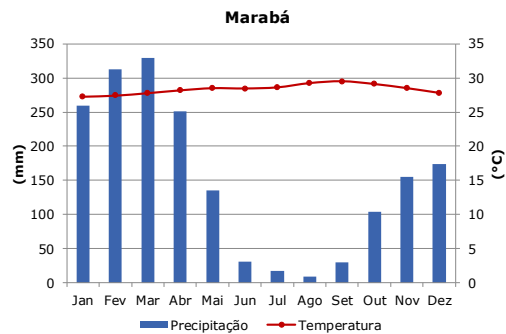


Figura 5.1.1-8 - Climatograma estação Marabá - período (2007 a 2017)

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

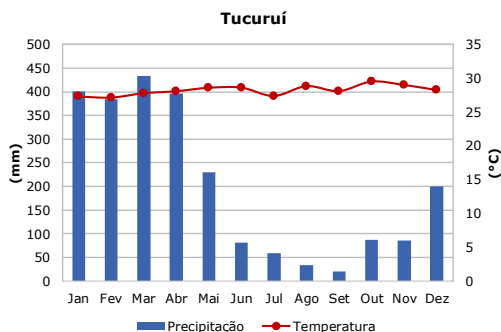


Figura 5.1.1-9 - Climatograma estação Tucuruí - período (2007 a 2017)

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

5.1.1.5 Ventos

Na região norte do país, a constante incidência de radiação solar forma uma zona de baixa pressão, para a qual se deslocam os ventos alísios de sudeste, vindos do hemisfério sul, e os ventos alísios de nordeste, vindos do hemisfério norte. A ascensão desses ventos causa o resfriamento em níveis mais altos, provocando a perda de umidade por condensação e precipitação. Em consequência ocorre, em altitude, um movimento em sentido contrário até a zona dos cinturões anticiclônicos, ali há movimento subsidente, o qual promove o aquecimento gerando novamente os alísios.

Para análise da velocidade e direção dos ventos da região do empreendimento foram considerados os dados dos últimos 10 anos (2007 a 2017) das estações Cametá, Marabá e Tucuruí.

Conforme pode ser observado na **Tabela 5.1.1-3**, verifica-se que a estação de Cametá registra a maior média anual de velocidade, cerca de 2,57 m/s, enquanto que nas estações de Marabá e Tucuruí a velocidade média anual não ultrapassa 1,30 m/s.

Utilizando-se a Escala Anemométrica Internacional de Beaufort e considerando-se as médias anuais apresentadas, os ventos registrados pela estação Cametá – média de 2,57 m/s - podem ser classificados como brisa leve (1,60 a 3,30 m/s), enquanto que os ventos apresentados pela estação de Marabá – média de 1,30 m/s – e pela estação Tucuruí – média de 1,15 m/s – podem ser categorizados como aragem (0,30 – 1,50 m/s).

Tabela 5.1.1-3 – Velocidade média dos ventos (m/s) e direção predominante dos ventos mensal e anual nas estações meteorológicas de Cametá, Marabá e Tucuruí – PA

Estação	Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
Cametá	Velocidade Média Período 2007 a 2017	2,61	2,51	2,53	2,42	2,44	2,41	2,49	2,46	2,96	3,35	3,17	2,97	2,69
	Direção Predominante Período 2007 a 2017	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE
Marabá	Velocidade Média Período 2007 a 2017	1,18	1,29	1,34	1,21	1,35	1,35	1,43	1,46	1,74	1,63	1,50	1,34	1,40
	Direção Predominante Período 2007 a 2017	N	N	N	N	E / N	E	E	E	N	N	N	N	N
Tucuruí	Velocidade Média Período 2007 a 2017	1,12	1,15	1,12	1,10	1,11	1,21	1,32	1,43	1,46	1,46	1,31	1,14	1,24
	Direção Predominante Período 2007 a 2017	C	C	C	C	C	NE	NE	NE	NE	NE	NE	N	C/NE

Fonte: INMET, 2018. Elaborado por: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

Legenda: C – Calma E – Leste N – Norte NNE – Norte-Nordeste NE - Nordeste

Considerando-se o padrão de distribuição da média de velocidade dos últimos dez anos na Estação de Cametá (**Figura 5.1.1-10**), nota-se que o segundo semestre é marcado por ventos com maior velocidade, com máxima de 3,35 m/s apresentada no mês de outubro e mínima de 2,41 m/s no mês de fevereiro. No que se refere à direção do vento, nota-se a predominância de ventos oriundos de norte nordeste (NNE) (**Figura 5.1.1-11**).

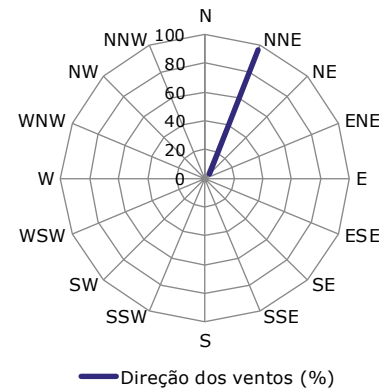
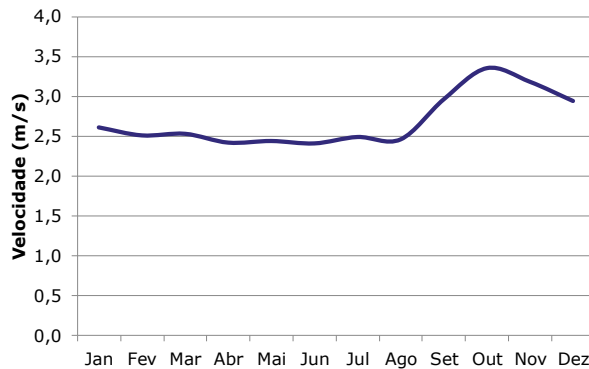


Figura 5.1.1-10 – Velocidade média mensal dos ventos da Estação Meteorológica de Cametá (PA) – período 2007 a 2017

Figura 5.1.1-11 – Direção dos ventos da Estação Meteorológica de Cametá (PA) – período 2007 a 2017

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

Na estação Marabá, apesar da maior variação no padrão de distribuição das médias de velocidade dos ventos durante o ano, quando comparado à estação de Cametá, nota-se a elevação das velocidades entre os meses de agosto a novembro, apresentando máxima de 1,74 m/s no mês de setembro e mínima de 1,18 m/s no mês de janeiro. Nesta estação predominam ventos oriundos de norte, com incidência menor de ventos de leste e nordeste (**Figura 5.1.1-13**).

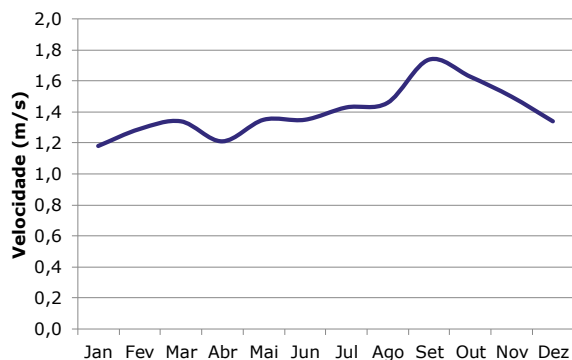


Figura 5.1.1-12 – Velocidade média mensal dos ventos para a Estação Meteorológica de Marabá (PA) – período 2007 a 2017

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

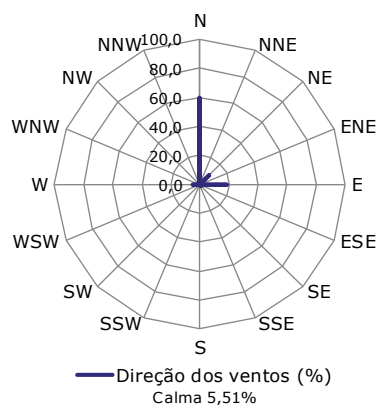


Figura 5.1.1-13 – Direção dos ventos da Estação Meteorológica de Marabá (PA) – período 2007 a 2017

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

Na estação de Tucuruí, observa-se que o segundo semestre é marcado por ventos mais fortes, com máxima de 1,46 m/s registrada nos meses de setembro e outubro e mínima de 1,10 m/s registrada no mês de abril. No que se refere a direção dos ventos, nota-se que nesta estação predominam ventos oriundos de nordeste e norte.

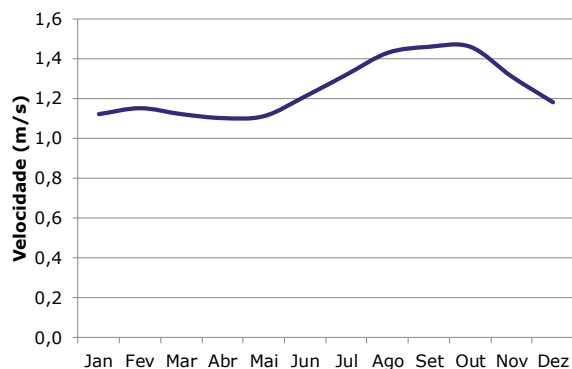


Figura 5.1.1-14 – Velocidade média mensal dos ventos para a Estação Meteorológica de Tucuruí (PA) – período 2007 a 2017

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

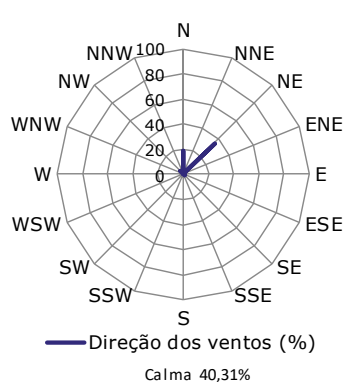


Figura 5.1.1-15 – Direção dos ventos da Estação Meteorológica de Tucuruí (PA) – período 2007 a 2017

Fonte: INMET, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

5.1.2 Ruído e Vibração

5.1.2.1 Considerações Metodológicas

A seguir é apresentada a caracterização dos níveis de ruído e vibração nas áreas de influência do empreendimento. A caracterização foi baseada em dados primários, medidos em campo. Adicionalmente às medições de nível de ruído e vibração, foram realizadas medições de ruído subaquático (que incluindo todos os trechos previsto para implantação da via navegável) durante as amostragens de fauna (cetáceos), cujos resultados são apresentados no capítulo 5.2.1.2.4, Diagnóstico ambiental de cetáceos. Ressalta-se que os impactos relacionados à emissão de ruídos e vibrações são identificados e avaliados no capítulo 6, Identificação e a avaliação de impactos ambientais.

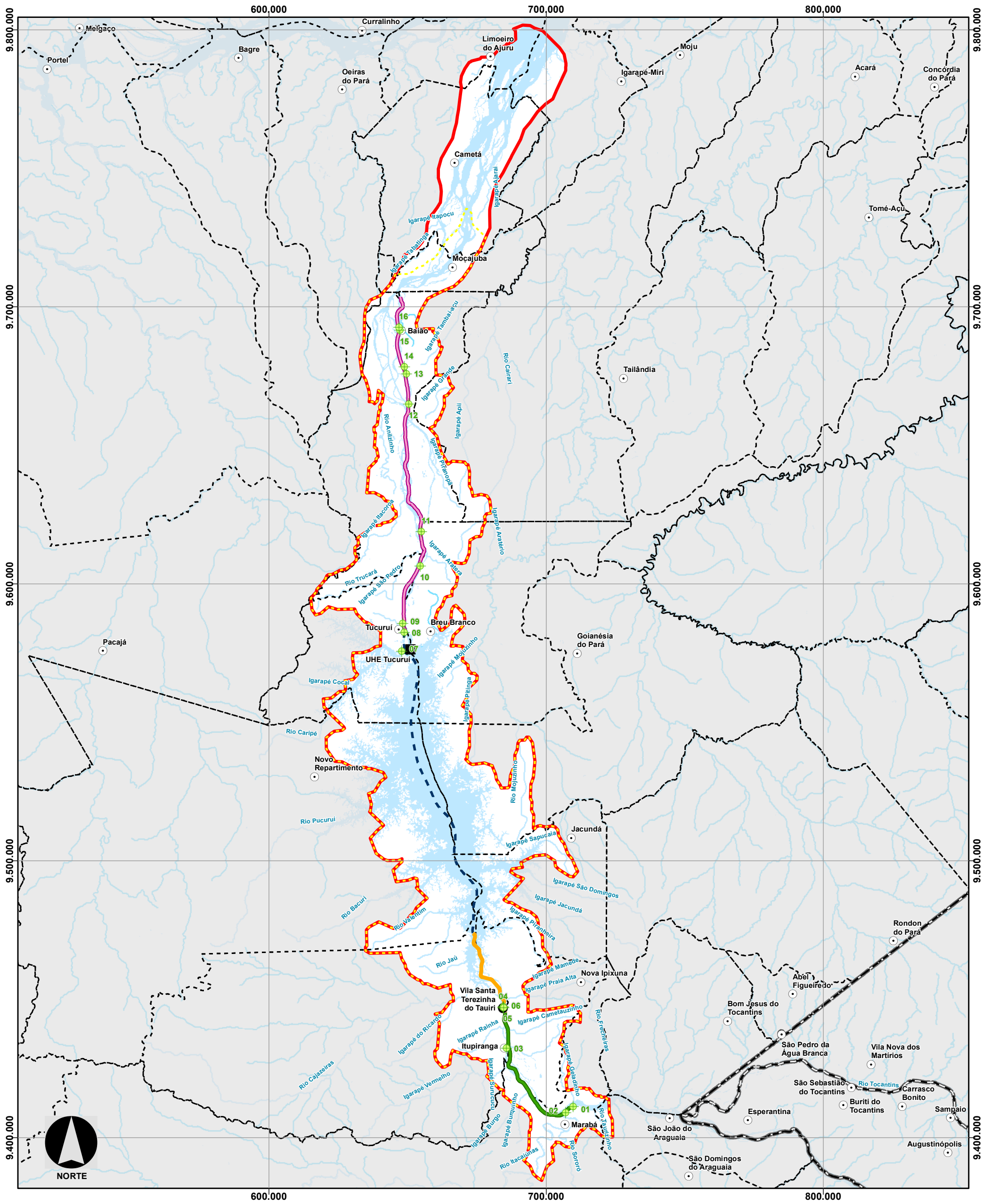
O levantamento dos níveis de ruído e vibração foi realizado no mês de janeiro de 2018 na ADA e AID do empreendimento e seu entorno, em 16 pontos, buscando locais com receptores potencialmente críticos.

Na escolha dos pontos foram considerados locais representativos das áreas com receptores sensíveis (residências e instituições de saúde) a uma distância de até cerca de 1 km das obras previstas, considerando que, além dessa distância, o ruído de obras não terá potencial de impacto significativo.

O **Quadro 5.1.2-1** apresenta as coordenadas dos pontos de medição e o **Mapa 5.1.2-1** apresenta a localização dos pontos de medição de ruído e vibração.

Quadro 5.1.2-1- Pontos de Medição de Ruído e Vibração

Pontos de Medição	Coordenada UTM (Sirgas 2000)		
Ponto 1	22M	709811	9411211
Ponto 2	22M	707080	9409088
Ponto 3	22M	685698	9432355
Ponto 4	22M	684552	9447254
Ponto 5	22M	684494	9447019
Ponto 6	22M	684689	9446985
Ponto 7	22M	647880	9575782
Ponto 8	22M	648801	9582428
Ponto 9	22M	648266	9585777
Ponto 10	22M	654574	9606465
Ponto 11	22M	655042	9618943
Ponto 12	22M	650461	9664899
Ponto 13	22M	649623	9675833
Ponto 14	22M	648917	9678388
Ponto 15	22M	647262	9691542
Ponto 16	22M	646911	9692679



CONVENÇÕES	
	Pontos Monit. Ruído e Vibração
	Sedes Municipais
	Vila Taurí
	Corpos d'água
	Massa d'água
	Limite Municipal
	Limite Estadual
	Tronco do Reservatório
	ADA - Área Diretamente Afetada
	Tronco 1 - Montante - Marabá à Itupiranga
	Tronco 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogeá
	Tronco 3 - Jusante - Tucuruí à Baião
	Área de Influência Direta
	Área de Influência Indireta



Consórcio **DTA**
O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Localização dos Pontos de Medição de Ruído e Vibração

NÚMERO DO MAPA: 5.1.2-1	ESCALA/FORMATO: 1:1.285.000/A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018.

5.1.2.1.1 Medições de Ruído

As medições de ruído foram feitas com análise estatística dos dados, sendo anotado, entre outros parâmetros, o L_{Aeq} (nível equivalente contínuo), que é o índice de referência legal para o caso em análise, o L_{90} (ruído de fundo) e o L_{10} . O L_{Aeq} representa o nível de ruído que, emitido de forma constante, apresenta a mesma energia da fonte medida na prática. Pode, portanto, ser considerado como o “ruído médio”. Já o L_{90} é o nível de ruído que é ultrapassado 90 % do tempo, sendo denominado “ruído de fundo”. Finalmente, o L_{10} , é o ruído que é ultrapassado em 10 % do tempo sendo, portanto, o nível sonoro máximo, se forem desconsiderados os picos isolados.

Em cada ponto selecionado foram feitas medições de nível sonoro, com um período de amostragem mínimo de 5 minutos, desde que o valor do L_{Aeq} estivesse estabilizado.

5.1.2.1.2 Medições de vibração

A avaliação de vibrações foi feita concomitantemente à de ruído, em amostragens de 5 minutos, em cada ponto, tendo sido anotados, entre outros parâmetros, a velocidade RMS e pico, com utilização de acelerômetro triaxial, permitindo a análise da resultante dos eixos horizontais e do eixo vertical, separadamente.

A avaliação da velocidade da partícula em vibração indica o movimento vibratório, de forma linear, de mais simples compreensão sendo um indicador bastante abrangente para médias frequências (de 10 a 1000 Hz, RMS). Dá, portanto, uma boa indicação da severidade, motivo pelo qual é utilizada a velocidade como parâmetro de avaliação em padrões ambientais e legais.

O resultado em RMS representa a energia média do fenômeno vibratório, considerando o histórico do movimento de vibração, sendo um parâmetro representativo do potencial efeito danoso.

A medição do pico vibratório indica o máximo movimento, a maior amplitude do fenômeno vibratório e, por não considerar o histórico da vibração, indica os choques de curta duração, sendo esta a referência para os padrões normativos. Em uma

análise detalhada devem ser considerados os dois parâmetros conjuntamente, sendo que nos laudos também se apresenta o segundo maior pico de vibração, que dá uma melhor indicação de se tratar ou não de evento isolado.

5.1.2.1.3 Materiais

Para a realização dos trabalhos de campo, foi utilizado o seguinte equipamento:

- Medidor de Ruído e Vibrações: Marca Svantek, modelo 958, com análise estatística de dados, dotado de acelerômetro triaxial. Com certificado de calibração Nº: 77.906 (cópia no **Anexo 5.1-I**), emitido em 16/05/2016, pelo laboratório da Chrompack (pertencente à RBC – Rede Brasileira de Calibração, conforme credenciamento Nº 256, emitido pelo Cgre/Inmetro);
- Calibrador Acústico: Svan SV 30A, devidamente aferido pelo fabricante. Com certificado de calibração Nº: 77.908 (cópia no **Anexo 5.1-II**), emitido em 16/05/2016, pelo laboratório da Chrompack (pertencente à RBC – Rede Brasileira de Calibração, conforme credenciamento Nº 256, emitido pelo Cgre/Inmetro);
- Software Svan PC+, para conexão com computador e análise de resultados;
- Microcomputador: NEC Versa FC160, conectado ao medidor de nível sonoro; e
- GPS: Marca Garmim, modelo GPSmap CSx60, com altímetro barométrico.

As medições de ruído foram executadas de acordo com as determinações da norma CETESB DD-100/2009 que, além de atender todos os requisitos, é mais abrangente e detalhada que a NBR 10.151, sendo que os aparelhos utilizados atendem os requisitos da IEC 60651 e 60804, sendo classificados como de Tipo 1 (de precisão).

Os laudos de medição de ruídos e vibrações, com registro gráfico dos mesmos, encontram-se no **Anexo 5.1-III**. Todas as fotografias utilizadas para ilustrar os locais avaliados foram tiradas no momento da medição diurna.

5.1.2.2 Legislação Aplicável

5.1.2.2.1 Ruído

No Brasil a legislação pertinente aos níveis de ruído é a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA Nº 001/1986, que determina que sejam atendidos os critérios estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, em sua norma técnica NBR 10.151 (revisão de 2000) – “Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, Visando o Conforto da Comunidade”, para ruídos emitidos em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas.

Os níveis máximos de ruído externo que esta norma técnica NBR 10.151, considera recomendável para conforto acústico são apresentados no **Quadro 5.1.2-2**.

Quadro 5.1.2-2 - Limites de Ruído conforme NBR 10.151 – dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Obs.: Caso o nível de ruído preexistente no local seja superior aos relacionados nesta tabela, então este será o limite.

Fonte: NBR 10.151 - “Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, Visando o Conforto da Comunidade”.

A reação pública a uma fonte de ruído normalmente só ocorre se for ultrapassado o limite normalizado, e é tanto mais intenso quanto maior o valor desta ultrapassagem.

5.1.2.2.2 Vibração

Não há legislação federal brasileira específica para avaliação de vibração. Entretanto, existem diversos estudos internacionais que visam determinar o grau de incômodo de vibrações sobre o ser humano e em construções. Dentre estes, adotou-se neste estudo o critério de avaliação das possíveis interferências a serem causadas no meio ambiente pelos eventos de vibração, conforme apresentados no **Quadro 5.1.2-3**.

Quadro 5.1.2-3 - Níveis Recomendáveis de Vibrações

Velocidade de Partícula – pico (mm/s)	Reação Humana	Efeitos Sobre As Construções
0 - 0,15	Imperceptível pela população, não incomoda	Não causam danos de nenhum tipo
0,15 a 0,30	Limiar de percepção – possibilidade de incômodo	Não causam danos de nenhum tipo
2,0	Vibração perceptível	Vibrações máximas recomendadas para ruínas e monumentos antigos
2,5	Vibrações contínuas produzem incômodo na população	Virtualmente, não há risco de dano arquitetural às construções normais
5	Vibrações incomodativas	Limiar, no qual existe risco de dano às construções
10 – 15	Vibrações desagradáveis	Causam danos arquiteturais às residências

Observações:

- Os valores de velocidade referem-se ao componente vertical da vibração.
- A medição para avaliação da resposta humana é feita no ponto onde esta se localiza.
- Para edificações, o valor refere-se à medição realizada no solo.
- Considera-se, na aplicação destes parâmetros, os movimentos vibratórios com frequência acima de 3 Hz.

Fonte: Whiffin A. C. and D.R. Leonard, 1971.

5.1.2.3 Caracterização da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA)

A seguir são apresentados os locais onde foram feitas as medições de ruído e vibração e seus resultados.

Ponto 1

Localização:

Marabá

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	709811	9411211



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	41,1	53,3	0,861	0,164	0,235	0,101

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Atendimento ao padrão diurno e ultrapassagem do noturno.
- Fonte sonora predominante: fauna e vozes nos dois períodos.
- NCA * (para monitoramento): 55,0 dB(A) diurno e 53,3 dB(A) noturno.
- Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações.

* NCA – Nível de Critério de Avaliação, conforme a norma NBR-10.151, é o padrão de ruído ou o nível prévio medido, o que for maior.

Ponto 2

Localização:

Marabá

Av. Marechal Deodoro, 2072

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	707080	9409088



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	63,9	61,6	0,385	0,302	0,127	0,118

- Área mista com vocação comercial: padrão de ruído diurno 60 dB(A) e noturno 55 dB(A).
- Ultrapassagem do padrão nos dois períodos.
- Fonte sonora predominante: tráfego de veículos, vozes e música nos dois períodos.
- NCA (para monitoramento): 63,9 dB(A) diurno e 61,6 dB(A) noturno.
- Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações.

Ponto 3

Localização:

Itupiranga

Av. Beira Rio x R. Santo Antônio

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	685698	9432355



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	54,0	51,1	0,153	0,150	0,134	0,130

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Atendimento ao padrão diurno e ultrapassagem do noturno.
- Fonte sonora predominante: tráfego de veículos e vozes no período diurno; e tráfego, vozes e fauna no noturna.
- NCA (para monitoramento): 55,0 dB(A) diurno e 51,1 dB(A) noturno.
- Picos de vibração no limiar de percepção, sem potencial de danos às edificações.

Ponto 4

Localização:

Itupiranga

Recanto do Lourenção

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	684552	9447254



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	44,8	55,8	0,158	0,135	0,211	0,114

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Atendimento ao padrão diurno e ultrapassagem do noturno.
- Fonte sonora predominante: fauna e vento na vegetação nos dois períodos.
- NCA (para monitoramento): 55,0 dB(A) diurno e 55,8 dB(A) noturno.
- Picos de vibração no limiar de percepção, sem potencial de danos às edificações.

Ponto 5

Localização:

Itupiranga

Santa Terezinha do Tauiri

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	684494	9447019



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	43,0	45,5	0,292	0,263	0,136	0,122

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Atendimento ao padrão diurno e noturno.
- Fonte sonora predominante: fauna e vento na vegetação nos dois períodos.
- NCA (para monitoramento): 55,0 dB(A) diurno e 50,0 dB(A) noturno.
- Picos de vibração no limiar de percepção, sem potencial de danos às edificações.

Ponto 6

Localização:

Itupiranga

Santa Terezinha do Tauiri

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	684689	9446985



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	47,8	59,2	0,151	0,117	0,151	0,138

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Atendimento ao padrão diurno e ultrapassagem do noturno.
- Fonte sonora predominante: fauna, vento na vegetação e tráfego de motos no período diurno; e fauna e música em bares no noturno.
- NCA (para monitoramento): 55,0 dB(A) diurno e 59,2 dB(A) noturno.
- Picos de vibração no limiar de percepção, sem potencial de danos às edificações.

Ponto 7

Localização:

Tucuruí

R. Passo Real, 20 – Vila Residencial Eletronorte

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	647880	9575782



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	54,0	54,0	1,035	0,944	0,170	0,169

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Atendimento ao padrão diurno e ultrapassagem do noturno.
- Fonte sonora predominante: tráfego de veículos e aves no período diurno; e fauna, vozes e vento na vegetação no noturno.
- NCA (para monitoramento): 55,0 dB(A) diurno e 54,0 dB(A) noturno.
- Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações.

Ponto 8

Localização:

Tucuruí

R. Santo Antônio, s/n

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	648801	9582428



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	47,9	48,5	0,684	0,617	0,285	0,176

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Atendimento ao padrão diurno e noturno.
- Fonte sonora predominante: tráfego de veículos distante, aves e vozes no período diurno; e a fauna no noturno.
- NCA (para monitoramento): 55,0 dB(A) diurno e 50,0 dB(A) noturno.
- Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações.

Ponto 9

Localização:

Tucuruí

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	648266	9585777



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	46,4	47,6	0,197	0,166	0,196	0,126

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Atendimento ao padrão diurno e noturno.
- Fonte sonora predominante: vento na vegetação e tráfego de embarcações no rio no período diurno; e fauna, vozes e cachorros no noturno.
- NCA (para monitoramento): 55,0 dB(A) diurno e 50,0 dB(A) noturno.
- Picos de vibração no limiar de percepção, sem potencial de danos às edificações.

Ponto 10

Localização:

Breu Branco

Moru – rampa de acesso ao rio.

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	654574	9606465



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	47,2	47,9	0,207	0,188	0,105	0,097

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Atendimento ao padrão diurno e noturno.
- Fonte sonora predominante: vozes e música no período diurno; e vento na vegetação, fauna e vozes no noturno.
- NCA (para monitoramento): 55,0 dB(A) diurno e 50,0 dB(A) noturno.
- Picos de vibração no limiar de percepção, sem potencial de danos às edificações.

Ponto 11

Localização:

Breu Branco

EMEF Maximiano Santana – Nazaré dos Patos

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	655042	9618943



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	44,2	48,6	0,155	0,141	0,099	0,086

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Atendimento ao padrão diurno e noturno.
- Fonte sonora predominante: música, aves, tráfego de veículos e vozes no período diurno; e vozes, música e fauna no noturno.
- NCA (para monitoramento): 55,0 dB(A) diurno e 50,0 dB(A) noturno.
- Picos de vibração no limiar de percepção, sem potencial de danos às edificações.

Ponto 12

Localização:

Baião

São Joaquim do Itaquara

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	650461	9664899



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	49,1	46,1	0,214	0,184	0,226	0,161

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Atendimento ao padrão diurno e noturno.
- Fonte sonora predominante: música, aves, movimento de embarcações e vozes no período diurno; e o vento na vegetação, fauna e ondas no rio no noturno.
- NCA (para monitoramento): 55,0 dB(A) diurno e 50,0 dB(A) noturno.
- Picos de vibração no limiar de percepção, sem potencial de danos às edificações.

Ponto 13

Localização:

Baião

Cardoso

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	649623	9675833



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	45,3	51,7	0,562	0,556	0,240	0,229

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Atendimento ao padrão diurno e ultrapassagem do noturno.
- Fonte sonora predominante: música e vozes no período diurno; e fauna no noturno.
- NCA (para monitoramento): 55,0 dB(A) diurno e 51,7 dB(A) noturno.
- Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações.

Ponto 14

Localização:

Baião

Calado

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	648917	9678388



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	36,1	44,0	0,272	0,263	0,123	0,100

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Atendimento ao padrão diurno e noturno.
- Fonte sonora predominante: fauna e vozes no período diurno; e apenas fauna no noturno.
- NCA (para monitoramento): 55,0 dB(A) diurno e 50,0 dB(A) noturno.
- Picos de vibração no limiar de percepção, sem potencial de danos às edificações.

Ponto 15

Localização:

Baião

Travessa Samuel Bechimol, s/n.

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	647262	9691542



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	43,8	49,5	0,122	0,120	0,142	0,106

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Atendimento ao padrão diurno e noturno.
- Fonte sonora predominante: fauna no período diurno; e música, tráfego de veículos na região e a fauna no noturno.
- NCA (para monitoramento): 55,0 dB(A) diurno e 50,0 dB(A) noturno.
- Picos de vibração não perceptíveis, sem potencial de danos às edificações.

Ponto 16

Localização:

Baião

Estrada do Limão, 209

Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000)

Zona	Easting	Northing
22M	646911	9692679



Campanha	Nível de Ruído (dB(A))		Velocidade Pico (mm/s)			
	Dia	Noite	Vertical		Horizontal	
			1ª máxima	2ª máxima	1ª máxima	2ª máxima
Janeiro/2018	60,4	51,5	0,275	0,245	0,285	0,234

- Área mista, predominantemente residencial: padrão de ruído diurno 55 dB(A) e noturno 50 dB(A).
- Ultrapassagem do padrão diurno e noturno.
- Fonte sonora predominante: tráfego de veículos, música e vozes no período diurno; e tráfego, música e fauna no noturno.
- NCA (para monitoramento): 60,4 dB(A) diurno e 51,5 dB(A) noturno.
- Picos de vibração no limiar de percepção, sem potencial de danos às edificações.

Foram avaliados 16 pontos representativos dos receptores potencialmente críticos da área em estudo.

Com exceção do ponto 2, todos os pontos estão localizados em área predominantemente residencial, onde são recomendados pela NBR 10.151 o nível de ruído de 55 dB(A) para o período diurno e 50 dB(A) para o noturno. Já o ponto 2 está em área mista com vocação comercial e os padrões diurno e noturno são 60 dB(A) e 55 dB(A), respectivamente.

Apenas nos pontos 2 e 16 observou-se ultrapassagem do padrão nos dois períodos avaliados, sendo os únicos que não atenderam o nível de ruído recomendado para o período diurno. Já os pontos 1, 3, 4, 6, 7 e 13 atenderam o padrão diurno e apresentaram níveis de ruído acima do padrão noturno, na maior parte dos casos devido à fauna noturna, de característica ruidosa. Nos demais pontos avaliados, todos os níveis sonoros medidos atenderam os respectivos padrões normativos, tanto para o período diurno quanto para o noturno.

Portanto, por se tratar de área não degradada acusticamente, os limites recomendáveis a serem adotados nas avaliações futuras, são – na maioria dos pontos – os respectivos padrões recomendados pela NBR 10.151. Já nos pontos onde observou-se ultrapassagem de padrão, deve-se manter como NCA o valor medido nesta campanha.

No que diz respeito às vibrações, os pontos 1, 2, 7, 8 e 13 apresentaram picos acima do limiar de percepção. Ressalta-se, no entanto, que os picos máximos de vibração verificados não são de intensidade com potencial de provocar danos à edificações de qualquer espécie.

Por não se tratar de uma região submetida à picos de vibração, novas fontes de vibração que venham a surgir podem vir a causar alterações perceptíveis, em comparação com a condição atual.

5.1.3 Geologia

5.1.3.1 Considerações Metodológicas

Para a descrição da geologia da área das obras de dragagem e derrocamento da via navegável do Rio Tocantins, foram compilados dados existentes e executados levantamentos complementares de campo, que tiveram por objetivo caracterizar o substrato rochoso e as coberturas detríticas, além de avaliar as suas fragilidades e potencialidades e elaborar o diagnóstico ambiental da AII, AID e ADA.

Para a descrição do substrato rochoso foram utilizados dados do Mapa Geológico do Estado do Pará (VASQUEZ e ROSA COSTA, 2008), da Folha S A. 22 – Belém (BAHIA *et al*, 2004), ambos na escala 1:1.000.000, e o trabalho de Hasui (2012). Para a caracterização das unidades litoestratigráficas foram considerados outros trabalhos, cuja citação está apresentada nas referências bibliográficas.

Os estudos enfatizam a evolução geotectônica da região, as unidades litoestratigráficas, os tipos de rochas e sedimentos, sua distribuição espacial e suas propriedades geotécnicas frente aos processos da dinâmica superficial e de estabilidade de taludes. O substrato foi também analisado quanto ao seu papel no condicionamento das formas de relevo e na rede hidrográfica.

Os trabalhos de campo para caracterização dos atributos dos diferentes tipos de rocha que ocorrem na área de estudo (AID/ADA), foram feitos ao longo do rio e de estradas, no trecho situado entre Marabá e Baião, com enfoque nas margens do rio Tocantins. A campanha teve duração de 12 dias, realizada no mês de dezembro de 2016, com a descrição de 260 pontos de observação, localizados por coordenadas UTM e com registro fotográfico.

Ressalta-se que as informações detalhadas referentes à caracterização litológica dos pedrais a serem derrocados, sua dimensão e volume são apresentados no item 2.4.2, de caracterização do empreendimento, projeto de derrocamento.

5.1.3.2 Geologia Regional – Área de Influência Indireta (All)

5.1.3.2.1 Contexto Geotectônico

A Área de Estudo para implantação das obras de dragagem e derrocamento da via navegável do rio Tocantins, está inserida na zona de contato entre quatro províncias estruturais do Brasil (**Figura 5.1.3-1**): Província do Tapajós, Província do Tocantins, Província do Parnaíba e Província do Amazonas (ALMEIDA *et al*, 1977 e 1981).

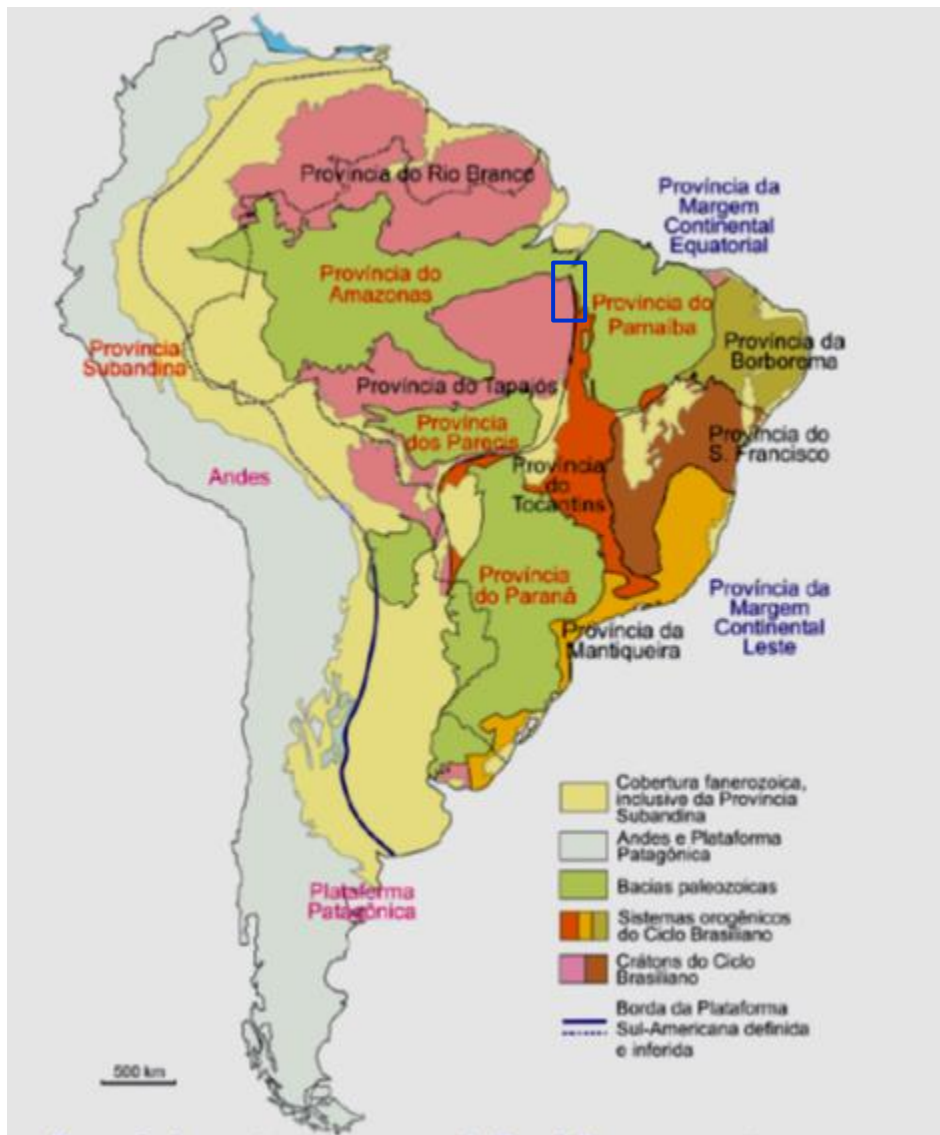


Figura 5.1.3-1 - Províncias estruturais do Brasil baseada em Almeida *et al* (1977 e 1988) e modificadas por Hasui (2012), onde se encontra inserida a Área de Estudo, (localização aproximada)

Fonte: Hasui, 2012.

Essas províncias são constituídas por rochas ígneas e metamórficas arqueanas e proterozóicas do Cráton Amazônico e do Sistema Orogenético Tocantins, e por rochas sedimentares mesozoicas e cenozoicas das bacias do Amazonas, do Marajó-Grajaú e do Marajó, que caracterizam diferentes setores cuja distribuição é mostrada na **Figura 5.1.3-2**.

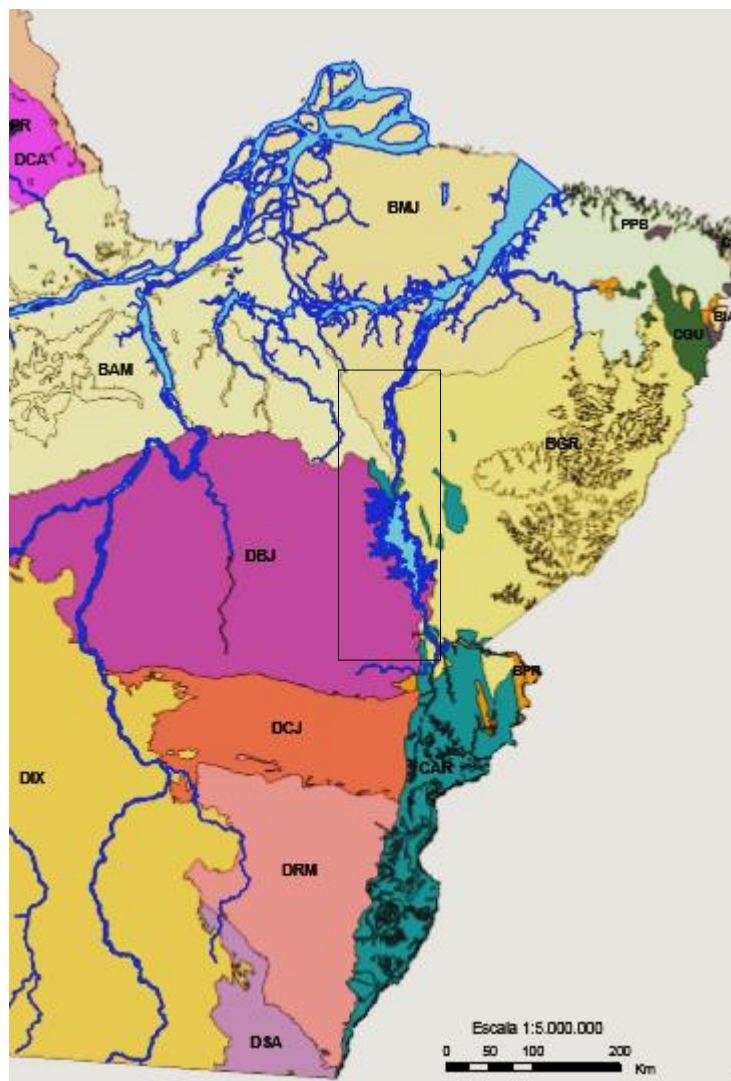


Figura 5.1.3-2 - Províncias estruturais e setores que ocorrem na região em que está inserida a área de estudo (localização aproximada). Província Transamazônicas: Domínio Bacajá (DBJ); Província Tocantins: Cinturão Araguaia (CAR); Província Parnaíba: Bacia Marajó-Grajaú (BGR), Bacia do Marajó (BMJ); Província Amazonas: Bacia do Amazonas (BAM)

Fonte: Vasquez, Sousa E Carvalho, 2008 e Hasui, 2012

A Província Tapajós compreende parte do Cráton Amazônico, que na margem esquerda do rio Tocantins é constituído pelos setores Tapajós, Iriri, Santana do Araguaia, Rio Maria, Carajás e Bacajá (HASUI, 2012).

O Cráton Amazônico representa uma grande placa litosférica continental, composta por várias províncias crustais de idades arqueana a mesoproterozóica, estabilizada tectonicamente em torno de 1,0 Ga, tendo-se comportado como uma placa estável no Neoproterozóico, durante o desenvolvimento das faixas orogênicas marginais brasileiras (BRITO NEVES e CORDANI 1991, apud VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO ,2008).

Na área de estudo o Craton Amazônico é representado pelo setor Bacajá (DBJ), composto por associações tectônicas de: fragmentos arqueanos e siderianos retrabalhados durante o Ciclo Transamazônico, granitóides de arcos magmáticos riacianos, granitóides e charnockitos relacionados ao clímax e estágios posteriores da colisão continental riaciana, podendo ser considerado como um órogeno colisional (VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008).

O setor Bacajá (HASUI, 2012), na margem esquerda do rio Tocantins, é constituído por rochas de alto grau metamórfico arqueanas; representadas pelos complexos Cajazeiras (3010 Ma), Rio Preto (2630 Ma) e Aruanã (2610 Ma), por rochas granitóides pré, tardi e pós tectônicos de idade paleoproterozóicas representadas pelo Complexo Bacajaí (2114 a 2094 Ma) e pelas Suites Intrusivas Arapari (2086 a 2070 Ma) e João Jorge (2077 a 2069 Ma). As principais unidades litoestratigráficas arqueanas e paleoproterozóicas que ocorrem na área de estudo são apresentadas no **Quadro 5.1.3-1**.

A Província Estrutural Tocantins (ALMEIDA *et al.* 1977) é representada pelo Cinturão Araguaia do Sistema Orogrênico Tocantins, que constitui entidade tectônica formada por um sistema de orógenos essencialmente neoproterozóicos, denominados faixas Brasília, Paraguai e Araguaia, e Arco Mágmatóico de Goiás, cuja evolução se deu durante o Ciclo Orogrênico Brasileiro/Pan Africano, a partir da convergência e colisão de blocos continentais: o Cráton Amazônico (a oeste), o Cráton São Francisco (a leste) e o Cráton Parapanema (a sudoeste e encoberto por rochas fanerozóicas da Bacia do Paraná), durante a amalgamação do Gondwana Oriental.

Além dos orógenos neoproterozóicos, a Província Tocantins é constituída por diversos terrenos com idades que variam do Mesoarqueano ao Mesoproterozóico, tendo sido todos eles retrabalhados durante o Ciclo Orogênico Brasileiro (VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008).

O Cinturão Araguaia, do Sistema Orogenético Tocantins (HASUI, 2012), ocorre nas proximidades de Marabá e constitui trecho do rio Tocantins que será área do empreendimento.

O Cinturão Araguaia apresenta extensão de aproximadamente 1.200 km e largura de cerca de 100 km, prolongando-se na direção N-S, margeando a borda leste do Cráton Amazônico, desde o extremo norte do Estado do Tocantins até o noroeste do Estado de Goiás, onde é recoberto pelos sedimentos neógenos da Bacia do Bananal, os quais recobrem a região de articulação deste Cinturão com o Cinturão Paraguai, que contorna a borda sul do Cráton Amazônico, com direção principal E-W.

A leste, o Cinturão Araguaia é recoberto por rochas sedimentares fanerozóicas da Bacia Marajó-Grajaú (BGR), e a sudeste faz contato com o Maciço de Goiás (ALMEIDA *et al.* 1976), cujo limite é marcado por um sistema de transcorrências de direção NE-SW que definem o Lineamento Transbrasileiro (VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008).

O Cinturão Araguaia (HASUI, 2012) é formado pelo domínio Rio dos Mangues, e pela Faixa Araguaia, que ocorre na área de estudo, e é representada por unidade metavulcanosedimentar constituída por rochas das formações Piquizeiro e Couto Magalhães e do Grupo Tucuruí, que estão descritas no **Quadro 5.1.3-1**.

As seqüências sedimentares mesozóicas e cenozóicas das bacias do Amazonas, do Marajó-Grajaú e do Marajó, que ocorrem na área, tem a sua tectônica de formação, seu preenchimento, e os eventos magmáticos associados, relacionados às reativações tectônicas dos diferentes estágios de evolução da Plataforma Sul-Americana.

A evolução iniciou com a consolidação de uma plataforma, após as orogenias do Ciclo Brasileiro/ Pan-Africano (725-500 Ma), no limite Neoproterozóico/Cambriano, e a formação de riftes intracontinentais, que pode ter se estendido até o Ordoviciano. Esta etapa de transição (Estágio de Transição, de Almeida 1969 e Almeida *et al.* 2000) foi sucedida pela formação de grandes sinéclises intracratônicas paleozóicas, com transgressões e regressões marinhas, que iniciaram no final do Ordoviciano e se estenderam até final do Permiano, as quais marcam o Estágio de Estabilização da Plataforma Sul-Americana.

Após um período de calma tectônica teve início uma ativação meso-cenozóica (Estágio de Reativação) relacionada à abertura do Oceano Atlântico, com pulsos de magmatismo básico do Neotriássico ao Eocretáceo, formação de riftes abortados e recobrimento das sinéclises paleozóicas. A partir do Neocretáceo a distensão relacionada à separação Brasil-África formou bacias divergentes na margem continental atlântica, com magmatismo toleítico e alcalino associados (ALMEIDA *et al.* 2000; MILANI e TOMAZ FILHO, 2000; BRITO NEVES, 2002; ALMEIDA e CARNEIRO, 2004; ZALAN, 2004, apud VASQUEZ, SOUSA e CARVALHO, 2008).

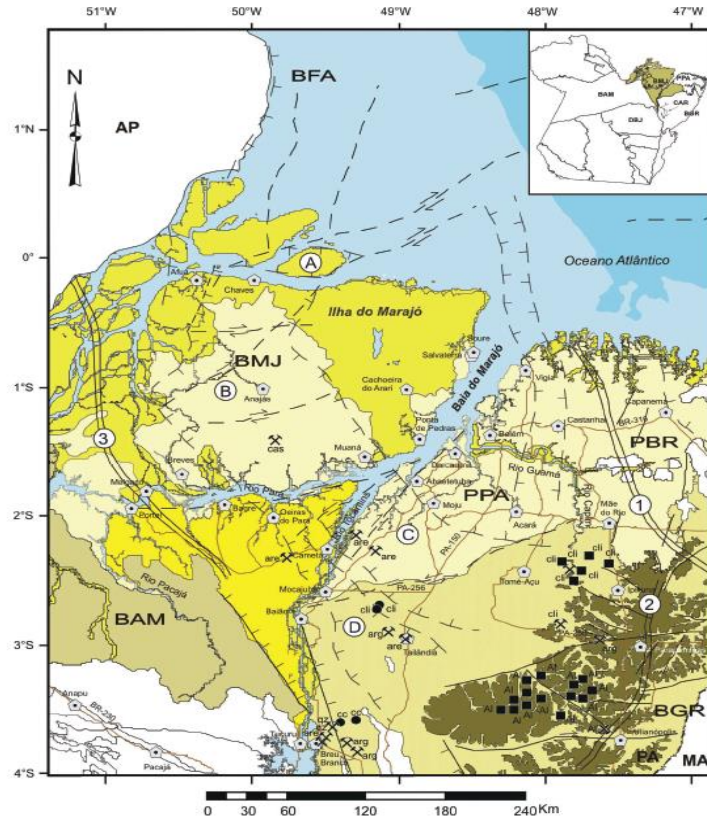
As bacias do Amazonas, do Marajó-Grajaú e do Marajó, localizadas na **Figura 5.1.3-3**, são constituídas na área de estudo por rochas sedimentares mesozóicas e cenozóicas depositadas no Estágio de Reativação da Plataforma.

Na Província Amazonas, a Bacia do Amazonas, durante o Neocretáceo, apresentou um relaxamento dos esforços compressoriais E-W ocorridos no Eocretáceo, o que propiciou a subsidência flexural da Bacia, a reativação das zonas de charneiras e a deposição de uma sequência continental neocretácea a paleocênica, que constituem a Formação Alter do Chão (CAMPOS E TEIXEIRA 1988, WANDERLEY FILHO, 1991 apud VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008).

A Formação Alter do Chão, que tem suas características descritas no **Quadro 5.1.3-1**, ocorre em pequeno trecho da margem esquerda do Rio Tocantins, a jusante de Tucuruí.

Na Província Parnaíba, durante a abertura do Oceano Atlântico Equatorial, no Cretáceo, as bacias do Marajó-Grajaú e do Marajó, tiveram sua implantação em riftes na margem continental da Plataforma Sul-Americana, que foram posteriormente abortados, caracterizando as denominadas Bacias de Riftes Abortados Mesozóicos, que se instalaram sobre a Bacia Intracratônica Paleozóica do Parnaíba (VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008).

A Bacia do Grajaú que apresenta sedimentos com espessuras de 1.500 m é constituída por três sequências que se depositaram do Eocretáceo ao Neocretáceo em ambientes costeiros (flúvio-deltáico, litorâneo, estuarino), que se associam a transgressões marinhas e constituem o Grupo Itapecuru e a Formação Ipixuna, (ROSSETTI, 2001a, apud VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). Essas unidades ocupam maior parte da área de estudo, na margem direita do Rio Tocantins, e são descritas no **Quadro 5.1.3-1**.



Associações Tectônicas da Bacia do Marajó e das Bacias e Plataformas Adjacentes

- CZd** Coberturas Detríticas - depósitos aluvionares holocênicos da foz do rio Amazonas e depósitos aluvionares e litorâneos pleisto-holocênicos da Bacia do Marajó e das plataformas do Pará e Bragançina.
- CZcpc** Coberturas Plataformais Cenozóicas - seqüências siliciclásticas progressivas e regressivas, depositadas entre o Paleógeno e o Neógeno. Grupo Barreiras e Sedimentos Pós-Barreiras na Bacia do Marajó e plataformas do Pará e Bragançina
- CZlm** Coberturas Lateríticas Maturas - coberturas superficiais residuais mio-pleistocênicas do tipo aluminosa, bauxítica, caulínica, fosfática, argilosa e ferruginosa nas bacias do Marajó e Grajaú.
- MZbra** Bacias de Rifte Abortado - seqüências siliciclásticas e químicas de ambientes costeiros, de deposição cretácea em riftes abortados nas bacias do Marajó e Grajaú.
- MZbi** Bacias Intracratônicas Mesozóicas - seqüências siliciclásticas, de ambiente transicional e continental, de deposição cretácea-paleógena. Formação Alter do Chão na Bacia do Amazonas.

Estruturas

- Falha ou fratura
- |— Falha extensional (normal)
- |—|— Falha extensional encoberta
- >— Falha transcorrente encoberta (dextral / sinistral)
- > Falha transcorrente (dextral)
- == Arco

Arcos

- ① Arco Ferrer-Urbano Santos
- ② Arco Capim (ou Tocantins)
- ③ Arco Gurupá

Subacias

- Ⓐ Subacia Mexiana
- Ⓑ Subacia Limoeiro
- Ⓒ Subacia Cameta
- Ⓓ Subacia Mocajuba

Domínios Tectônicos

- BGR - Bacia do Grajaú
- BMJ - Bacia do Marajó
- BAM - Bacia do Amazonas
- CAR - Cinturão Araguaia
- PPA - Plataforma do Pará
- PBR - Plataforma Bragançina
- BFA - Bacia da Foz do Amazonas

Figura 5.1.3-3 - Elementos tectônicos que caracterizam a porção norte da região a ser interceptada pelo empreendimento. Compilado de Vasquez, Sousa e Carvalho (2008)

Fonte: Vasquez, Sousa e Carvalho, 2008.

A Bacia do Marajó consiste de hemi-grabens controlados por falhas normais e transcorrentes que refletem os trends dos cinturões de cisalhamento do embasamento pré-cambriano (VILLEGAS, 1994; apud VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). Esse rifte é preenchido por cerca de 11.000 m de sedimentos das sequências de rifte cretáceas e cenozóicas pós-rifte, depositadas sobre o embasamento pré-cambriano, e por remanescentes de sequências paleozóicas das bacias adjacentes.

A sequência de rifte, englobada na unidade tectônica Bacias de Riftes Abortados que se depositou durante o Eocretáceo (Aptiano e Albiano), é representada pelas formações Jacarezinho e Breves, definidas em subsuperfície.

A sequência pós-rifte subaflorante (formações Limoeiro e Marajó), depositada principalmente durante o Paleoceno e Plioceno, equivale às coberturas do Grupo Barreiras e Pós-Barreiras (ROSSETTI e GÓES 2004, apud VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). A cobertura Pós Barreiras, que ocorre na margem esquerda do rio Tocantins, constitui extensa Cobertura Sedimentar quaternária, que recobre os sedimentos da Bacia do Marajó.

A área de estudo apresenta ainda extensa sedimentação fluvial quaternária associada às planícies e terraços do rio Tocantins.

5.1.3.2.2 Contexto Geológico

As unidades litoestratigráficas que ocorrem na Área de Estudo são descritas no **Quadro 5.1.3-1** e tem sua distribuição mostrada na **Figura 5.1.3-4**.

Quadro 5.1.3-1– Unidades litoestratigráficas que constituem a área de estudo

Idades	Unidades Tectônicas	Unidades Litoestratigráficas		
CENOZÓICO	Sedimentos Recentes	Depósitos aluvionares	N4a	Areia, argila, silte e lentes de cascalho
	Coberturas Superficiais	Sedimentos Pós-Barreiras	N24 pb	Areias argilosas, fina a médias, friáveis, semiconsolidadas
		Grupo Barreiras	ENb	Calcários intercalados com folhelhos, argilitos, arenitos e conglomerados
MESOZÓICO	Bacia Marajó Grajaú	Formação Ipixuna	K2 ip	Arenitos cauliniticos, com níveis de argilitos.
		Grupo Itapecuru	K12 it	Arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeraticos e níveis de pelitos
		Formação Codó	K1c	Arenitos, lentes de calcarenitos e calcilitos e pelitos intercalados.
	Bacia do Amazonas	Formação Alter do Chão	K2E 1ac	Arenitos com estratificação cruzada, pelitos e conglomerados.
NEO PROTEROZÓICO	Metavulcanosedimentar Grupo Baixo Araguaia	Grupo Tucuruí	NP tu	Metabasalto e grauvacas, metarenitos finos e metassiltitos.
		Formação Couto Magalhães	NP ct	Filito, ardósia, metargilito, clacario com metarenito, e quartzito subordinado.
		Formação Piquizeiro	NP pq	Clorita xisto, clorita-quartzo xisto e clorita-muscovita xisto.

Idades	Unidades Tectônicas	Unidades Litoestratigráficas		
PALEO PROTEROZÓICO	Granitóides sim, tardi e pós tectônicos	Suíte intrusiva João Jorge	PP2r jj	Monzo e sienogranitos com granodioritos subordinados, inequi e equigranulares e porfiroclásticos.
		Suíte Intrusiva Araparí	PP2r ar	Charnockitos e charnoenderbitos.
	Médio grau metamórfico	Complexo Bacajá	PP2 bj	Enderbitos, charnoenderbitos, charnockitos jotunitos e mangeritos.
ARQUEANO	Alto grau metamórfico	Complexo Aruanã	A4 ar	Ortognaisses enderbiticos e charnoquiticos, frequentemente retrometemorfisado
		Ortogramulito Máfico Rio Preto	A4 rp	Granulitos máficos, migmatizados e faixas enderbiticas.
		Complexo Cajazeira	A3ca	Ortognaisses originalmente enderbiticos a charnoquiticos

Fonte: VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO (2008) e HASUI (2012)

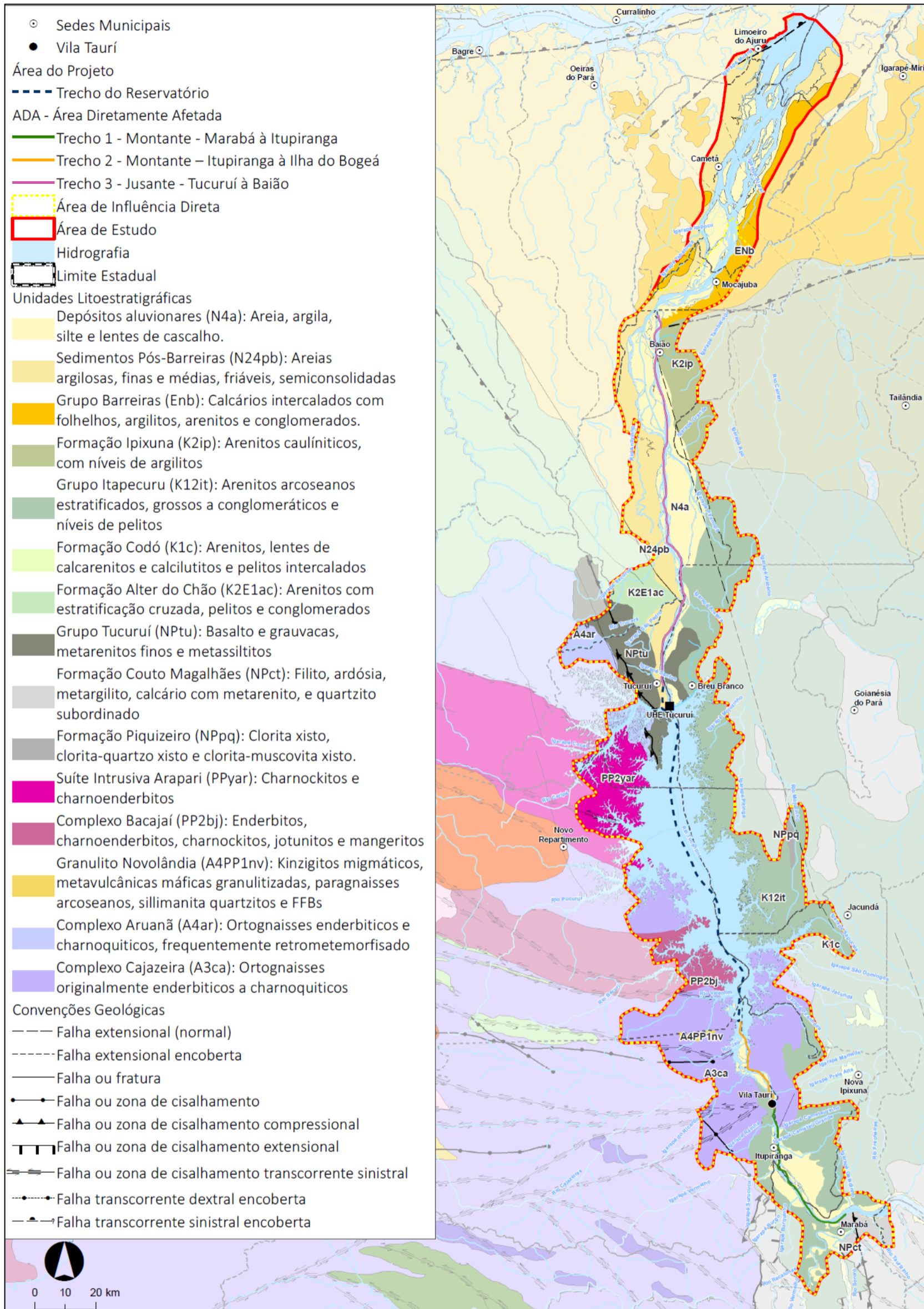


Figura 5.1.3-4 – Unidades litoestratigráficas que ocorrem na área de estudo

Fonte: Vasquez, Sousa e Carvalho, 2008.

5.1.3.2.2.1 Embasamento Cristalino

O embasamento cristalino é constituído por terrenos de médio e alto grau metamórfico representados por ortognaisses, charnoquitos e granulitos migmatizados, suítes graníticas sim, tardi e pós tectônicas arqueanas e paleoproterozóicas do Domínio Bacajá do Cráton Amazônico; e por rochas metavulcanosedimentares neoproterozóicas associadas ao Cinturão Araguaia.

Domínio Bacajá

Os corpos litológicos no Domínio Bacajá são alongados e foliados com direção N60-70W, tendo variações locais para E-W e N75W, produto de tectônica de calvamento ainda mal caracterizada. O conjunto foi afetado por um sistema transcorrente dúctil, com a mesma direção e também por falhas posteriores, sugestivas de um sistema de cavalgamento complicado por um sistema transcorrente, provavelmente de escape lateral (HASUI, 2012). Na área de estudo o Domínio Bacajá é representado pela Suíte Intrusiva Araparí (PPyar) e pelos complexos Cajazeira (A3ca), Aruaná (A4ar) e Bacajaí (PP2bj).

O Complexo Cajazeira, com idade de 2942 ± 4 Ma / 3009 ± 27 Ma, é constituído por granulitos fortemente re-hidratados, tonalíticos a graníticos com texturas granulíticas, ortognaisses compostos por monzogranitos, granodioritos e tonalitos e por milonitos de alto grau, com porfiroclastos de quartzo, hornblenda e biotita, mesopertita, antipertita e ainda ocelos de feldspato alcalino e/ou plagioclásio. Essas rochas frequentemente apresentam feições de migmatização e bandamento composicional muito largo (decimétrico até dezenas de metros de largura) frequentemente realçado por pequenos corpos máficos e mobilizados migmatíticos diversos de fácies granulito e anfibolito (VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). As rochas desse complexo ocupam extensas áreas na margem esquerda do rio Tocantins, ocorrendo a sul de Novo Repartimento, na bacia do rio Pucuruí, e a sul de Divinópolis, quando ocorre também na margem direita (entre Jacunda e Itupiranga) e no leito do rio, onde também formam pedrais.

O Ortogranulito Máfico Rio Preto (2628 ± 3 Ma / 2072 ± 3 Ma) é constituído por rochas máficas maciças com dois piroxênios e textura poligonal, e subordinadamente por granulitos máficos migmatizados e ortognaisses migmatizados com bandamento milimétrico e centimétrico de cores negras e cinza escuras (VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). Essas rochas formam corpos pequenos e isolados dentro do Complexo Cajazeiras, não devendo ter interferência com o empreendimento.

O Complexo Aruanã (2606 ± 4 Ma/Pb-Pb) é constituído por ortognaisses tonalíticos a graníticos de alto grau metamórfico, com bandamento bem definido, por vezes dobrado. Apresentam constantes feições de migmatização típicas de alto grau, além de milonitos, em zonas de cisalhamento transcorrentes, geralmente sinistrais. Associam-se largas faixas de granulitos máficos. (VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). As rochas dessa unidade ocorrem em pequeno trecho da margem esquerda do rio Tocantins a sul da cidade de Tucuruí.

O Complexo Bacajaí, com idades de 2114 a 2094 Ma, é constituído por enderbitos, charnoenderbitos que se associam a charnockitos, jotunitos e mangeritos, e representam granitoides catazonais intrusivos, orogênicos, gnaissificados a isotrópicos, e com textura ígnea preservada (Magmatismo Orogênico Sim a Tardi-Colisional) (VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). Essas rochas ocorrem em pequeno trecho da margem esquerda do rio Tocantins, na Bacia do Rio Bacuri.

A Suíte Intrusiva Araparí, com idade entre 2086 a 2070 Ma, é formada por charnockitos e charno-enderbitos isotrópicos e levemente foliados, com texturas porfíricas muito grossas, e por granulitos máficos e ortognaisses (VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). Essa suíte associada ao Magmatismo Orogênico Tarde a Pós Colisional ocorre em pequeno trecho da margem esquerda do rio Tocantins, na Bacia do Rio Araparí, a norte de Novo Repartimento.

A Suíte Intrusiva João Jorge, com idades de 1,9 a 2,0 Ga, é composta por monzo e sienogranitos e raros granodioritos de granulação média a fina, inequi a equigranular, leucocráticos com faixas miloníticas e cataclásticas associadas à zonas de cisalhamento transcorrentes geralmente sinistrais. Essas rochas são constituídas por feldspato alcalino, agregado de quartzo feldspato, biotita, titanita,

epidoto, allanita, pirita, calcopirita, muscovita e granada, podendo apresentar mineralizações auríferas filoneanas (VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). Essas rochas, embora se encontrem na área de estudo, não devem ter interferência com o empreendimento.

Cinturão Araguaia

O Cinturão Araguaia apresenta orientação geral N-NE que é bem marcada pela distribuição alongada das unidades litoestratigráficas e pela orientação da foliação e das zonas de empurrão, que são inclinadas para leste com mergulhos baixos a médios, vergentes para NW e WNW, em direção ao Cratón Amazônico (HASUI, 2012).

Em decorrência dos processos de empurrões, deu-se o empilhamento de *nappes* com inversão metamórfica e estratigráfica, ocorrendo ainda a formação de algumas estruturas dômicas. Essa estruturação foi ainda afetada por zonas transcorrentes de direção NW e WNW, que impuseram arrastos e ondulações na foliação. Posteriormente houve o desenvolvimento de outras zonas transcorrentes de direção NE, que se encontram melhor desenvolvida na borda da Bacia do Parnaíba (HASUI, 2012).

Na área de estudo o Cinturão Araguaia é representado pelas formações Piquizeiro (NPpq) e Couto Magalhães (NPct) e pelo Grupo Tucuruí (NPtu).

- Grupo Baixo Araguaia

A Formação Piquizeiro é constituída por clorita xistos, quartzo-muscovita xisto, clorita-muscovita-quartzo xistos, com intercalações de magnetita-muscovita filitos, quartzitos, talco xistos e calcoxistos de granulação fina e localmente grossa e microtexturas lepidoblásticas. A foliação tem direção geral N-S, NNW ou NNE e mergulhos variáveis para leste (VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). Esta unidade que aflora na margem direita do rio Tocantins, embora ocorra na área de estudo, não deve ter interferência com o empreendimento.

A Formação Couto Magalhães é constituída por rochas de baixo grau metamórfico representada por filitos pelíticos e filitos grafitosos, metarcósios, metassiltitos e lentes de quartzitos, que apresentam xistosidade ou clivagem ardosiana e clivagem de fratura bem desenvolvida (VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). Essas rochas ocorrem ao sul de Itupiranga, aflorando principalmente no leito do rio Tocantins.

- Grupo Tucuruí

O Grupo Tucuruí com idade de 510 + 15 Ma tem sua evolução associada a fases tardias do Ciclo Brasileiro. Esse Grupo considerado indiviso no mapa geológico do Estado do Pará, é constituído por um pacote inferior formado por derrames basálticos, maciços, afaníticos de cor cinza escura, com níveis amigdaloidais (Formação Caraípe) e por um pacote superior constituído por metagrauvas, metarenitos e metassiltitos, com laminação plano paralela (Formação Morrotes), (VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). Essas rochas ocorrem em ambas as margens do rio Tocantins, nas proximidades da cidade de Tucuruí, ocorrendo também ao longo do Rio Tocantins, onde formam pedrais.

5.1.3.2.2 Rochas sedimentares

As rochas sedimentares mesozóicas e cenozóicas que ocorrem na área estão associadas à Bacia Sedimentar do Amazonas, à Bacia Marajó-Grajaú e às Coberturas Sedimentares.

- Bacia do Amazonas

A Formação Alter do Chão (K2E1ac) é uma sequência espessa depositada em ambiente lacustrino – deltaico durante o Neocretácio e o Terciário. É constituída por arenitos finos a médios argilosos e caulíníticos, com estratificação cruzada, intercalados com camadas de pelitos (siltitos e argilitos) maciços ou laminados e conglomerados de modo restrito. Essas rochas ocupam pequeno trecho na margem esquerda do rio Tocantins a jusante da cidade de Tucuruí.

- Bacia Marajó-Grajaú

A Formação Codó (K1c) de idade Aptiano/Albiano é formada por folhelho cinza-esverdeado, folhelho betuminoso, calcário com concreções e lentes de gipsita, com laminações plano-paralelas, tendo-se ainda arenito branco esverdeado de granulação grossa e mal selecionado, micaceo e poroso, com estratificação cruzada acanalada de grande porte. Os sedimentos da Formação Codó constituem três facies: evaporítica basal, conglomerática e pelítica média e arenosa superior (RODRIGUES *et al* 1994 a, apud VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). Essa formação ocorre de modo restrito na margem direita do rio Tocantins, não devendo ter interferência com o empreendimento.

O Grupo Itapecuru (K12it) é constituído por arenitos finos caulíníticos com intercalações de folhelho e níveis argilosos, com abundante estratificação cruzada e conglomerados. Esses sedimentos depositados em ambiente de shoreface, canal de maré, laguna e canal fluvial são tidos como de idade albiana-cenomaniana – 93,9 -113,0 MA (ANAISSE JUNIOR, 1999 apud VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). Os arenitos do Grupo Itapecuru ocupam grande extensão na margem direita do Rio Tocantins.

A Formação Ipixuna (K2ip) da Bacia Marajó-Grajaú compreende argilitos caulíníticos e arenitos finos a grossos, depositados em ambiente fluvial e estuarino (VASQUEZ, SOUSA E CARVALHO, 2008). Essa unidade também aflora na margem direita do rio Tocantins, nas proximidades e ao sul de Baião.

- Coberturas Sedimentares

O Grupo Barreiras (Enb), de idade oligo-miocênica, é constituído por uma fácies carbonática representada por biocalcirruditos, margas, calcilitos, brohermitos e calcários, com restos vegetais; e por uma fácies siliciclástica representada por argilitos laminados com restos vegetais, arenitos estratificados e conglomerados sustentados por matriz areno-argilosa. Essa unidade aflora nas duas margens do rio Tocantins, ocorrendo de modo mais contínuo, entre Mocajuba e Igarapé Mirim na margem direita do rio.

Os Sedimentos Pós-Barreiras (N24pb) segundo Rossetti (2004) são representados por uma Sequência Inferior constituída por areia fina a média por vezes grossa e

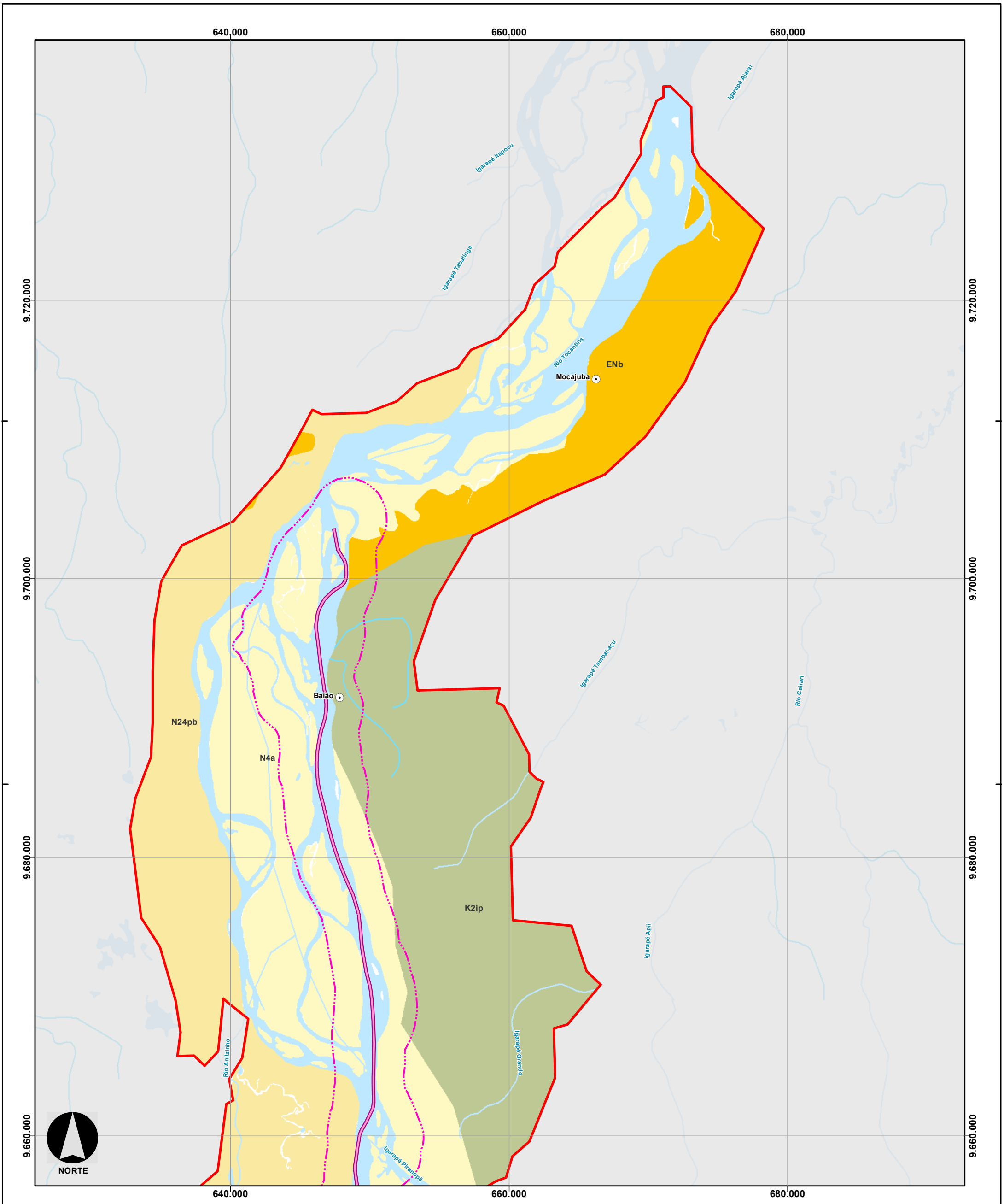
conglomerática, e pelitos bioturbados de cor alaranjada, que formam um pacote de sedimentos maciços e endurecidos; e uma Sequência Superior constituída por areia fina a média bem selecionada maciça e com estruturas de dissipação e silte de cor amarelada a marrom. Esses sedimentos depositados desde o final do Pleistoceno até o Holoceno médio a tardio, ocorrem apenas na margem esquerda do rio Tocantins, aflorando a jusante de Tucuruí.

Os depósitos aluvionares (N4a) que ocorrem ao longo das drenagens da região são constituídos por areia fina, silte e argila, de cor bege acinzentada a cinza escuro, rica em matéria orgânica, e níveis de cascalho, geralmente descontínuos, com seixos de quartzo, quartzito, calcedônia e laterita. Esses depósitos se distribuem em diferentes níveis topográficos em relação ao rio, constituindo planícies de inundação, baixos terraços e terraços elevados.

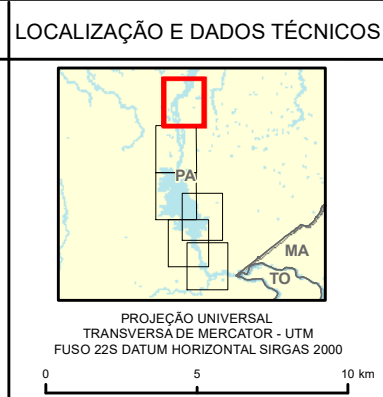
Ao longo dos canais atuais e nas ilhas ocorrem barras arenosas, constituídas por areias médias e grossas e cascalho fino de quartzo, laterita e calcedônia.

5.1.3.3 Caracterização Geológica Local - Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA)

A caracterização da Geologia da AID e ADA foi realizada considerando-se os diferentes tipos de rocha que ocorrem na área do empreendimento e que constituem seis (6) agrupamentos distintos quanto às características da alteração e ao seu comportamento frente às diferentes atividades antrópicas, destacando-se: os granitóides, ortognaisses e granulitos xistos, filitos e metassiltitos; metabasaltos, arenitos e conglomerados; argilitos, folhelhos e siltitos; e os sedimentos aluviais.

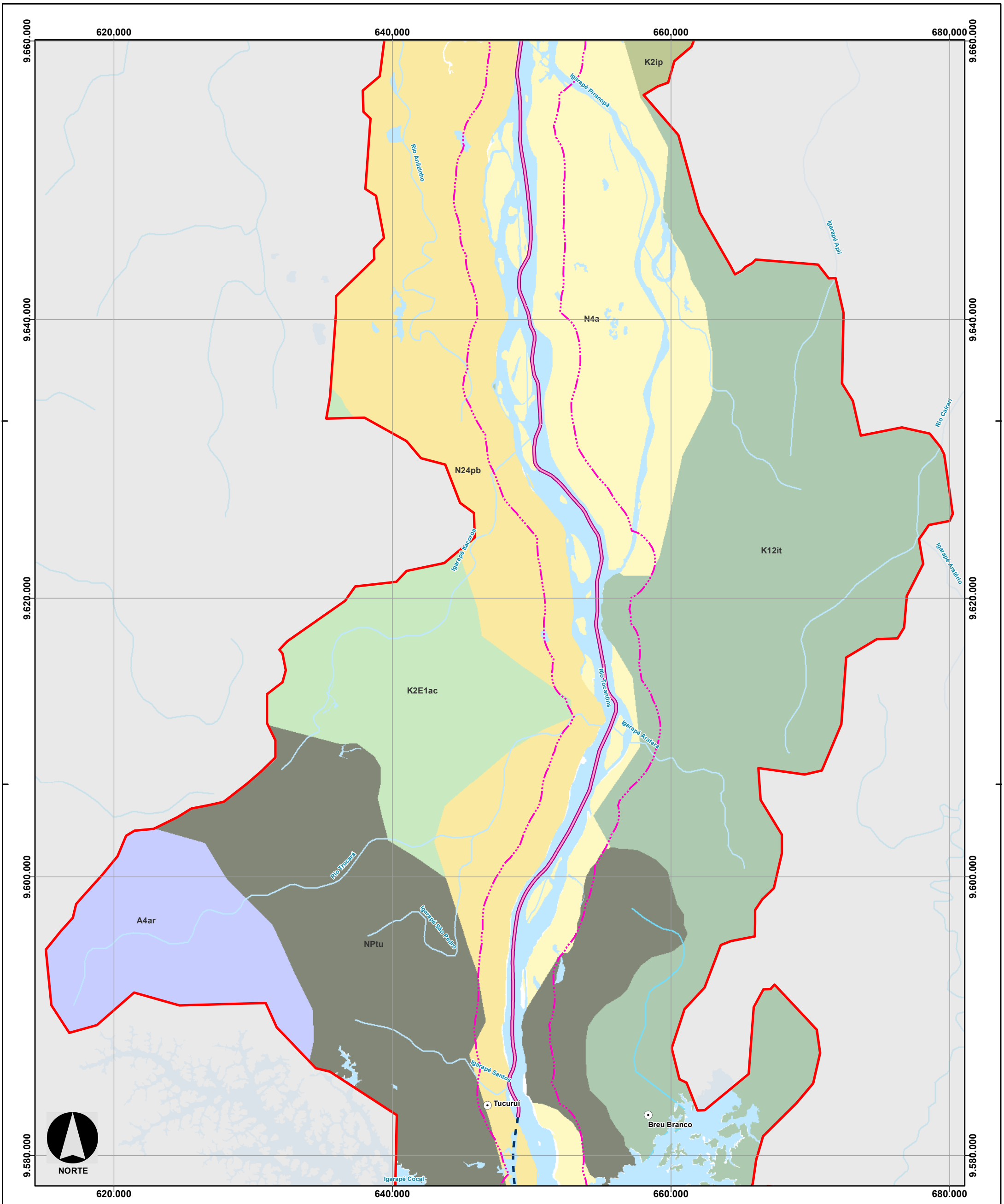


CONVENÇÕES	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Sedes Municipais ▬ Hidrografia ▬ Limite Estadual ▬ Área de Influência Direta ▬ Área de Influência Indireta ▬ Área do Projeto ▬ ADA - Área Diretamente Afetada ▬ Trecho 3 - Jusante - Tucuruí à Baião 	<p>Unidades Litoestratigráficas</p> <ul style="list-style-type: none"> Depósitos aluvionares (N4a): Areia, argila, silte e lentes de cascalho. Sedimentos Pós-Barreiras (N24pb): Areias argilosas, finas e médias, friáveis, semiconsolidadas Grupo Barreiras (Enb): Calcários intercalados com folhelhos, argilitos, arenitos e conglomerados. Formação Ipixuna (K2ip): Arenitos caulíniticos, com níveis de argilitos



DNIT		Consórcio DTA O' MARTIN	
EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)			
Mapa de Geologia			
NÚMERO DO MAPA: 5.1.3-1 Folha 1/6	ESCALA/FORMATO: 1:250.000 /A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018; CPRM, 2008.



CONVENÇÕES	
○ Sedes Municipais	Sedimentos Pós-Barreiras (N24pb): Areias argilosas, finas e médias, friáveis, semiconsolidadas
🌊 Hidrografia	Formação Ipixuna (K2ip): Arenitos caulníticos, com níveis de argilitos
🗺 Limite Estadual	Grupo Itapecuru (K12it): Arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos
📐 Área de Influência Direta	Formação Alter do Chão (K2E1ac): Arenitos com estratificação cruzada, pelitos e conglomerados
📐 Área de Influência Indireta	Grupo Tucuruí (NPtu): Basalto e grauvacas, metarenitos finos e metassiltitos
Área do Projeto	
📐 Trecho do Reservatório	Complexo Aruanã (A4ar): Ortognaisses enderbiticos e charnoquiticos, frequentemente retrometemorfisado
📐 ADA - Área Diretamente Afetada	
📐 Trecho 3 - Jusante - Tucuruí à Baião	
Unidades Litoestratigráficas	
📐 Depósitos aluvionares (N4a): Areia, argila, silte e lentes de cascalho.	



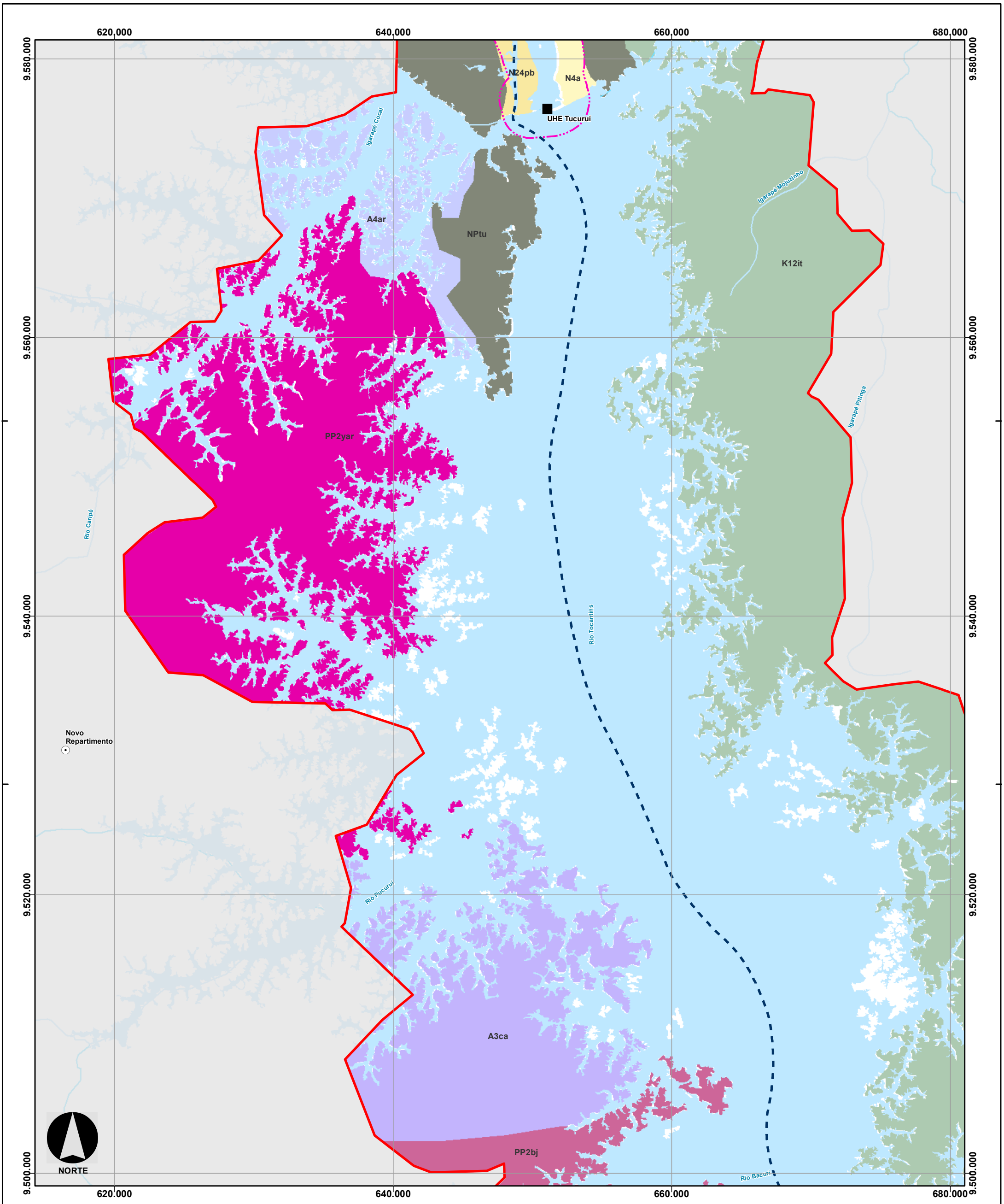
Consórcio **DTA**
O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Mapa de Geologia

NÚMERO DO MAPA: 5.1.3-1 Folha 2/6	ESCALA/FORMATO: 1:250.000 /A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

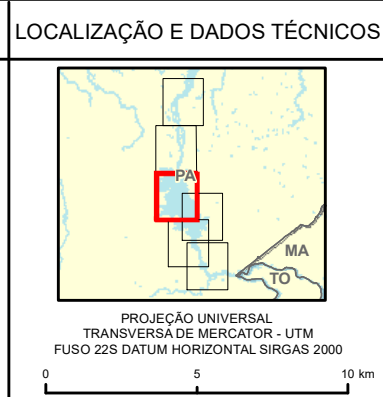
FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018; CPRM, 2008.



CONVENÇÕES

<ul style="list-style-type: none"> Sedes Municipais Hidrografia Limite Estadual Área de Influência Direta Área de Influência Indireta Área do Projeto Trecho do Reservatório Unidades Litoestratigráficas Depósitos aluvionares (N4a): Areia, argila, silte e lentes de cascalho. Sedimentos Pós-Barreiras (N24pb): Areias argilosas, finas e médias, friáveis, semiconsolidadas 	<ul style="list-style-type: none"> Grupo Itapecuru (K12it): Arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos Grupo Tucuruí (NPTu): Basalto e grauwacas, metarenitos finos e metassiltitos Suíte Intrusiva Arapari (PPyar): Charnockitos e charnoenderbitos Complexo Bacajá (PP2bj): Enderbitos, charnoenderbitos, charnockitos, jotunitos e mangeritos Complexo Aruanã (A4ar): Ortognaisses enderbiticos e charnoquíticos, frequentemente retrometemorfisado Complexo Cajazeira (A3ca): Ortognaisses originalmente enderbiticos a charnoquíticos
--	---

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018; CPRM, 2008.

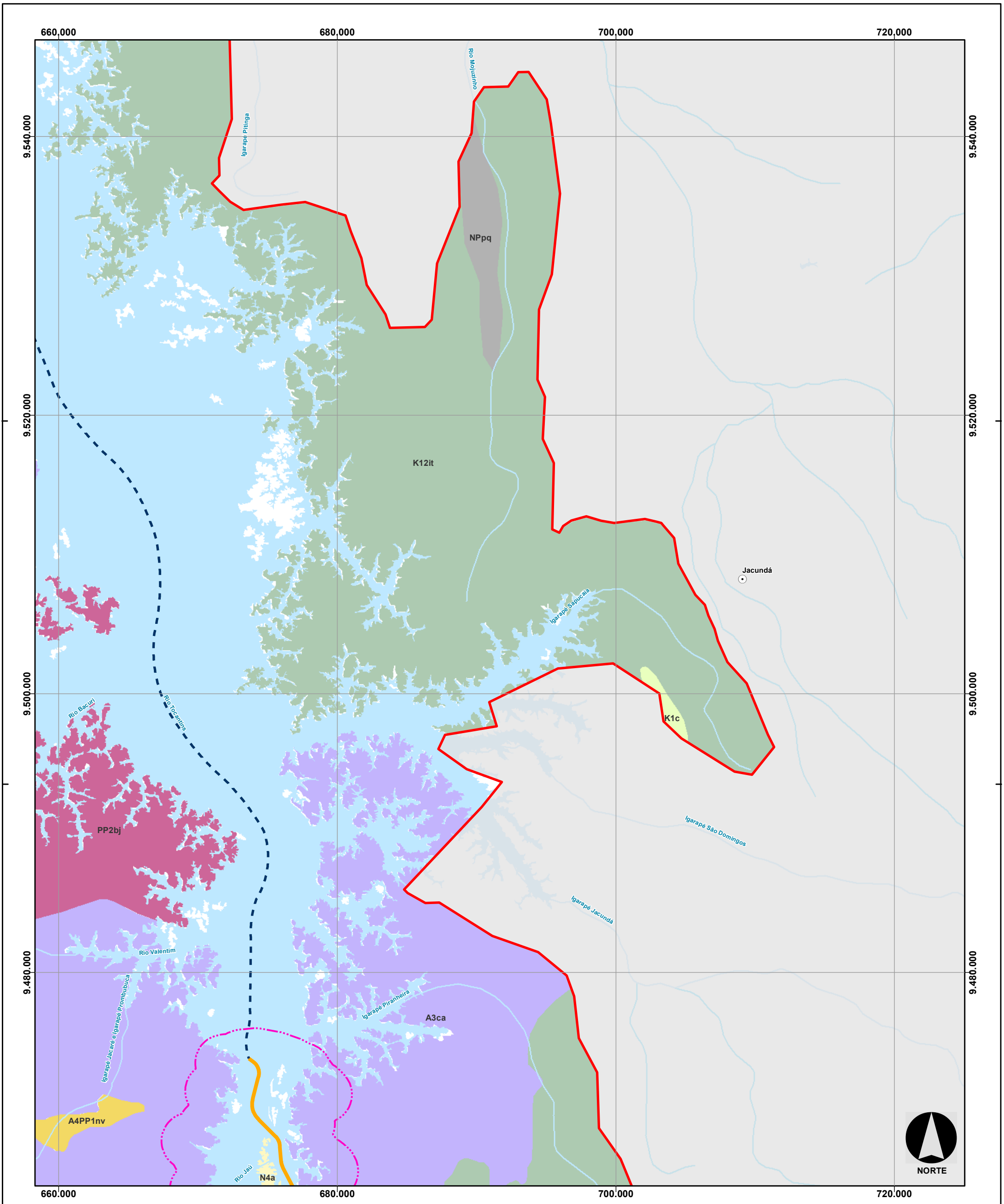


DNIT Consórcio **DTA** O' MARTIN

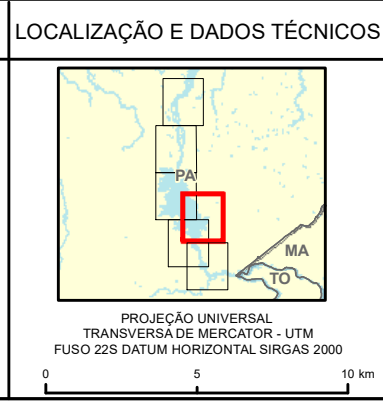
EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Mapa de Geologia

NÚMERO DO MAPA: 5.1.3-1 Folha 3/6	ESCALA/FORMATO: 1:250.000/A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00



CONVENÇÕES	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Sedes Municipais ▬ Hidrografia ▬ Limite Estadual ▬ Área de Influência Direta ▬ Área de Influência Indireta Área do Projeto <ul style="list-style-type: none"> ▬ Trecho do Reservatório ▬ ADA - Área Diretamente Afetada ▬ Trecho 2 - Montante – Itupiranga à Ilha do Bogeá Unidades Litoestratigráficas <ul style="list-style-type: none"> ▬ Depósitos aluvionares (N4a): Areia, argila, silte e lentes de cascalho. 	<ul style="list-style-type: none"> Grupo Itapecuru (K12it): Arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos Formação Codó (K1c): Arenitos, lentes de calcarenitos e calcilutitos e pelitos intercalados Formação Piquizeiro (NPpq): Clorita xisto, clorita-quartzo xisto e clorita-muscovita xisto. Complexo Bacajai (PP2bj): Enderbitos, charnoenderbitos, charnockitos, jotunitos e mangeritos Granulito Novolândia (A4PP1nv): Kinzigitos migmáticos, metavulcânicas máficas granulitizadas, paragnaisses arcoseanos, sillimanita quartzitos e FFBs Complexo Cajazeira (A3ca): Ortognaisses originalmente enderbiticos a charnoquíticos



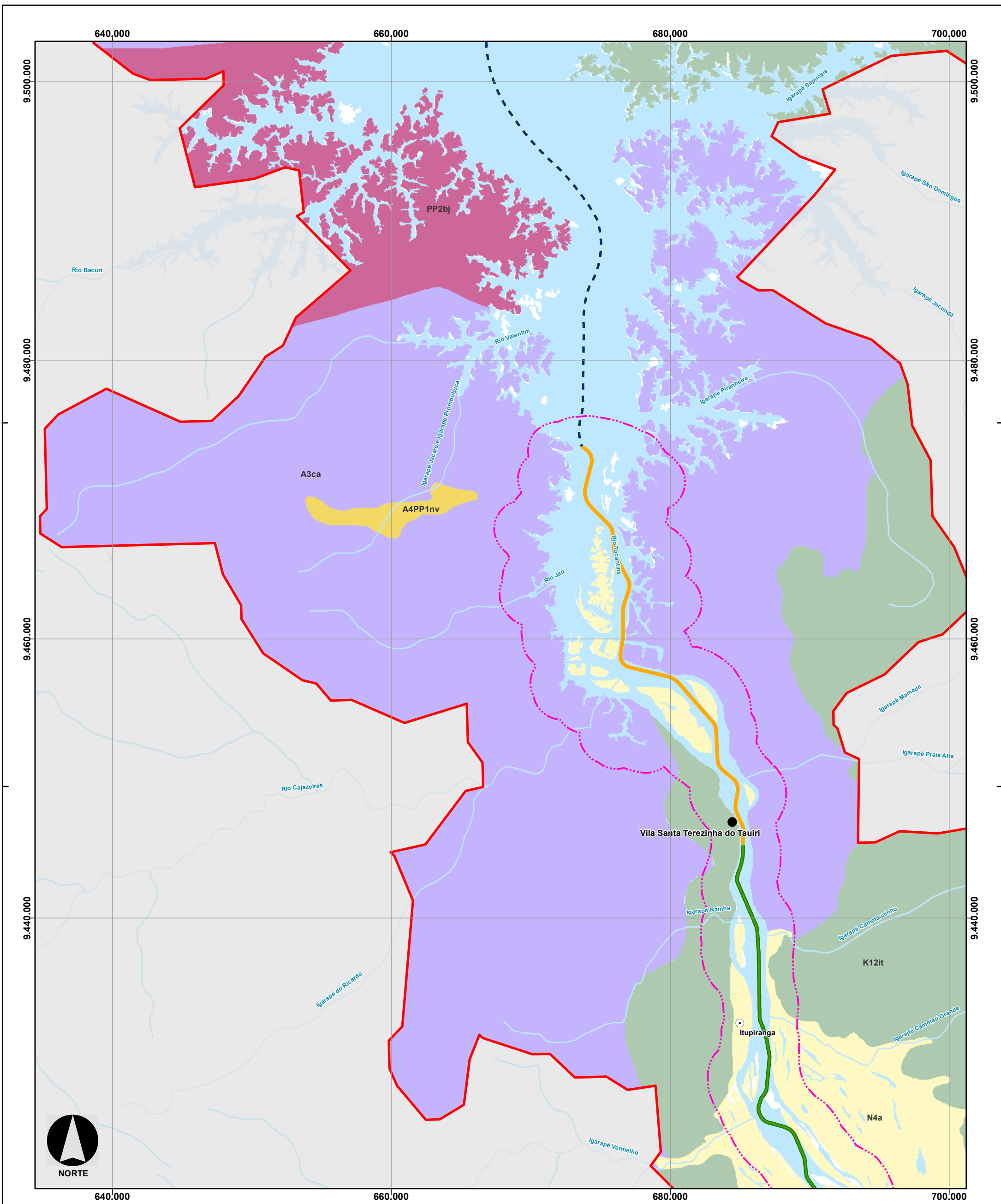
Consórcio **DTA**
O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Mapa de Geologia

NÚMERO DO MAPA: 5.1.3-1 Folha 4/6	ESCALA/FORMATO: 1:250.000/A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018; CPRM, 2008.

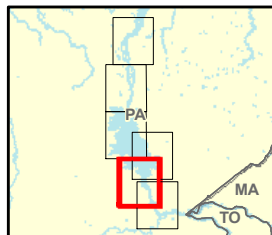


CONVENÇÕES

- Sedes Municipais
- Vila Tauri
- Hidrografia
- Limite Estadual
- Área de Influência Direta
- Área de Influência Indireta
- Área do Projeto
- Trecho do Reservatório
- ADA - Área Diretamente Afetada
- Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga
- Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogaé

- Unidades Litoestratigráficas
- Depósitos aluvionares (N4a): Areia, argila, silte e lentes de cascalho.
- Grupo Itapecuru (K12it): Arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos
- Complexo Bacajai (PP2bj): Enderbitos, charnoenderbitos, charnockitos, jotunitos e mangeritos
- Granulito Novolândia (A4PP1nv): Kinzigitos migmáticos, metavulcânicas máficas granulitizadas, paragneisses arcoseanos, sillimanita quartzitos e FFbs
- Complexo Cajazeira (A3ca): Ortognaisses originalmente enderbiticos a charnoquíticos

LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS



PROJEÇÃO UNIVERSAL
TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM
FUSO 22S DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018; CPRM, 2008.

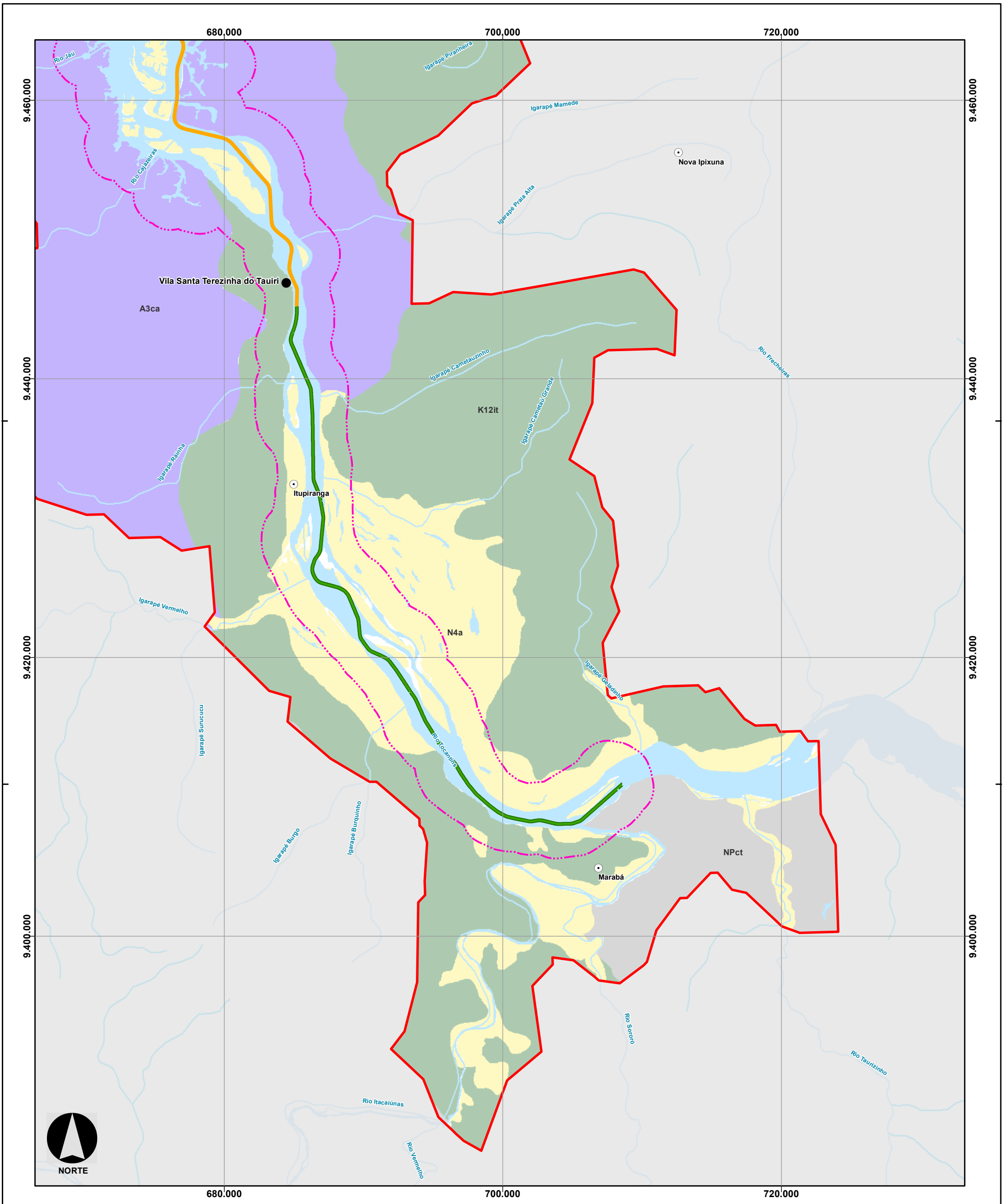


Consórcio **DTA**
O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Mapa de Geologia

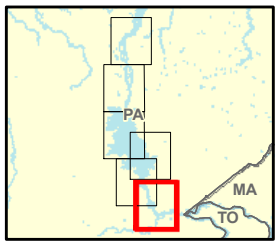
NÚMERO DO MAPA: 5.1.3-1 Folha 5/6	ESCALA/FORMATO: 1:250.000/A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00



CONVENÇÕES

- Sedes Municipais
 - Vila Tauri
 - ▬ Hidrografia
 - ▬ Limite Estadual
 - ▬ Área de Influência Direta
 - ▬ Área de Influência Indireta
 - ▬ Área do Projeto
 - ▬ ADA - Área Diretamente Afetada
 - ▬ Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga
 - ▬ Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Goeá
-
- Unidades Litoestratigráficas
 - Depósitos aluvionares (N4a): Areia, argila, silte e lentes de cascalho.
 - Grupo Itapecuru (K12it): Arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos
 - Formação Couto Magalhães (NPct): Filito, ardósia, metargilito, calcário com metarenito, e quartzito subordinado
 - Complexo Cajazeira (A3ca): Ortognaisses originalmente enderbiticos a charnoquíticos

LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM FUSO 22S DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018, CPRM, 2008.



Consórcio **DTA** O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Mapa de Geologia

NÚMERO DO MAPA: 5.1.3-1 Folha 6/6	ESCALA/FORMATO: 1:250.000/A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

5.1.3.3.1 Granitóides, Gnaisses e granulitos

Embora os ortognaisses, charnoquitos, enderbitos, charnoenderbitos e granulitos migmatizados, suítes graníticas sim, tadi e pós tectônicas arqueanas e paleoproterozóicas do Domínio Bacajá do Cráton Amazônico apresentem composições variadas, essas rochas tem alterações e comportamento bastante semelhantes, podendo ser analisadas conjuntamente.

Os ortognaisses, compostos por monzogranitos, granodioritos e tonalitos, enderbitos e charnoquitos do Complexo Cajazeira (que foram caracterizados nas sondagens como granitos, pela sua composição) constituem os pedrais e a maior parte das margens do Rio Tocantins, no trecho entre Itupiranga e a Ilha do Bogéa. Essas rochas associam-se a milonitos de alto grau, que se caracterizam pela presença de porfiroclastos monocristalinos de quartzo, estriados e paralelizados, podendo ainda apresentar ocelos de feldspato alcalino e ou plagioclásio (**Foto 5.1.3-1 a Foto 5.1.3-10**).

No trecho entre Itupiranga e a Ilha do Bogéa, as rochas encontram-se muito fraturadas, condicionadas principalmente por sistemas de falhas e fraturas de direções N 5 -15 E e N 70 – 80 E.

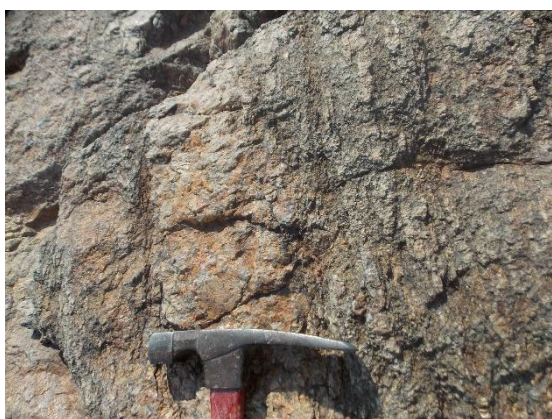


Foto 5.1.3-1 - Afloramento de ortognaisse que formam pedral no leito do Rio Tocantins (0681251 x 9455860).

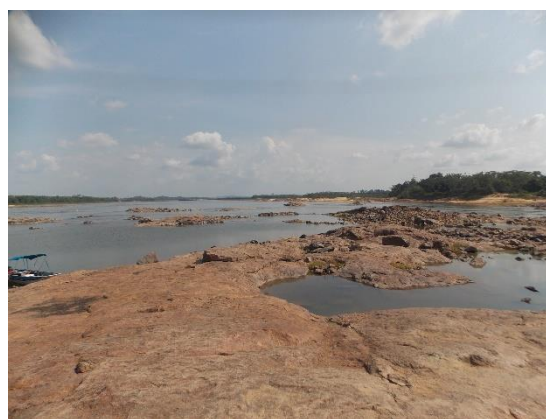


Foto 5.1.3-2 - Afloramento de ortognaisse que formam pedral no leito do Rio Tocantins (0681251 x 9455860).



Foto 5.1.3-3 - Características texturais dos ortognaisses do Complexo Cajazeiras (0676707 x 9460915).



Foto 5.1.3-4 - Características texturais dos ortognaisses do Complexo Cajazeiras (0676707 x 9460915).



Foto 5.1.3-5 - Fraturas de direção N 5-15 E e N 70 W, que condicionam a fragmentação das rochas e sua desagregação. (0684606 x 9442700).



Foto 5.1.3-6 - Fraturas de direção N 5-15 E e N 70 W, que condicionam a fragmentação das rochas e sua desagregação. (0684606 x 9442700).



Foto 5.1.3-7 - Milonito de alto grau e fraturas associadas a zona de cisalhamento de direção N5 – 15 E, que condicionam direção do Rio Tocantins, no Pedral do Lourenço (0685140 x 9447776).



Foto 5.1.3-8 - Milonito de alto grau e fraturas associadas a zona de cisalhamento de direção N5 – 15 E, que condicionam direção do Rio Tocantins, no Pedral do Lourenço (0685140 x 9447776).



Foto 5.1.3-9 - Plano de cisalhamento paralelo a direção do rio, mostrando lineações e slickesides (683754 x 9450565).



Foto 5.1.3-10 - Plano de cisalhamento paralelo a direção do rio, mostrando lineações e slickesides (683754 x 9450565).

A alteração dessas rochas resulta em solos profundos de constituição argilosa e argilo arenosa micáceos, rico em grânulos de quartzo e feldspato, e por vezes com matacões imersos na massa de solo.

O solo superficial é argiloso a muito argiloso, e argilo-arenoso rico em grânulos de quartzo. Na região, os horizontes de alteração estão laterizados e endurecidos constituindo o horizonte pálido transicional das coberturas lateríticas.

Os afloramentos de rocha, campos de blocos e matacões, com diâmetros de 0,6 a 3,0 m, na superfície do terreno, estão associados principalmente aos charnockitos e charnoenderbitos da Suíte Intrusiva Arapari, que sustentam o relevo de colinas pequenas e morrotes na margem esquerda do Rio Tocantins, a norte de Novo Repartimento.

Os matacões ocorrem ainda de modo esparsos nos ortognaisses do Complexo Cajazeira, nas proximidades da localidade de Cajazeiras, associados também ao relevo de colinas pequenas e morrotes.

5.1.3.3.2 Metasedimentos

As rochas metasedimentares neoproterozóicas, representadas por filito, ardósia, metargilito, grauvacas, metarenito com calcário e quartzito subordinados, clorita xisto, clorita-quartzito xisto e clorita-muscovita xisto, associados as formações Couto Magalhães e Piquizeiro, e ao Grupo Tucuruí, do Cinturão Araguaia, constituem unidades de mapeamento distintas, mas apresentam características de alteração e comportamento semelhantes frente aos processos morfogenéticos.

Os filitos, metassiltitos, ardósias, metargilitos, grauvacas, metarenitos com calcário e quartzitos subordinados são rochas bandadas e laminadas de coloração roxa escura ou avermelhadas. São compostas por mica branca e quartzo, tendo como acessórios opacos e feldspatos. Associa-se a filitos grafitosos, quartzo filitos, metarenitos finos, metarcóseos, quartzitos, moscovitas xistos finos, rochas cálcio-silicáticas e anfibólitos.

Os solos de alteração são silto-argilosos a argilo-siltosos micáceos, geralmente rico em fragmentos de rocha e cascalho, sendo o solo residual silto argiloso a argiloso ou argiloso a muito argiloso, podendo ser rico em cascalhos.

Na região de Marabá predominam filitos pelíticos e grafitosos associados a metassiltitos e lentes de quartzito, que afloram no leito do Rio Tocantins e sustentam na sua margem esquerda o relevo de colinas médias e pequenas.

Na região de Tucuruí afloram metarenitos finos, metassiltitos e metagrauvacas associados a metabasalto, do Grupo Tucuruí, que afloram no leito e nas margens do rio, sustentando na margem esquerda do rio, relevos elevados de morros, escarpas e morrotes (**Foto 5.1.3-11 a Foto 5.1.3-12**).



Foto 5.1.3-11 - Metassiltitos e metagrauvascas do Grupo Tucuruí, que afloram na margem direita do Rio Tocantins (0649241 x 9587754).



Foto 5.1.3-12 - Metassiltitos e metagrauvascas do Grupo Tucuruí, que afloram na margem direita do Rio Tocantins (0649241 x 9587754).

A unidade micaxisto inclui moscovita-xistos, moscovita-biotitea xistos, quartzo-moscovita xistos, quartzo-biotita-moscovita xistos e sillimanita-quartzo-moscovita xistos, que representam a Formação Piquizeiro. Essas rochas têm cor de alteração arroxeada e avermelhada, são finas localmente microporfioblásticas com granada, sillimanita e estaurolita. Apresentam intercalações subordinadas de metarenitos finos, quartzitos, filitos, rochas cálcio-silicáticas e anfibólitos.

Os xistos dão origem a horizontes de alteração profundos, com solos de alteração argilosos micáceos que podem apresentar fragmentos de quartzo angulosos de veios. O solo superficial atinge 2,0 a 3,0 m de espessura, é argiloso a muito argiloso e argilo-silto-arenoso, sendo geralmente muito cascalhento, quando a rocha é mais quartzosa. O horizonte de rocha alterada é profundo.

Essas rochas na margem direita do rio Tocantins sustentam relevo de colinas pequenas e morrotes, não devendo ter interferência com o empreendimento.

5.1.3.3 Metabasaltos

Os metabasaltos do Grupo Tucuruí correm ao longo das margens e do leito do Rio Tocantins entre as cidades de Tucuruí e Marabá, aflorando principalmente nas proximidades de Tucuruí, e em alguns trechos do rio Tocantins, formado os pedrais, visto que grande parte da área em que afloravam ficou submersa pelo reservatório da Hidroelétrica Tucuruí. Os metabasaltos são maciços, afaníticos de coloração cinza escura esverdeada, sendo constituído principalmente por plagioclásio cálcico, augita, hiperstênio, olivina, magnetita ou ilmenita (**Foto 5.1.3-13 a Foto 5.1.3-16**).

Os metabasaltos desenvolvem solos de alteração e o superficial argilosos a muito argilosos, podendo apresentar blocos e fragmentos de rocha imersos no solo de alteração.



Foto 5.1.3-13 - Metabasaltos maciços afaniticos, cinza esverdeados do Grupo Tucuruí (0654900 x 9618041).



Foto 5.1.3-14 - Metabasaltos maciços afaniticos, cinza esverdeados do Grupo Tucuruí (0654900 x 9618041).



Foto 5.1.3-15 - Fragmentação e desagregação metabasaltos, formando blocos de diferentes dimensões, na área dos pedrais. (0683129 x 9451917 / 0681075 x 9456834).



Foto 5.1.3-16- Fragmentação e desagregação metabasaltos, formando blocos de diferentes dimensões, na área dos pedrais. (0683129 x 9451917 / 0681075 x 9456834).

5.1.3.3.4 Arenitos e conglomerados

As rochas arenosas e os conglomeráticas estão associados às unidades mesozóicas (formações Ipixuna e Alter do Chão e ao Grupo Itapecuru) e as coberturas cenozóicas. Essas rochas têm granulação variando de muito fina a grossa incluindo também arenitos conglomeráticos e conglomerados, havendo na área um predomínio dos arenitos finos e médios. Esses materiais favorecem a formação de areiões e também de sulcos de erosão.

Essas rochas sedimentares na região comumente apresentam intercalações de argilitos, folhelhos, siltitos dando origem a solos areno-argilosos, argilo-arenosos e silto-argilosos com espessuras variáveis de 1,0 a 5,0 m. Esses solos geralmente associam-se a presença de horizontes lateríticos concrecionários espessos (**Foto 5.1.3-17 a Foto 5.1.3-20**).



Foto 5.1.3-17 - Arenitos e conglomerados do Grupo Itapecuru na margem esquerda do Rio Tocantins (0703398 x 9407879).



Foto 5.1.3-18 - Arenitos e conglomerados do Grupo Itapecuru na margem esquerda do Rio Tocantins (0703398 x 9407879).



Foto 5.1.3-19 - Arenitos e camadas de conglomerados do Grupo Itapecuru, que podem formar bancadas lateríticas espessas. (0685856 x 9549856 / 0704151 x 9405737).



Foto 5.1.3-20 - Arenitos e camadas de conglomerados do Grupo Itapecuru, que podem formar bancadas lateríticas espessas. (0685856 x 9549856 / 0704151 x 9405737).

Na área, os arenitos sustentam relevos de superfícies aplanadas e relevos colinosos de baixa amplitude, que caracterizam a margem direita do Rio Tocantins. Essas rochas sustentam ainda relevo de colinas pequenas e também de morrotes, que se desenvolvem na margem direita do rio Tocantins e ao longo de alguns vales devido ao encaixamento da rede hidrográfica.

5.1.3.3.5 Argilitos, folhelhos e siltitos

Os argilitos, folhelhos e siltitos associados principalmente à Formação Ipixuna e ao Grupo Barreiras apresentam solos de alteração e superficial geralmente silto-arenoso, argiloso siltoso, argiloso ou muito argiloso dependendo da associação granulométrica da rocha (**Foto 5.1.3-21 e Foto 5.1.3-22**).

O solo residual tem compacidade fofa a muito fofa e espessuras variáveis. Esses materiais geralmente se associam à presença de Latossolo Amarelo.



Foto 5.1.3-21 - Argilitos da Formação Ipixuna na margem direita do Rio Tocantins (0647410 x 9691307 / 0650173 x 9673431).



Foto 5.1.3-22 - Argilitos da Formação Ipixuna na margem direita do Rio Tocantins (0647410 x 9691307 / 0650173 x 9673431).

5.1.3.3.6 Sedimentos aluviais

Os sedimentos aluviais são inconsolidados, com baixa capacidade de suporte, sendo constituídos por: areia fina silto-argilosa, argila orgânica, argila siltosa, areia média a grossa e cascalhos. Os sedimentos aluviais têm espessuras variadas, tendo na base camadas de areias e cascalhos finos.

Os sedimentos aluviais na Área de Estudo ocorrem associados principalmente à calha e as margens do Rio Tocantins, estando condicionados às características do canal fluvial, havendo trechos com planícies largas e contínuas e trechos com sedimentação restrita e afloramentos rochosos que formam rápidas corredeiras (**Foto 5.1.3-23 a Foto 5.1.3-28**).



Foto 5.1.3-23 - Areias finas, médias e grossas que constituem barras e ilhas no Rio Tocantins (0648454 x 9677759 / 0648826 x 9643851).



Foto 5.1.3-24 - Areias finas, médias e grossas que constituem barras e ilhas no Rio Tocantins (0648454 x 9677759 / 0648826 x 9643851).



Foto 5.1.3-25 - Argilas orgânicas com restos vegetais que ocorrem intercaladas com areia fina na planície de inundação do rio Tocantins (0687187 x 9427691 / 0694642 x 9416304).

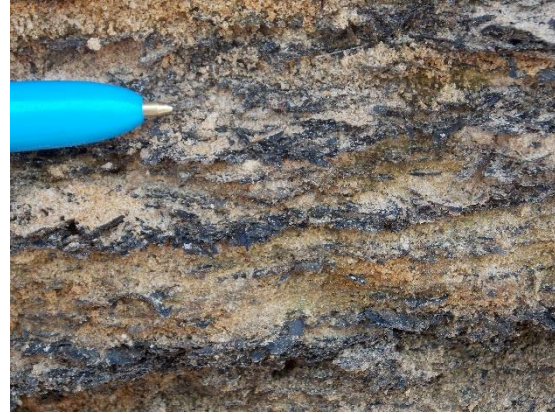


Foto 5.1.3-26 - Argilas orgânicas com restos vegetais que ocorrem intercaladas com areia fina na planície de inundação do rio Tocantins (0687187 x 9427691 / 0694642 x 9416304).



Foto 5.1.3-27 - Barra arenosa com estratificação cruzada; e camadas de seixos de quartzo, calcedônia e quartzitos intercaladas com areia conglomerática que formam depósito de terraço do rio Tocantins (0648826 x 9643851 / 0648405 x 959635).



Foto 5.1.3-28 - Barra arenosa com estratificação cruzada; e camadas de seixos de quartzo, calcedônia e quartzitos intercaladas com areia conglomerática que formam depósito de terraço do rio Tocantins (0648826 x 9643851 / 0648405 x 959635).

Com base nos atributos do embasamento rochoso e dos sedimentos que ocorrem na área de estudo e nas suas características geotécnicas, foi feita uma caracterização dos possíveis problemas e fragilidades associadas à esses materiais, quando da interferência sobre os diferentes terrenos (**Quadro 5.1.3-2**).

Quadro 5.1.3-2 - Tipos de rochas, características geotécnicas e solos associados que ocorrem na Área de Estudo

Tipos De Materiais	Problemas Esperados
<p>Gnaisses, granulitos e granitóides</p> <p>São rochas de origem ígnea e metamórfica constituídas essencialmente de quartzo, feldspato e mica, podendo apresentar granulometria fina a grossa, e ainda bandas com xistosidade bem desenvolvida e zonas de milonitização.</p> <p>O solo de alteração é areno-silto-argiloso a argilo-siltoso por vezes micáceos. É rico em grânulos de quartzo e feldspato, sendo comum a presença de matacões imersos. O solo superficial é argiloso a muito argiloso e argilo-arenosos rico em grânulos de quartzo, sendo comum a presença de cascalho.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Erosão em sulcos nos cortes e aterros, sendo mais intensa nos cortes devido à constituição do solo de alteração; • Escorregamento em taludes de corte na transição solo/rocha, comumente associado à surgências de água; • Instabilidade e queda de blocos por descalçamento em taludes de corte e em superfícies de encosta; • Dificuldade de escavação, cravação de estacas e de terraplanagem devido à presença de matacões; • Possibilidade de recalques diferenciais de fundações de estruturas devidos à implantação sobre matacões.
<p>Xistos, filitos e metassiltitos</p> <p>São rochas metamórficas de granulometria fina com foliação bem desenvolvida, sendo constituídas por micas, silte, feldspato e quartzo. Podem estar associados à metarenitos, metavulcânicas e metabásicas.</p> <p>Tem solos de alteração argilosos micáceos que podem apresentar fragmentos de quartzo angulosos ou ser siltoso-argilosos a argilo-siltosos micáceos. O solo superficial é argiloso a muito argiloso, podendo ser argilo-silto-arenoso e muito cascalhento, nos termos mais quartzosos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Erosão em sulcos controlada pela direção de xistosidade nos cortes, sendo mais intensa nos aterros devido à dificuldade de compactação causada pelas micas e pelo silte; • Escorregamentos em cortes condicionados pela foliação desfavorável.
<p>Metabasaltos e Basaltos</p> <p>São rochas ígneas vulcânicas, extrusivas e intrusivas de granulação fina a afanítica. São constituídas por plagioclásio cálcico, augita, hiperstênio, olivina, magnetita ou ilmenita.</p> <p>O solo de alteração e o superficial são argilosos a muito argilosos, podendo apresentar blocos e</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Queda de blocos em taludes de corte devido ao sistema de fraturamento intenso, que favorece a percolação de água. • Solos de elevada plasticidade, pegajosidade e baixa aderência que dificultam o tráfego e o preparo de solo nos períodos chuvosos.

Tipos De Materiais	Problemas Esperados
<p>fragmentos de rocha imersos no solo de alteração.</p>	
<p style="text-align: center;">Arenitos e conglomerados</p> <p>Rochas sedimentares com porcentagem maior que 80% de areia e quartzo, que se associam à conglomerados com seixos e blocos e podem ocorrer intercalados com outras rochas, porém subordinadas.</p> <p>O solo de alteração e residual pode ser arenoso, areno-siltoso, areno-argiloso e argilo-arenosos, conforme a composição ou rocha associada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Solos de alteração francamente arenosos são muito sensíveis à erosão laminar e em sulcos; • Podem apresentar instabilidade com quedas de blocos e rupturas clássicas devido ao diaclasamento ou ao acamamento desfavorável e à presença de planos de percolação. • Recalque diferencial devido à baixa densidade do solo de alteração; • Ocorrência de processo de erosão interna dos solos (<i>piping</i>) que pode favorecer o desenvolvimento de erosão remontante.
<p style="text-align: center;">Siltitos, folhelhos e argilitos</p> <p>São rochas sedimentares finas constituídas por silte e argila associados à areia fina a muito fina.</p> <p>O solo superficial pode ser silto-argiloso, silto-arenoso, argiloso siltoso, argiloso ou muito argiloso dependendo da associação granulométrica da rocha.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Expansão e contração dos solos; • Desagregação superficial intensa nos siltitos, favorecendo os processos de erosão superficial e em sulcos; • Queda de blocos associada ao fraturamento e ao descalçamento devido à desagregação; • Rupturas clássicas em taludes de corte; • Baixa aderência dos solos superficiais argilosos.
<p style="text-align: center;">Sedimentos aluviais</p> <p>Areia fina, areia argilosa e argila siltosa, matéria orgânica e ocasionalmente areia média à grossa e cascalhos em planícies de inundação e terraços.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Enchentes sazonais; • Presença de áreas alagadiças, freático elevado e solos moles; • Erosão lateral e vertical do canal e das margens; • Estabilidade precária das paredes de escavação; • Recalque de fundações; • Danificação das redes subterrâneas por recalque; • Danificação do subleito das vias devido à saturação do solo; • Risco de contaminação do lençol freático.

Fonte: Campos (1988), SHDU/ CSTDE/ EMPLASA/ IPT (1990) e Nakazawa (1994).

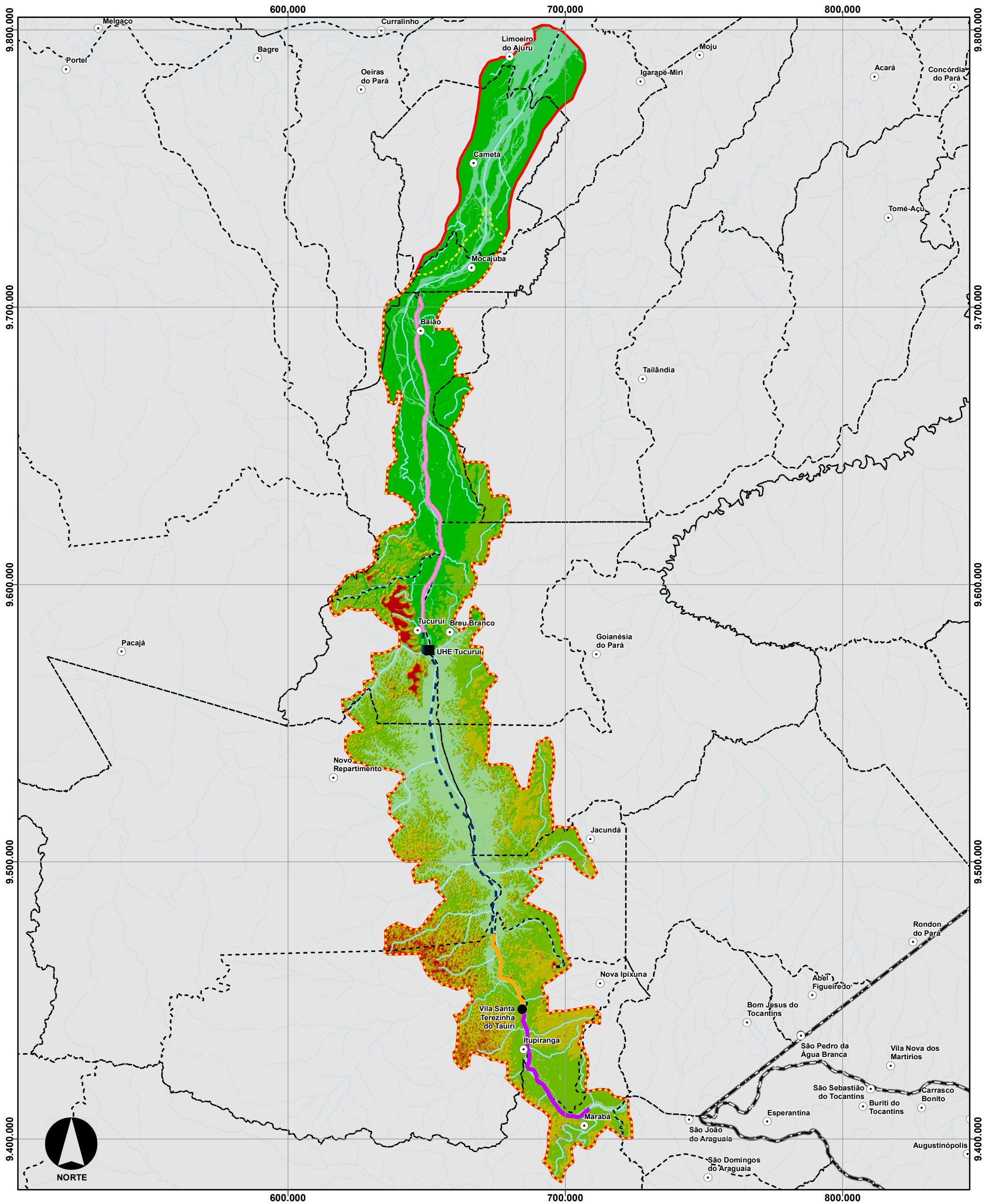
5.1.4 Geomorfologia

5.1.4.1 Considerações Metodológicas

Para a análise do relevo foi feita a compilação de dados bibliográficos e cartográficos das áreas de estudo do empreendimento, bem como a caracterização de campo.

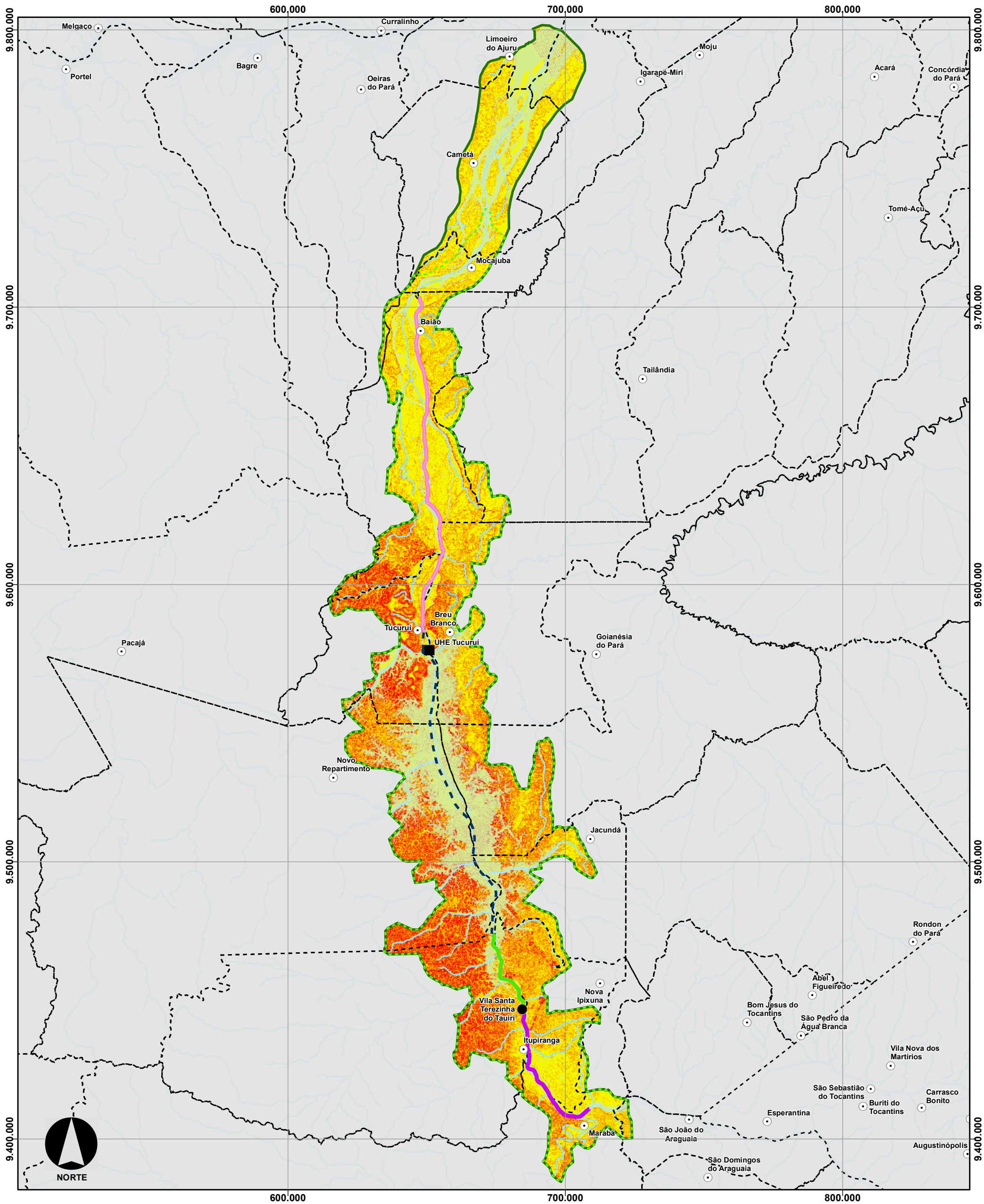
A interpretação do relevo e elaboração do mapa geomorfológico foi realizada tendo-se como referência os trabalhos de Ponçano et. al. (1981) e Pires Neto (1992).

O mapeamento geomorfológico foi realizado por meio da interpretação do Modelo Digital de Terreno Sombreado (**Mapa 5.1.4-1**) - NASA – Shuttle Radar Topographic Mission – SRTM, do Mapa de declividade (**Mapa 5.1.4-2**) e das imagens de satélite em escalas 1: 250.000, 1:100.000 e 1: 50.000, sendo o relevo descrito com base em seus atributos morfográficos e morfométricos, nos seus condicionantes litoestruturais e na sua dinâmica superficial.



CONVENÇÕES			LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS		DNIT		Consórcio DTA O' MARTIN	
○ Sedes Municipais	● Vila Tauri	— Trecho do Reservatório	■ 196 - 240	<p>PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM FUSO 22S DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000</p> <p>0 25 50 km</p>	EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baía (PA) Modelo de Elevação Digital			
— Corpos d'água	— Massa d'água	— ADA - Área Diretamente Afetada	■ 152 - 196					
— Área de Influência Direta	— Área de Influência Indireta	— Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga	■ 108 - 152		ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00
— Limite Municipal	— Limite Estadual	— Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogeá	■ 64 - 108					
			■ 20 - 64					

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018, MIRANDA, E.E. Brasil em Relevo, 2005.



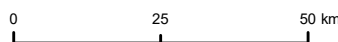
CONVENÇÕES

- | | | |
|-------------------------------|--|---------------------|
| ○ Sedes Municipais | Área do Projeto | Declividade (graus) |
| ● Vila Taurí | — Trecho do Reservatório | 0 - 1,50 |
| — Corpos d'água | ADA - Área Diretamente Afetada | 1,50 - 3,50 |
| — Massa d'água | — Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga | 3,50 - 6,20 |
| — Área de Influência Direta | — Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogeá | 6,20 - 9,70 |
| — Área de Influência Indireta | — Trecho 3 - Jusante - Tucuruí à Baião | 9,70 - 26,30 |
| - - - Limite Municipal | | |

LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM FUSO 22S DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000



Consórcio **DTA**
O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Mapa de Declividade

NÚMERO DO MAPA: 5,1,4-2	ESCALA/FORMATO: 1:1.285.000/A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018, MIRANDA, E.E. Brasil em Relevo, 2005.

Os estudos geomorfológicos compreenderam os seguintes trabalhos:

- Mapeamento dos tipos de relevos, que consiste na identificação e delimitação dos diversos padrões de formas, erosivas e deposicionais, que ocorrem nas áreas de estudo do empreendimento, e são caracterizados quanto à sua morfografia, morfometria, constituição, cobertura detrítica e dinâmica superficial;
- Análise da distribuição dos compartimentos do relevo onde se considera o contexto regional em que estão inseridas as áreas de estudo;
- Avaliação do condicionamento lito-estrutural do relevo, que compreende o entendimento do papel do substrato rochoso e das estruturas tectônicas na distribuição e na definição dos tipos de formas do relevo, nas áreas de influência do empreendimento;
- Caracterização das feições, formas de relevo e dos processos de erosão e deposição associados aos canais, margens e às planícies fluviais do rio Tocantins;
- Caracterização da dinâmica superficial da área de estudo, tendo em vista a identificação de setores com diferentes graus de susceptibilidade a ocorrência de processos erosivos e deposicionais, que serão diferenciados com base na carta de declividade, onde se estabelece a relação entre classes de inclinação e os processos morfogenéticos atuantes;

Os trabalhos de campo de geologia e geomorfologia foram feitos ao longo do rio e de estradas, no trecho situado entre Marabá e Baião, dando-se maior ênfase nas observações ao longo do canal do rio e de suas margens. A campanha teve duração de 12 dias, com a descrição de 260 pontos de observação, localizados por coordenadas UTM e com registro fotográfico.

Ressalta-se que as possíveis implicações das atividades de dragagens e do derrocamento são apresentadas no capítulo 6, de identificação e a avaliação de impactos ambientais.

As informações referentes à caracterização do canal de navegação, incluindo mapeamento batimétrico e a caracterização dos locais de descarte dos materiais a

serem derrocados e dragados são apresentadas no capítulo 2, de caracterização do empreendimento.

5.1.4.2 Contexto Geomorfológico Regional e Área de Influência Indireta (All)

5.1.4.2.1 Domínios Morfoclimáticos

A Área de Estudo para implantação das obras de Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins está localizada no Domínio Morfoclimático das Terras Baixas Florestadas Equatoriais (AB'SABER, 1973).

O Domínio Morfoclimático das Terras Baixas Florestadas Equatoriais é caracterizado pela presença de: tabuleiros extensos com vertentes semi-mamelonizadas nas áreas sedimentares; planícies de inundação labirínticas e meandricas associadas a terraços com cascalho e lateritas; morros baixos mamelonares ou semimamelonares, com relevos residuais, nas áreas cristalinas, representados por pães de açúcar (inselbergs) e níveis de pedimentos embutidos; ocorrendo ainda, rios negros e drenagens perenes (AB'SABER, 1973).

Nesse domínio predominam processos de intemperismo químico, bioquímico e processos de infiltração, sendo a erosão laminar e em sulcos reduzidas devido ao papel protetor da Floresta Ombrofila Densa e Aberta. Com a redução do escoamento pluvial devido à ação da floresta, que favorece a infiltração e a dissolução nos espessos mantos de intemperismo, a carga fluvial dos rios é constituída em sua maior parte por colóides e húmus. O predomínio de elementos solúveis e em suspensão dá aos rios um fraco poder abrasivo, o que favorece a manutenção das soleiras lito-estruturais, que sustentam níveis de base locais e a deposição em planícies aluviais (MOREIRA, 1975).

5.1.4.2.2 Unidades de Relevô

As unidades de relevô, que ocorrem na região em que serão implantadas as obras de Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins foram caracterizadas com base nas informações do Mapa de Geomorfologia do Pará elaborados pelo IBGE (2008).

A denominação das unidades de relevô é bastante divergente quando comparada com os Mapas de Unidades de Relevô IBGE (1993) e IBGE (2006) e com os Mapas do RADAMBRASIL (1973 e 1974), observando-se mudanças de nomes das unidades, redefinição de limites e aglutinação de unidades.

Com base no mapa adotado (IBGE, 2008) foram identificadas na Área de Estudo do empreendimento seis (6) unidades de relevô que são: Planícies Fluviais (294); Leque Aluvial do Tocantins (350); Planalto Tapajós-Xingu (290), Tabuleiros Paraenses (359), Depressão do Médio Xingu (339) e Depressão do Médio e Baixo Araguaia (333), conforme apresentado na **Figura 5.1.4-1**.

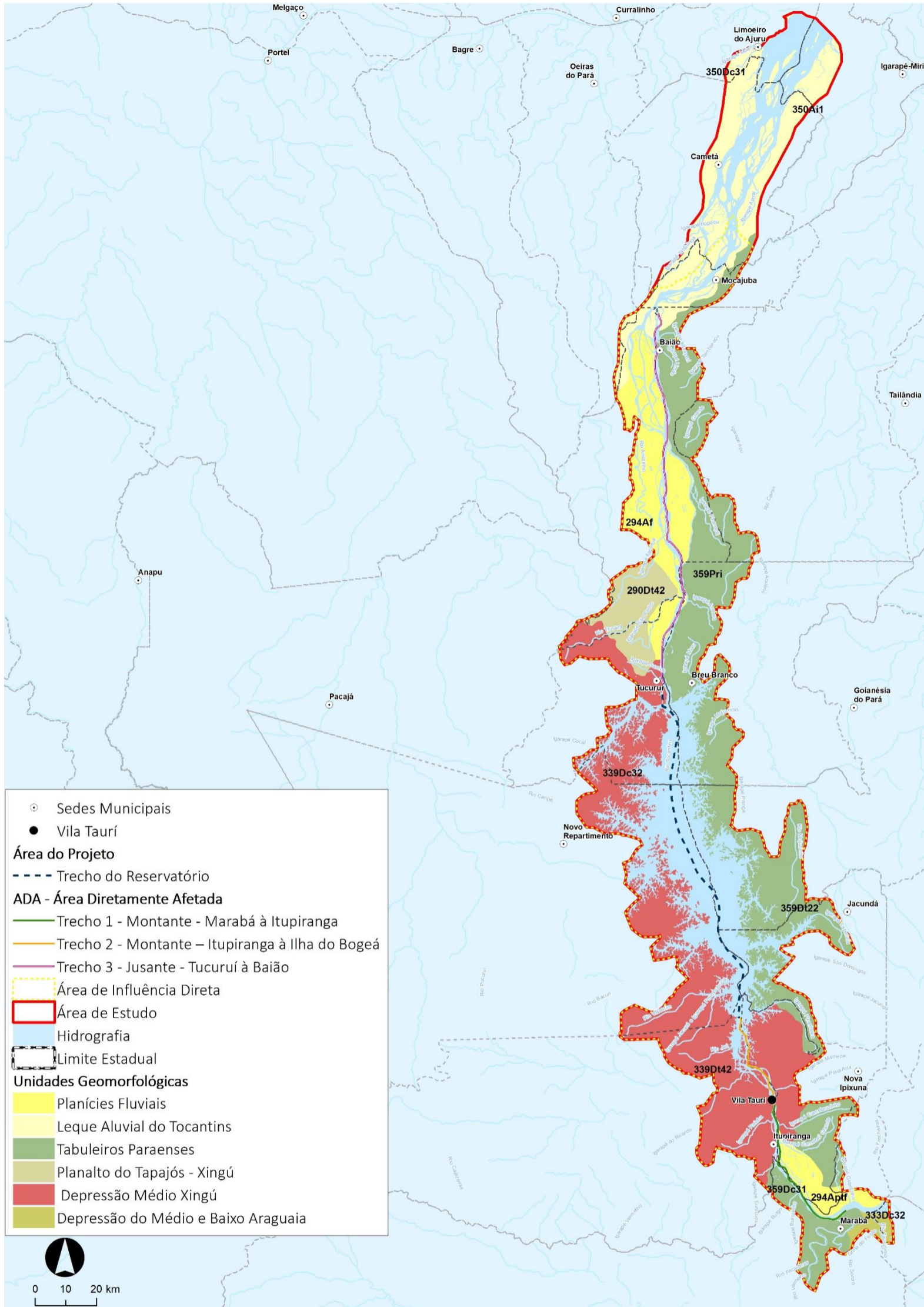


Figura 5.1.4-1 - Unidades de Relevo que ocorrem na região em que está inserida a Área de Estudo: Planícies Fluviais (294); Leque Aluvial do Tocantins (350); Planalto Tapajós-Xingú (290), Tabuleiros Paraenses (359), Depressão do Médio Xingú (339) e Depressão do Médio e Baixo Araguaia (333)

Fonte: IBGE, 2008 - Mapa Geomorfológico do Estado do Pará.

5.1.4.2.2.1 Planícies Fluviais

Essa unidade representa as amplas áreas de relevo de deposição formadas por Planícies fluviais (Af) e por Planícies e Terraços fluviais (Aptf), constituídos por areias finas a grossas, argilas e cascalhos aluviais, que ocorrem ao longo do rio Tocantins e seus afluentes, em cujos canais ocorrem barras arenosas, ilhas, travessões e corredeiras (RADAMBRASIL, 1973 e 1974).

Essa unidade representa os relevos que ocorrem principalmente nos trechos entre Marabá e Itupiranga e entre Tucuruí e Mocajuba.

5.1.4.2.2.2 Leque Aluvial do Rio Tocantins

O Leque Aluvial do Rio Tocantins é uma unidade definida pelo IBGE (2006), sendo caracterizada pela presença de relevos de acumulação da foz do Rio Tocantins. As altitudes nessa unidade variam de 45 a 5 m, sendo constituída por Sedimentos Pós-Barreiras, além de areia, argila e cascalho, depositado por ação fluvial e com influência de maré.

Os estudos realizados pelo IBGE (2008) diferenciaram nessa unidade, dois (2) tipos de modelados denominados de: Áreas de inundação periódicas e alagadiças (Ai1) e formas de dissecação colinosa (Dc31) com incisão de vale muito fraca e com média densidade de drenagem.

Essa unidade caracteriza a região a jusante de Baião, abrigando as localidades de Mocajuba e Cametá.

5.1.4.2.2.3 Planalto Tapajós-Xingu

O Planalto Tapajós -Xingu (IBGE, 2008), corresponde a unidade de relevo Tabuleiros do Baixo Rio Amazonas IBGE (2006), anteriormente denominada de Depressão do Amazonas (IBGE, 1993).

Essa unidade, na região, constitui remanescente de Superfície de Aplanamento erosiva-acumulativa, com caimento para a calha do Rio Amazonas e tem amplo desenvolvimento em suas margens. Na área de estudo essa unidade ocupa uma pequena área na margem esquerda do Rio Tocantins.

No Planalto Tapajós -Xingu, sustentado por rochas sedimentares da Formação Alter do Chão e Sedimentos Pós-Barreiras foram diferenciados pelo IBGE (2008) os relevos de: Pediplano retocado inumado (Pri), relevos dissecados em colinas (Dt 31 e 32) que apresentam incisão de drenagem fraca a muito fraca, constituindo relevos de baixa amplitude.

No estudo, a Unidade encontra-se em altitudes de 80 a 100 m e é caracterizada por relevos de Superfícies aplanadas, que corresponde a relevo de topo plano e muito pouco dissecado; e relevo de Colinas pequenas de baixa amplitude, que apresentam dissecação fraca e formas de topos convexos.

5.1.4.2.2.4 Tabuleiros Paraenses

A unidade de relevo Tabuleiros Paraense (IBGE, 2008), foi delimitada pelo IBGE (1993), correspondendo as unidades Tabuleiros Costeiros e Patamares de Marabá (IBGE, 2006) e ao Planalto Rebaixado da Amazônia (Baixo Amazonas) descrito pelo RADAMBRASIL (1974).

Essa Unidade tem amplo desenvolvimento na margem direita do Rio Tocantins, e é constituída essencialmente por modelados de Pediplano retocado inumado (Pri), que se associam a áreas pouco dissecadas com modelados em colinas (Dc31) e em tabuleiros (Dt22), (IBGE, 2008).

Essa ampla superfície de aplanamento, que se estende de Marabá a Moju, apresenta caimento de sul para norte e mostra, altitudes, formas de relevo e graus de dissecação diferenciados.

Próximo a Marabá, essa superfície com altitudes de 100 a 140 m, está levemente dissecada constituindo o relevo Superfície aplanada e colinas médias e pequenas de baixa amplitude. Em Jacundá, a Superfície aplanada encontra-se bem preservada e se estende para norte com altitudes de 70 a 140 m. Na região de Moju, a Superfície aplanada apresenta altitudes de 40 a 50 m.

Observa-se ainda nessa Unidade a presença de relevos de Colinas médias e pequenas e de Colinas pequenas, que se desenvolvem ao longo dos vales

principais indicando fase de retomada da erosão remontante e dissecação dessa Superfície de aplanamento.

Essa unidade é sustentada principalmente por arenitos caulíníticos, arenitos arcoseanos e conglomerados da Formação Ipixuna e do Grupo Itapecuru e por calcários, argilitos e folhelhos da Formação Barreiras, tendo-se também áreas de relevos aplanados sustentadas por xistos da Formação Piquizeiro.

5.1.4.2.2.5 Depressão do Médio Xingu

A Depressão do Médio Xingu (IBGE, 2008) corresponde a grande unidade de relevo Depressão da Amazônia Meridional (IBGE, 1993 e 2006) anteriormente denominada de Depressão Periférica do Sul do Pará (RADAMBRASIL, 1974).

Essa unidade apresenta altitudes de 220 a 110 m, sendo caracterizadas por relevos dissecados em colinas (Dc 32, 42 e 43), com incisões fluviais de aprofundamento médio a fraco e densidade de drenagem fina a média (IBGE, 2008).

Essa Unidade, que na área de estudo ocupa a margem esquerda do Rio Tocantins, é caracterizada pela presença de relevos de Colinas pequenas e Morrotes, de Morrotes, de Morros e de Escarpas dissecadas, que são sustentados por rochas do embasamento cristalino representadas por: ortognaisses, charnoquitos e granulitos migmatizados, suítes graníticas sim, tadi e pós tectônicas arqueanas e paleoproterozóicas do Domínio Bacajá do Cráton Amazônico.

5.1.4.2.2.6 Depressão do Médio e Baixo Araguaia

Depressão do Médio e Baixo Araguaia (IBGE, 2008), corresponde a unidade de relevo Depressão do Baixo Rio Araguaia (IBGE, 2006) e estava anteriormente inserida na Depressão Periférica do Sul do Pará (RADAMBRASIL, 1974).

Essa unidade de relevo, com altitudes de 210 a 120 m, é caracterizada por uma extensa superfície de aplanamento dissecada por modelados de colinas (Dc 32) com topos aplanados e vales pouco encaixados no relevo, que são sustentados por rochas metavulcanosedimentares neoproterozóicas: filitos, ardósia, metargilito e metassiltitos da Formação Couto Magalhães, associadas ao Cinturão Araguaia.

Nesse estudo, essa unidade que ocorre nas imediações de Marabá é caracterizada por relevos de Colinas amplas e médias e de Colinas médias e pequenas.

5.1.4.2.3 Condicionantes Litoestruturais

Os relevos que caracterizam a Área de Estudo são sustentados por rochas arqueanas e proterozóicas do embasamento cristalino e rochas sedimentares mesozóicas e cenozóicas das bacias sedimentares do Amazonas, Marajó e Grajaú e por Coberturas Sedimentares.

As rochas do embasamento cristalino e as rochas sedimentares mesozóicas de modo geral encontram-se arrasadas pelos processos de pediplanação que ocorreram na região, e foram responsáveis pelo desenvolvimento de extensa superfície de aplanamento, que hoje já se encontram dissecadas formando relevos colinosos e de morrotes.

Os processos de pediplanação, associados a processos de transporte e deposição fluvial foram também responsáveis pela formação das extensas Coberturas Sedimentares, que ocorrem na região, e que refletem a atuação conjunta de processos de aplanamento e deposição na formação do relevo regional.

Deve-se salientar que, a presença de xistos (Formação Piquizeiro) em meio a arenitos, nos Tabuleiros Paraenses, não condiciona mudanças significativas no relevo, provocando apenas mudanças nas características dos solos residuais e de alteração.

O condicionamento mais evidente do substrato rochoso no relevo, está associado a presença de ortognaisses, charnoquitos, granulitos migmatizados e granitóides do Cráton Amazônico, que sustentam as formas mais dissecadas da área de estudo e caracterizam a Depressão do Médio Xingu.

Deve-se assinalar que a presença de estruturas neotectônicas e de rochas mais resistentes ao longo dos rios, condiciona a formação de pedrais com rápidos e corredeiras, como o Pedral do Lourenço e outros menores.

No entanto, o papel mais marcante do embasamento litoestrutural no condicionamento do relevo está relacionado às descontinuidades estruturais da região, associadas à borda do Cráton Amazônico, que é marcada pelo Arco de Gurupá, por assinatura geofísica e por feições lineares aeromagnéticas, que apresentam direção NS, NNW e NW (**Figura 5.1.4-2**).

Esta descontinuidade na região de Marabá associa-se à presença de zonas de empurrão da Faixa Araguaia, constituídas por falhas de cisalhamento compressional, formadas durante os cavalgamentos ocorridos no neoproterozóico (Ciclo Brasileiro). Nesse trecho, as estruturas formam soleiras litoestruturais, em consequência da sua reativação neotectônica.

A jusante da confluência do Rio Itacaiúnas, a estrutura condiciona forte inflexão do rio para NW e NNW, marca o limite das rochas do Cráton Amazônico (Domínios Cajazeira e Bacajá) e das rochas sedimentares mesozóicas e controla longo trecho do Rio Tocantins, que se estende até a Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco), a jusante de Tucuruí.

Em Nazaré dos Patos a borda do cráton inflete para NW controlando trecho do contato entre as rochas mesozóicas e os sedimentos neogênicos Pós Barreiras, onde coincide com o Arco de Gurupá, cuja atividade entre o Neotriássico e o Eocretáceo, foi importante no desenvolvimento das bacias do Marajó e da Foz do Amazonas, bem como gerou o arcabouço estrutural para a atividade neotectônica cenozóica.

O Arco do Gurupá, no Eocretáceo (Berriasiano), desenvolve-se associado ao desnivelamento imposto pelas falhas normais lítricas que deram origem à Bacia do Marajó, onde funcionou como a ombreira principal e provavelmente forneceu grande parte dos sedimentos que preencheram os depocentros da bacia. No final do Aptiano, com intensificação da subsidência regional, a Bacia do Marajó alcança sua ampliação máxima com completo desenvolvimento de sistemas de falhas antitéticas (SOARES JUNIOR, *et al*, 2011).

A partir do Mioceno, passa a incidir na região um regime de tectônica intraplaca, marcado por sistemas transcorrentes dextrais EW, com componentes transpressivos e transtensivos, associado aos quais se desenvolvem falhas normais de direção NW-SE, NNW-SSW e N-S, falhas inversas, dobramentos e falhas transcorrentes de direção NE-SW (**Figura 5.1.4-3**) (COSTA, *et al.*, 1996).

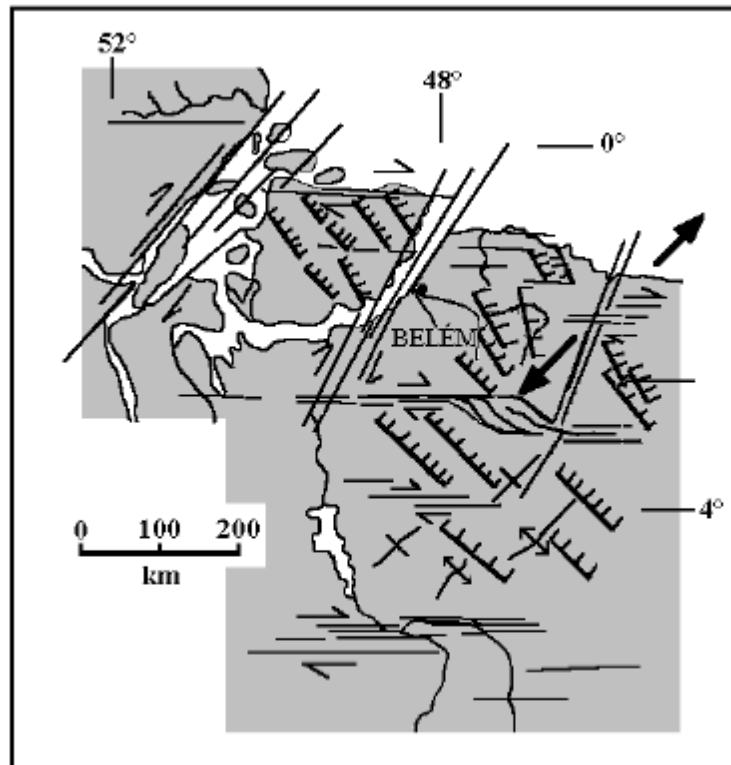


Figura 5.1.4-3 - Sistemas transcorrentes dextrais EW, aos quais se associam: falhas normais de direção NW-SE, NNW-SSW e N-S, falhas inversas, dobramentos e falhas transcorrentes de direção NE-SW

Fonte: Costa *et al.*, 1996.

Esse novo arranjo tectônico que tem perdurado durante o Pleistoceno e Holoceno, é marcado pela presença de dois sistemas de falhas transcorrentes E-W um a norte e outro a sul e pela reativação de antigas falhas da Bacia do Marajó, as quais passam a condicionar o traçado do rio Tocantins a jusante de Nazaré dos Patos, controlando o desenvolvimento de assimetrias no canal fluvial que é marcada por margem direita escarpada e margem esquerda suave associada à ampla sedimentação fluvial.

Nesse período, a movimentação de falhas transcorrentes Carapajó e Tocantins condiciona a inflexão do canal do Rio Tocantins para NE-SW, que passa a desaguar diretamente no Oceano Atlântico, rompendo o condicionamento das falhas normais da Bacia do Marajó e mudando o seu antigo traçado NW-SE em direção ao Rio Amazonas (SOARES JUNIOR, *et al*, 2011).

A esse padrão de movimentação tectônica está também associado a formação de extensa sedimentação ao longo do rio Tocantins e a formação de romboedros transtensivos, como se observa em Ipixuna, que são controlados pelo feixe transcorrente E-W (sul), que se estende por mais de 350 km, desde Imperatriz até Marabá (SOARES JUNIOR, *et al*, 2011).

5.1.4.2.4 Tipos de Relevo

Com base no sistema de mapeamento adotado foram diferenciados na AII da Área de dragagem e derrocamento da via navegável do Rio Tocantins, treze (13) tipos de relevo, que se distribuem nas Unidades de Relevo diferenciadas pelo IBGE (2008), conforme mostra o **Quadro 5.1.4-1**.

Os tipos de relevo diferenciados foram: Superfície aplanada, Superfície aplanada com Colinas médias e pequenas, Colinas amplas e médias, Colinas médias e pequenas, Colinas pequenas, Colinas pequenas e Morrotes, Morrotes, Morros, Escarpas dissecadas, Terraço (T1 e T2), Planície fluvial, Planície com campo e Planície de Inundação, que se encontram representados no **Mapa 5.1.4-3**.

Quadro 5.1.4-1 - Unidades de relevo e os tipos de relevo que as constituem na AII da Área de dragagem e derrocamento da via navegável do Rio Tocantins

Unidades De Relevo	Tipos De Relevo
Planícies Fluviais	Planície de Inundação
	Planície Fluvial
	Terraço (T)
Leque Aluvial do Tocantins	Planície de Inundação
	Planície com campo
	Planície Fluvial
	Terraço (T)
Planalto Tapajós-Xingu	Superfície Aplanada
	Colinas Pequenas
Tabuleiros Paraenses	Superfície Aplanada
	Superfície Aplanada e Colinas médias e pequenas
	Colinas médias e pequenas
	Colinas pequenas
	Colinas pequenas e Morrotes
Depressão do Médio Xingu	Superfície Aplanada
	Escarpa dissecada
	Morros
	Morrotes
	Colinas pequenas e Morrotes
	Colinas pequenas
Depressão do Médio e Baixo Araguaia	Colinas Amplas e Médias
	Colinas Médias e Pequenas

5.1.4.2.4.1 Superfície Aplanada

O tipo de relevo Superfície Aplanada, descrito no **Quadro 5.1.4-2**, e mostrado entre a **Foto 5.1.4-1** e a **Foto 5.1.4-8**, é constituído por topos subhorizontais extensos com vales erosivos abertos e pouco encaixados no relevo. Esse relevo pode ocorrer formando extensas superfícies erosivas ou erosivas – acumulativas, ou ainda formando remanescentes pequenos, elevados e residuais, geralmente delimitados por encostas íngremes.

Na All do empreendimento esse relevo é encontrado em dois níveis topográficos: o Nível 240 – 260 m que ocorre na forma de pequenos remanescentes limitados por escarpas dissecadas na margem esquerda do Rio Tocantins, próximo a Tucuruí; e o Nível 40 – 140 m, que apresenta caimento e graus de dissecção diferenciados de sul para norte, e tem ampla distribuição na margem direita do rio, estendendo-se de Moju até as proximidades de Jacundá.

A distribuição desses níveis indica pelo menos dois períodos de estabilidade tectônica e de desenvolvimento de processo de aplanamento na região. O mais antigo, responsável pelo desenvolvimento do Nível 240 – 260 m, teria sido soerguido e fragmentado, o que favoreceu o seu isolamento e sua preservação como um relevo residual.

Após essa fase de movimentação tectônica, reentalhe da drenagem e esculturação do relevo, ocorre novo período de estabilidade, que favorece o desenvolvimento do processo de aplanamento, possivelmente relacionado à pedimentação, que elabora o Nível 40 -140 m.

Após essa fase, a ocorrência de movimentos neotectônicos na região, favorece a retomada dos processos erosivos, ao longo das drenagens possivelmente devido às alterações no nível de base regional, o que condiciona a presença de relevos colinosos que registram fase de retomada da erosão remontante e a dissecção do Nível 40 – 140 m, como se observa na bacia do Rio Moju e de seu afluente, o Rio Cairari.

O relevo de Superfície aplanada no Nível 40 -140 m, que ocorre na margem direita do Rio Tocantins, é sustentado principalmente por arenitos caulíníticos, arenitos arcoseanos e conglomerados da Formação Ipixuna e do Grupo Itapecuru e por calcários, argilitos e folhelhos da Formação Barreiras, tendo-se também áreas de relevos aplanados sustentadas por xistos da Formação Piquizeiro.

O relevo no Nível 240 – 260 m, é sustentado por basalto e grauvacas, metarenitos finos e metassiltitos do Grupo Tucuruí, e por cobertura detrítico-laterítica madura espessa que sustenta e favorece a preservação da superfície de aplanamento.

Quadro 5.1.4-2 – Tipos de Relevo que constituem a All do empreendimento

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Superfícies aplanadas (Sa)</p> <p>Amplitude < 20 m</p> <p>Inclinação: 0,5 a 2,5 %</p> <p>Altitudes: 40 a 140 m e 240 – 260 m</p>	<p>Superfícies extensas de topos subhorizontais amplos, que podem formar núcleos isolados e elevados quando residuais. Vales erosivos abertos e pouco encaixados. Drenagem de baixa densidade.</p> <p>Sustentados por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos (Grupo Itapecuru); arenitos caulíníticos, com níveis de argilitos (Formação Ipixuna); Calcários intercalados com folhelhos, argilitos, arenitos e conglomerados (Grupo Barreiras), Basalto e grauvacas, metarenitos finos e metassiltitos (Grupo Tucuruí).</p>	<p>Erosão laminar e em sulcos ocasional e de baixa intensidade.</p> <p>Em áreas muito planas há dificuldade de escoamento das águas pluviais que formam alagadiços.</p>
<p>Superfícies aplanadas e colinas médias e pequenas (Sa/Cmp)</p> <p>Amplitude 10 a 30 m</p> <p>Inclinação: < 2,0 %</p> <p>Altitudes: 80 a 140 m</p>	<p>Superfícies levemente dissecadas em colinas médias e pequenas de topos subhorizontal e convexos. Perfis de vertentes contínuos retilíneos e longos. Vales erosivos abertos e pouco encaixados. Drenagem de média a baixa densidade.</p> <p>Sustentados por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos (Grupo Itapecuru); ortognaisses originalmente enderbíticos a charnoquíticos (Complexos Cajazeiras).</p>	<p>Terrenos pouco sensíveis à interferência com processos erosivos frequentes em solos arenosos.</p>

Ocorrência dos processos: Ocasional: ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. Frequente: ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. Generalizado: ocorre em muitos locais sendo comum à sua presença. Intensidade dos processos: Baixa: processos que afetam pequenas áreas ou tem pouca profundidade; Média: processos que afetam áreas com dimensões e profundidades moderadas, e Alta: processos que afetam grandes áreas ou tem grandes profundidades.



Foto 5.1.4-1 - Superfícies extensas de topos subhorizontais amplos com vales erosivos abertos, que caracterizam o relevo de Superfície aplanada no Nível 40 – 140 m, na margem direita do Rio Tocantins (0661935 x 9569220).



Foto 5.1.4-2 - Superfícies extensas de topos subhorizontais amplos com vales erosivos abertos, que caracterizam o relevo de Superfície aplanada no Nível 40 – 140 m, na margem direita do Rio Tocantins (0661935 x 9569220).



Foto 5.1.4-3 - Conglomerados do Grupo Itapecuru laterizado e cobertura arenosa pouco argilosa, que se associam ao relevo de Superfícies aplanadas (0662585 x 95555053 e 0661935x9569220).



Foto 5.1.4-4 - Conglomerados do Grupo Itapecuru laterizado e cobertura arenosa pouco argilosa, que se associam ao relevo de Superfícies aplanadas (0662585 x 95555053 e 0661935x9569220).



Foto 5.1.4-5 - Cobertura arenosa do Relevo de Superfície aplanada, no Nível 40 – 140 m (0658609x9684254).



Foto 5.1.4-6 - Cobertura arenosa do Relevo de Superfície aplanada, no Nível 40 – 140 m (0658609x9684254).



Foto 5.1.4-7 - Relevo de Superfície aplanada, no Nível 240 – 260 m e Escarpa dissecada que limita a superfície nivelada do topo, na margem esquerda do Rio Tocantins próximo a Tucuruí (0637421x9588590).



Foto 5.1.4-8 - Relevo de Superfície aplanada, no Nível 240 – 260 m e Escarpa dissecada que limita a superfície nivelada do topo, na margem esquerda do Rio Tocantins próximo a Tucuruí (0637421x9588590).

5.1.4.2.4.2 Superfície aplanada e colinas médias e pequenas

O relevo de Superfície aplanada e colinas médias e pequenas tem seu desenvolvimento associado a processos de dissecção fluvial remontante e de baixa intensidade. Esses processos são responsáveis pelo afeiçoamento do relevo de Superfície aplanada ainda preservada na margem direita do Rio Tocantins.

Esse relevo descrito no **Quadro 5.1.4-2** e mostrado na **Foto 5.1.4-9** e na **Foto 5.1.4-10**, ocorre entre Marabá e Jacundá onde é sustentado por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru e por ortognaisses originalmente enderbíticos a charnoquíticos do Complexos Cajazeiras.



Foto 5.1.4-9 - Superfícies aplanada levemente dissecadas em colinas médias e pequenas de topos subhorizontal e convexos, que ocorre entre Marabá e Jacundá e é sustentado por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru (0712929x9482518).



Foto 5.1.4-10 - Superfícies aplanada levemente dissecadas em colinas médias e pequenas de topos subhorizontal e convexos, que ocorre entre Marabá e Jacundá e é sustentado por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru (0712929x9482518).

5.1.4.2.4.3 Colinas amplas e médias

O relevo de Colinas Amplas e Médias ocupa pequena área na margem esquerda do Rio Itacaiúnas, próximo a sua foz, e se encontra nivelado em altitudes de 120 a 140 m.

Esse relevo é sustentado por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru; e por filito, ardósia, metargilito, calcário com metarenito e quartzito subordinado da Formação Couto Magalhães.

O relevo de Colinas Amplas e Médias, descrito no **Quadro 5.1.4-3**, ocorre na porção sul da AII, e não deve ter nenhuma interferência com o empreendimento.

Quadro 5.1.4-3 - Tipos de Relevo que constituem a AII do empreendimento

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Colinas Amplas e Médias (Cam)</p> <p>Amplitude 20 a 30 m</p> <p>Inclinação: 0 a 2 % e setores de 2 a 8 %</p> <p>Altitudes: 120 a 140 m</p>	<p>Associação de colinas de topos subhorizontais e convexos. Perfis de vertentes contínuos retilíneos. Vales erosivos e acumulativos abertos e pouco encaixados no relevo com planícies aluviais descontínuas e estreitas. Drenagem de média densidade.</p> <p>Sustentados por: arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos (Grupo Itapecuru); filito, ardósia, metargilito, calcário com metarenito, e quartzito subordinado (Formação Couto Magalhães).</p>	
<p>Colinas Médias e Pequenas (Cmp)</p> <p>Amplitude 20 m</p> <p>Inclinação: 2 a 15% setores</p> <p>15 a 30% restrito</p> <p>Altitudes: 100 a 160 m</p>	<p>Associação de colinas médias e pequenas. As colinas têm topos convexos e vertentes retilíneas de baixa declividade. Vales erosivos e erosivos acumulativos, abertos e pouco encaixados no relevo. Drenagem de média a alta densidade.</p> <p>Sustentados por: arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos (Grupo Itapecuru); arenitos, lentes de calcarenitos e calcilitos e pelitos intercalados (Formação Codó); filito, ardósia, metargilito, calcário com metarenito e quartzito subordinado (Formação Couto Magalhães); Ortognaisses originalmente enderbíticos a charnoquíticos (Complexos Cajazeiras).</p>	<p>Erosão laminar e em sulcos ocasionais de baixa a média intensidade.</p> <p>Terrenos pouco sensíveis à interferência, com problemas localizados nas encostas mais inclinadas.</p>
<p>Colinas Pequenas (Cp)</p> <p>Amplitude: 20 a 60 m</p> <p>Inclinação: 2 a 15 %</p> <p>Altitudes: 40 a 80 m</p> <p>100 a 140 m</p>	<p>Colinas pequenas de topos convexos e perfil de vertentes com segmentos retilíneos de baixa inclinação, ocasionalmente com matacões. Vales erosivos e erosivos acumulativos, abertos e pouco encaixados no relevo. Drenagem de média a alta densidade.</p> <p>Sustentados por: arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos (Grupo Itapecuru); arenitos caulíníticos, com níveis de argilitos (Formação Ipixuna); charnockitos e charnoenderbitos (Suíte Intrusiva Arapari); Enderbitos, charnoenderbitos, charnockitos jotunitos e mangeritos (Complexo Bacajá).</p>	

Ocorrência dos processos: Ocasional: ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. Frequente: ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. Generalizado: ocorre em muitos locais sendo comum à sua presença. Intensidade dos processos: Baixa: processos que afetam pequenas áreas ou tem pouca profundidade. Média: processos que afetam áreas com dimensões e profundidades moderadas. Alta: processos que afetam grandes áreas ou tem grandes profundidades

5.1.4.2.4.4 Colinas médias e pequenas

O relevo Colinas médias e pequenas, descrito no **Quadro 5.1.4-3** e mostrado entre a **Foto 5.1.4-11** e a **Foto 5.1.4-14**, ocorre de modo descontínuo no sul da All do empreendimento, e ocupa uma área maior na margem direita do Rio Tocantins, nas proximidades de Jacundá.

No sul da All do empreendimento esse relevo é sustentado principalmente por: filito, ardósia, metargilito, calcário com metarenito, e quartzito subordinado da Formação Couto Magalhães, ocorrendo em algumas áreas rochas do Complexo Cajazeiras.

Nas proximidades de Jacundá, esse relevo caracteriza a dissecação da Superfície de aplanamento do nível 40 – 140 m, pelos afluentes dos rios Tocantins e Moju, sendo sustentado por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru, e por ortognaisses originalmente enderbíticos a charnoquíticos do Complexos Cajazeiras.



Foto 5.1.4-11 - Colinas médias e pequenas de topos convexos e vertentes retilíneas de baixa declividade. Vales erosivos e erosivos acumulativos, abertos e pouco encaixados no relevo (0715607x9434107).



Foto 5.1.4-12 - Colinas médias e pequenas de topos convexos e vertentes retilíneas de baixa declividade. Vales erosivos e erosivos acumulativos, abertos e pouco encaixados no relevo (0712929x9482518).



Foto 5.1.4-13 - Arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos, no topo nota-se níveis de pelitos do Grupo Itapecuru laterizados (0715607x9434107).



Foto 5.1.4-14 - Coberturas areno argilosas, que caracterizam o relevo de Colinas médias e pequenas na margem direita do Rio Tocantins (0715607x9434107).

5.1.4.2.4.5 Colinas Pequenas

O relevo de Colinas pequenas, descrito no **Quadro 5.1.4-3** e mostrado entre a **Foto 5.1.4-15** e a **Foto 5.1.4-20** ocorre nas duas margens do Rio Tocantins.

Na margem esquerda, apresenta altitudes de 100 a 140 m e caracteriza relevo rebaixado que ocorre entre relevos de Morrotes e de Morros, e é sustentado por charnockitos e charnoenderbitos da Suíte Intrusiva Arapari, por enderbitos, charnoenderbitos, charnockitos jotunitos e mangeritos do Complexo Bacajá, e também por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru.

Na margem direita, as Colinas pequenas constituem áreas dissecadas ao longo dos afluentes do Rio Moju e formando degrau mais dissecado entre o relevo de Superfície aplanada e o nível de Terraço do Rio Tocantins. Esses relevos que apresentam altitudes de 40 a 80 m, são sustentados por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru.



Foto 5.1.4-15 - Colinas pequenas de topos convexos e perfil de vertentes com segmentos retilíneos de baixa inclinação, com vales abertos erosivos e erosivos acumulativos com planícies fluviais, na margem esquerda do Rio Tocantins (0682888x9445161).



Foto 5.1.4-16 - Colinas pequenas de topos convexos e perfil de vertentes com segmentos retilíneos de baixa inclinação, com vales abertos erosivos e erosivos acumulativos com planícies fluviais, na margem esquerda do Rio Tocantins (0682888x9445161).



Foto 5.1.4-17 - Colinas pequenas de topos convexos e perfil de vertentes com segmentos retilíneos de baixa inclinação, ocasionalmente com matacões de charnockitos do Complexo Bacajá (0679760x9451421).



Foto 5.1.4-18 - Matacões de charnockitos do Complexo Bacajá (0679760x9451421).



Foto 5.1.4-19 - Processos erosão laminar e em sulcos ocasionais de baixa a média intensidade e voçoroca ocasional de média a alta intensidade em relevo de Colinas pequenas, na margem esquerda do Rio Tocantins (0633619x9621821).



Foto 5.1.4-20 - Voçoroca ocasional de média a alta intensidade em relevo de Colinas pequenas, na margem esquerda do Rio Tocantins (0633886x9554601).

5.1.4.2.4.6 Colinas pequenas e Morrotes

O relevo de Colinas Pequenas e Morrotes, descrito no **Quadro 5.1.4-4** e mostrado entre a **Foto 5.1.4-21** e a **Foto 5.1.4-32**, também ocorre nas duas margens do Rio Tocantins, em altitudes de 80 a 160 m.

Na margem direita, o relevo de Colinas pequenas e Morrotes tem seu desenvolvimento associado à dissecação da Superfície aplanada Nível 40 – 140 m pelos pequenos afluentes do Rio Tocantins, caracterizando um relevo dissecado na margem do Reservatório de Tucuruí. Nessa margem esse relevo é sustentado por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru; metagrauvas, metarenitos e metasiltitos do Grupo Tucuruí e por ortognaisses originalmente enderbíticos a charnoquíticos do Complexos Cajazeiras.

Na margem esquerda, o relevo de Colinas pequenas e Morrotes ocorre de modo restrito dentro da All, sendo sustentado por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru; metagrauvas, metarenitos e metasiltitos do Grupo Tucuruí, charnockitos e charnoenderbitos da Suíte Intrusiva Arapari e por ortognaisses originalmente enderbíticos a charnoquíticos do Complexos Cajazeiras.



Foto 5.1.4-21 - Relevo de Colinas Pequenas e Morrotes formado por colinas de topo convexo e perfil de vertente contínuo e retilíneo de baixa inclinação, e por morrotes de topo subhorizontal, tabular e convexo, com perfil de encosta descontínuo, com segmentos retilíneos e/ou convexos íngremes (0661202x9465217).



Foto 5.1.4-22 - Relevo de Colinas Pequenas e Morrotes formado por colinas de topo convexo e perfil de vertente contínuo e retilíneo de baixa inclinação, e por morrotes de topo subhorizontal, tabular e convexo, com perfil de encosta descontínuo, com segmentos retilíneos e/ou convexos íngremes (0661202x9465217).



Foto 5.1.4-23 - Relevo de Colinas Pequenas e Morrotes, com encostas de perfil descontínuo, formada por segmentos retilíneos e/ou convexos íngremes, por vezes com matacões (0622822x9540014).



Foto 5.1.4-24 - Relevo de Colinas Pequenas e Morrotes, com encostas de perfil descontínuo, formada por segmentos retilíneos e/ou convexos íngremes, por vezes com matacões (0622822x9540014).



Foto 5.1.4-25 - Matações com feições de dissolução de charnockitos levemente foliados, com texturas porfiríticas muito grossas da Suíte Intrusiva Arapari (0622822x9540014).

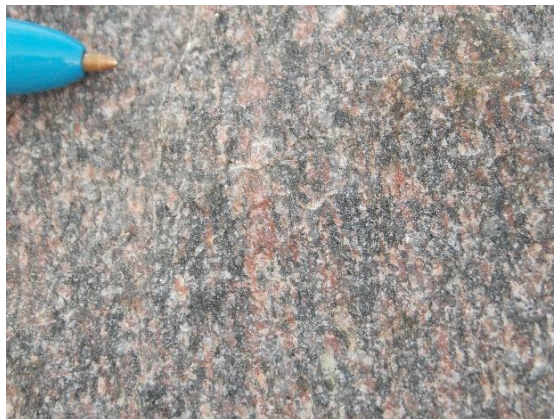


Foto 5.1.4-26 - Matações com texturas porfiríticas muito grossas da Suíte Intrusiva Arapari (0622822x9540014).



Foto 5.1.4-27 - Morrotes de topo convexo, com perfil de encosta descontínuo e segmentos retilíneos sustentados por conglomerados do Grupo Itapecuru, na margem direita do Rio Tocantins (0685856x9549856).



Foto 5.1.4-28 - Morrotes de topo convexo, com perfil de encosta descontínuo e segmentos retilíneos sustentados por conglomerados do Grupo Itapecuru, na margem direita do Rio Tocantins (0685856x9549856).



Foto 5.1.4-29 - Vales erosivos em relevo de colinas pequenas e morrotes, com processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais de baixa a média intensidade (0685856x9549856).



Foto 5.1.4-30 - Processos de erosão laminar (0685856x9549856).



Foto 5.1.4-31 - Erosão em sulcos em drenagem da estrada ocasional de média intensidade (0685856x9549856).



Foto 5.1.4-32 - Processos de rastejo freqüente de média a baixa intensidade (0685856x9549856).

5.1.4.2.4.7 Morrotes

O relevo de Morrotes, descrito no **Quadro 5.1.4-4** e mostrado entre a **Foto 5.1.4-33** e a **Foto 5.1.4-38** ocorre principalmente na margem esquerda do Rio Tocantins ocupando grandes áreas da All e formando boa parte da margem do Reservatório de Tucuruí.

Os Morrotes são relevos dissecados com altitudes variáveis de 100 a 220 m sustentados por ortognaisses originalmente enderbíticos a charnoquíticos dos Complexos Cajazeiras e Aruanã; enderbitos, charnoenderbitos, charnockitos jotunitos e mangeritos do Complexo Bacajá; charnockitos e charnoenderbitos da

Suíte Intrusiva Arapari e por arenitos, pelitos e conglomerados da Formação Alter do Chão.

Esse relevo ocorre ainda em pequena área na margem direita do rio Tocantins logo a jusante da Barragem de Tucuruí.



Foto 5.1.4-33 - Morrotes de topos estreitos e convexos, vertente de perfil contínuo, retilíneo e/ou convexo, e descontínuo com segmentos convexos. (0673890x9451220).



Foto 5.1.4-34 - Vales erosivos encaixados (0673890x9451220).



Foto 5.1.4-35 - Morrotes com processos de erosão laminar, ocasionais a frequentes de baixa a média intensidade, na margem esquerda do rio Tocantins (0624706x9598412).



Foto 5.1.4-36 – Erosão laminar ocasionais a frequentes de baixa a média intensidade nos Morrotes da margem esquerda do rio Tocantins (0624706x9598412).



Foto 5.1.4-37 - Encosta com perfil contínuo convexo com processos de erosão laminar e em sulcos, ocasionais a frequentes de baixa a média intensidade (0676226x9451887).

Foto 5.1.4-38 - Segmento retilíneo com degraus de rastejo em relevo de Morrotes (0676226x9451887).

Quadro 5.1.4-4 - Tipos de Relevo que constituem a All do empreendimento

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Colinas Pequenas e Morrotes (CpMT)</p> <p>Amplitude: 20 a 60 m</p> <p>Inclinação: 2 a 15 % e 15 a 30%, setores</p> <p>30 a 45% restrito</p> <p>Altitudes: 80 a 160 m</p>	<p>Associam-se Colinas Pequenas e Morrotes. As colinas têm topo convexo e perfil de vertente contínuo e retilíneo de baixa inclinação. Os morrotes têm topo subhorizontal, tabular e convexo. Perfil de encosta descontínuo, com segmentos retilíneos e/ou convexas íngremes, por vezes com matações. É freqüente a ocorrência de feições residuais elevadas de 3 a 5 m acima do nível das colinas. Vales erosivos e bem marcados no relevo, com canais sobre rocha, matações, blocos e erosivos acumulativos com seixos, areia grossa e média. Densidade de drenagem média a alta.</p> <p>São sustentados por: Ortognaisses originalmente enderbíticos a charnoquíticos (Complexos Cajazeiras); charnockitos e charnoenderbitos (Suíte Intrusiva Arapari); clorita xisto, clorita-quartzo xisto e clorita-muscovita xisto (Formação Piquizeiro); arenitos caulíníticos, com níveis de argilitos. (Formação Ipixuna) arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos (Grupo Itapecuru), metagrauvascas, metarenitos e metasiltitos (Grupo Tucuruí).</p>	<p>Erosão laminar e em sulcos e escorregamentos ocasionais de baixa a média intensidade.</p> <p>Rastejo freqüente de média a baixa intensidade.</p> <p>Terrenos sensíveis à interferência devido aos processos erosivos e, localmente, à inclinação de suas encostas.</p>

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Morrotos (MT)</p> <p>Amplitude: 40 a 80 m</p> <p>Inclinação: 15 a 30 e 8 a 15%, setores</p> <p>30 a 45% restrito</p> <p>Altitude: 100 a 220 m</p>	<p>Associam-se morrotos de topos estreitos e convexos. Vertente de perfil contínuo, retilíneo e/ou convexo e descontínuo com segmentos convexos. Vales erosivos encaixados. Densidade de drenagem média.</p> <p>São sustentados por: Ortognaisses originalmente enderbíticos a charnoquíticos (Complexos Cajazeiras e Aruanã), Enderbitos, charnoenderbitos, charnockitos jotunitos e mangeritos (Complexo Bacajá); charnockitos e charnoenderbitos (Suíte Intrusiva Arapari); metagrauvas, metarenitos e metasiltitos (Grupo Tucuruí); arenitos com estratificação cruzada, pelitos e conglomerados (Formação Alter do Chão).</p>	<p>Erosão laminar, em sulcos, rastejo, escorregamento e assoreamento são ocasionais a freqüentes de baixa a média intensidade.</p>
<p>Morros (M)</p> <p>Amplitude: 100 a 160 m</p> <p>Inclinação: 15 a 30 e 8 a 15%, setores</p> <p>30 a 45% restrito</p> <p>Altitude: 130 a 170 m</p>	<p>Morros de topos convexos nivelados, vertentes de perfil descontínuo convexo e/ou retilíneo, de inclinação suave. Vales erosivos encaixados. Densidade de drenagem média.</p> <p>Sustentados por metagrauvas, metarenitos e metasiltitos (Grupo Tucuruí), geralmente associados com laterita ferruginosa maciça e com espessuras de 1,5 a 6 m.</p>	<p>Terrenos sensíveis à interferência devido à inclinação de suas encostas.</p>
<p>Escarpas dissecadas (Ed)</p> <p>Amplitude: 80 a 240 m</p> <p>Inclinação: 15 a 30% setores</p> <p>8 a 15% e 30 a 45%</p> <p>Altitude: 200 a 260 m</p>	<p>Formas assimétricas. Topo nivelado limitado por ruptura de declive positiva. Perfis de vertentes descontínuos com segmentos convexos e retilíneos. Presença de corpos de tálus. Nos locais dissecados desenvolvem-se morros e morrotos. Vales erosivos de primeira ordem. Densidade de drenagem muito baixa.</p> <p>Sustentado por: metagrauvas, metarenitos e metasiltitos (Grupo Tucuruí).</p>	

Ocorrência dos processos: Ocasional: ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. Freqüente: ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. Generalizado: ocorre em muitos locais sendo comum à sua presença. Intensidade dos processos: Baixa: processos que afetam pequenas áreas ou tem pouca profundidade; Média: processos que afetam áreas com dimensões e profundidades moderadas; e Alta: processos que afetam grandes áreas ou tem grandes profundidades.

5.1.4.2.4.8 Morros

Os Morros, descritos no **Quadro 5.1.4-4** mostrado entre a **Foto 5.1.4-39** e a **Foto 5.1.4-44**, são relevos que ocorrem somente na margem esquerda do Rio Tocantins.

Os Morros constituem relevos residuais com altitudes de 130 a 170 m, destacando-se sobre o relevo da região. Na All esse relevo é sustentado por metagrauvacas, metarenitos e metasiltitos do Grupo Tucuruí, que geralmente se encontra associado com laterita ferruginosa maciça e espessa.



Foto 5.1.4-39 - Morros de topos convexos nivelados, vertentes de perfil descontínuo convexo e/ou retilíneo, de inclinação suave (0624840x9602427).



Foto 5.1.4-40 - Vales erosivos encaixados, que ocorrem na margem esquerda do Rio Tocantins (0624840x9602427).



Foto 5.1.4-41 - Relevo de Morros com processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais a freqüentes de baixa a média intensidade (0635543x9605332).



Foto 5.1.4-42 - Relevo de Morros com processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais a freqüentes de baixa a média intensidade (0633378x9604997).



Foto 5.1.4-43 - Erosão laminar e em sulcos ocasionais de média intensidade em encosta alterada do o relevo de Morros na margem esquerda do Rio Tocantins (0635543x9605332).



Foto 5.1.4-44 - Erosão laminar e em sulcos ocasionais de média intensidade nas estradas que cortam o relevo de Morros na margem esquerda do Rio Tocantins (0633378x9604997).

5.1.4.2.4.9 Escarpas Dissecadas

As Escarpas Dissecadas, descritas no **Quadro 5.1.4-4** e mostrado entre a **Foto 5.1.4-45** e a **Foto 5.1.4-48**, ocorrem a norte da All, na margem esquerda do Rio Tocantins, próximo a Barragem de Tucuruí. Esse relevo que limita a Superfície de Aplanamento do Nível 240 – 260 m, tem sua gênese associada à fase de elaboração da Superfície de Aplanamento do Nível 40 – 140 m, quando os processos de erosão remontante foram responsáveis pela formação da escarpa e a destruição da Superfície de Aplanamento mais antiga e elevada.

As Escarpas Dissecadas desenvolvem-se sobre metagrauvacas, metarenitos e metasiltitos do Grupo Tucuruí. Esse relevo embora apresente aspecto escarpado, de modo geral encontra-se dissecado dando origem a formas de relevo do tipo morrotes com topos convexos estreitos e encostas descontínuas e íngremes. As Escarpas dissecadas apresentam processos de erosão laminar, em sulcos e rastejo freqüentes de média intensidade.



Foto 5.1.4-45 - Escarpas dissecadas com topo nivelado limitado por ruptura de declive positiva que ocorrem na margem esquerda do Rio Tocantins próximo a Tucuruí (0645811x9595971).



Foto 5.1.4-46 - Perfis de vertentes descontínuas com segmentos convexos e retilíneos, que ocorrem na margem esquerda do Rio Tocantins próximo a Tucuruí (0645811x9595971).



Foto 5.1.4-47 - Escarpas dissecadas em morros e morrotes com amplitudes locais de 80 a 120 m (0643426x9563441).



Foto 5.1.4-48 - Encostas com perfis de vertentes descontínuas com segmentos convexos e retilíneos e vales de primeira ordem abertos (0643426x9563441).

5.1.4.2.4.10 Terraços

Os Terraços descritos no **Quadro 5.1.4-5** elevam-se de 15 a 20 m acima do nível do canal, tem altitudes variáveis e caracterizam terrenos não mais afetados pelas inundações. A superfície do terraço é plana e extensa, sua borda de modo geral forma degrau suave sobre a Planície de inundação, sendo geralmente abrupto quando na margem do rio.

Os sedimentos fluviais associados aos terraços são constituídos por areia fina a média argilo-siltosa, podendo apresentar intercalações de areia média a grossa, com níveis de cascalho na base.

A montante do Pedral do Lourenço, os Terraços que ocorrem nas margens do Rio Tocantins e próximo a foz do Rio Itacaiúnas tem altitudes de 100 m, estando elevados cerca de 20 m sobre a Planície de inundação.

No trecho entre a barragem de Tucuruí e a Vila de Moru e a jusante da Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco), os Terraços tem altitudes de 40 a 50 m, estando também elevados aproximadamente 20 m sobre a Planície de inundação.

5.1.4.2.4.11 Planícies

As planícies, descritas no **Quadro 5.1.4-5**, são relevos de acumulação fluvial que na área constituem três tipos básicos: Planície de inundação, Planície fluvial e Planície com campo.

A Planície de inundação corresponde às áreas que são alagadas apenas no período das enchentes. Essas planícies são caracterizadas pela presença de: ilhas, paranás, furos, lagos, diques aluviais, cordões fluviais do tipo slikke e schorre, praias, canais anastomosados, meandros abandonados e igapós.

A Planície fluvial corresponde à associação de áreas inundáveis periodicamente e áreas não mais atingida pelas inundações (terraços baixos), que se desenvolve ao longo dos rios da região. Esse relevo compreende além das formas de deposição aluvial, o canal fluvial que pode estar encaixado em aluviões, onde geralmente é mais sinuoso, ou em rocha, quando desenvolve rápidos, corredeiras e cachoeiras.

A Planície com campo corresponde às áreas com vegetação de campo (gramíneas e ciperáceas) e cerrado que são alagadas apenas no período das chuvas e são constituídas por sedimentos arenosos e areno-siltosos. As Planícies com campo ocupam extensas áreas sobre as Planícies fluviais da margem esquerda do Rio Tocantins, a jusante da Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco).

A caracterização dos relevos de acumulação e das feições fluviais estão detalhados no item **5.1.4.3.3**.

Quadro 5.1.4-5 - Tipos de Relevo que constituem a All do empreendimento

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Terraço (T)</p> <p>Inclinação: < 0,5%</p> <p>Elevados: 15 a 20 m acima do rio</p> <p>Altitudes: 40 a 50 metros e 100 m</p>	<p>Áreas planas ou onduladas extensas, levemente inclinadas em direção ao rio. Apresentam bordas abruptas. Baixa densidade de drenagem e com canais pouco encaixados.</p> <p>Constituídos por areia fina e média pouco argilosa, rica em grânulos angulosos de quartzo, apresentando na base cascalho, que podem estar laterizados ou não e por areias argilosas, fina a médias, friáveis, semiconsolidadas (Sedimentos Pós-Barreiras).</p>	<p>Erosão laminar e em sulcos são processos ocasionais e de baixa intensidade.</p> <p>Alagamentos sazonais são frequentes devido à baixa inclinação dos terrenos.</p> <p>Terrenos pouco sensíveis a ocupação, que, no entanto, precisa ser controlada devido à proximidade dos rios e de APPs</p>
<p>Planície fluvial (Pf)</p> <p>Inclinação: < 2%</p> <p>Altitudes: 20 a 40 m e 80 a 90 m</p>	<p>Terrenos planos formados por baixos terraços não mais atingidos pelas cheias, contendo ainda brejos, alagadiços e lagos e a planície de inundação que é alagada no período das enchentes.</p> <p>Constituição: areias finas, silte, argila e matéria orgânica, dispostos em camadas plano paralelas, e com cascalhos na base, formados por seixos pequenos de quartzo, sub-arredondado.</p>	<p>Inundações periódicas e permanentes nas planícies e nos alagadiços. Deposição de finos e matéria orgânica por decantação durante as cheias.</p> <p>Solapamento e escorregamentos são frequentes e de baixa intensidade nas margens da planície e dos baixos terraços. No período de estiagem as margens da planície são estáveis.</p> <p>Nos baixos terraços a erosão laminar e em sulcos são processos de baixa intensidade e ocasionais.</p>
<p>Planície com campo (Pc)</p> <p>Inclinação: < 1%</p> <p>Altitudes: 15 a 25 m</p>	<p>Terrenos planos que são alagados apenas durante as chuvas.</p> <p>São constituídas por: areia muito fina a média e silte.</p>	<p>Nos baixos terraços a erosão laminar e em sulcos são processos de baixa intensidade e ocasionais.</p>
<p>Planície de inundação (Pi)</p> <p>Inclinação: < 1%</p> <p>Altitudes: 15 a 20 m e 75 a 80 m</p>	<p>Terreno que é alagado apenas no período das enchentes e se caracteriza pela presença de: ilhas, paranás, furos, lagos, diques aluviais, cordões fluviais do tipo <i>slikke</i> e <i>schorre</i>, praias, canais anastomosados e meandros abandonados.</p> <p>Formada por areia fina a muito fina, silte, argila, argila orgânica, restos vegetais e camadas de cascalho em arranjos diversos.</p>	<p>Terrenos sensíveis à ocupação devido ao freático elevado ou aflorante e ao risco de inundação e contaminação.</p>

Ocorrência dos processos: Ocasional: ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. Frequente: ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. Generalizado: ocorre em muitos locais sendo comum à sua presença. Intensidade dos processos: Baixa: processos que afetam pequenas áreas ou tem pouca profundidade. Média: processos que afetam áreas com dimensões e profundidades moderadas. Alta: processos que afetam grandes áreas ou tem grandes profundidades.

5.1.4.3 Caracterização Geomorfológica Local – Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

5.1.4.3.1 Aspectos Gerais e Dados Utilizados

Os estudos geomorfológicos realizados na AID e ADA das obras de Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins tiveram por objetivo:

- Caracterizar de modo detalhado os tipos de relevos associados aos depósitos aluviais do Rio Tocantins e seu canal fluvial; e
- Analisar e avaliar a dinâmica superficial dos diferentes tipos de relevo que ocorrem nas margens do rio a fim de poder estabelecer a inter-relação e as interferências entre o relevo e o projeto a ser implantado.

Os dados bibliográficos e cartográficos utilizados foram os mesmos que permitiram os estudos geomorfológicos da AII. Nessa fase do diagnóstico, os estudos realizados, foram baseados na análise de imagens de satélite na escala 1: 50.000 e nas observações de campo, que foram representadas de modo mais detalhado.

Para mapeamento das formas e feições do relevo, adotou-se nesse estudo, uma faixa de 3 a 5 km em cada margem do rio Tocantins, de modo a poder representar os diferentes aspectos da sedimentação fluvial e dos relevos erosivos, que constituem as margens do rio e que podem vir a ser afetados durante a implantação do empreendimento.

5.1.4.3.2 Considerações Metodológicas

A abordagem metodológica utilizada teve como referência os trabalhos de Ponçano et. al. (1981) e Pires Neto (1992), sendo que nos estudos da AID além dos tipos de relevo foram identificadas feições morfológicas que tem sua origem associada à dinâmica de deposição e erosão dos rios.

Os tipos de relevo caracterizados e detalhados na AID foram: Terraços, Planície Fluvial, Planície de Inundação e Planícies com campos. Dentre as feições mapeadas destacam-se: alagadiços ou lagoas sazonais em paleocanais, lagoas perenes em paleocanais, barras arenosas ou praias, barras arenosas submersas, cristas de barras e pedrais, identificando-se ainda trechos de margens íngremes.

Embora a Planície Fluvial e a Planície de Inundação apresentem muitas vezes constituição e feições semelhantes, principalmente nas áreas inundáveis, elas se diferenciam pela dinâmica fluvial, ou seja, pela maior ou menor incidência das cheias anuais.

No mapeamento geomorfológico a diferenciação entre esses dois tipos de planícies foi feita em função do predomínio e da extensão das áreas inundáveis anualmente e pela presença de alagadiços, que predominam nas Planícies de Inundação e são restritas nas Planícies Fluviais.

Outro aspecto que interfere na caracterização desses relevos são as pequenas diferenças altimétricas entre as feições constituintes, bem como as restrições inerentes à escala de mapeamento e apresentação.

Os demais tipos de relevo identificados na AID / ADA tiveram seus limites detalhados e enfatizados na análise dos principais aspectos da dinâmica superficial e da sensibilidade desses relevos que ocorrem nas margens do rio.

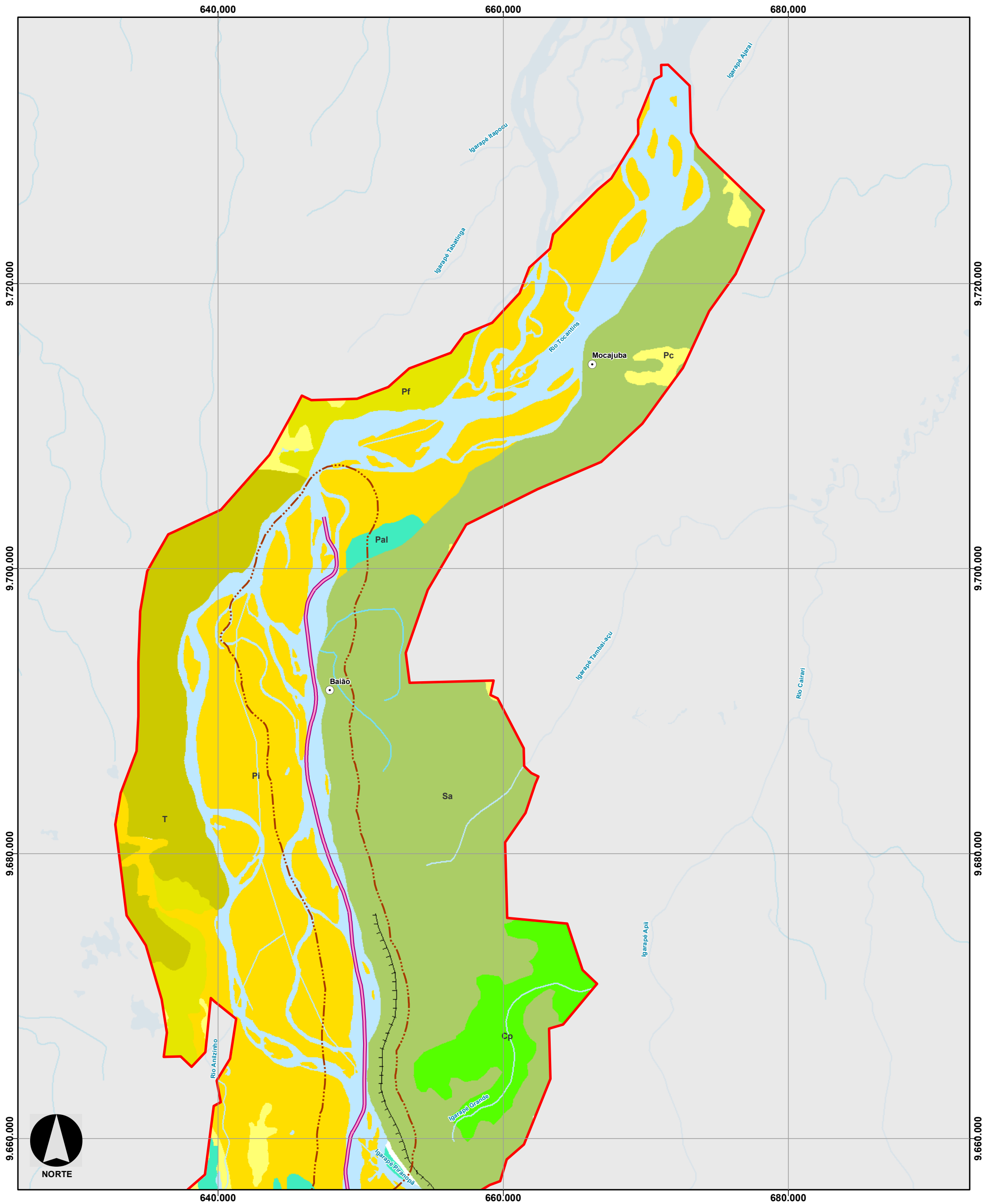
5.1.4.3.3 Tipos de Relevos e feições das margens e do canal do Rio Tocantins.

Os relevos que ocorrem nas margens do Rio Tocantins, na AID/ADA do empreendimento, são representados principalmente por Planícies de inundação, Planícies fluviais, Planícies com campo e pelos Terraços. Ao longo do rio ocorrem também relevo erosivos, que ocupam áreas menores, diferenciando os seguintes tipos: Morrotes, Colinas pequenas e Morrotes, Colinas pequenas, Colinas médias e pequenas, Superfície aplanada e Colinas médias e pequenas e Superfície aplanada e escarpa.

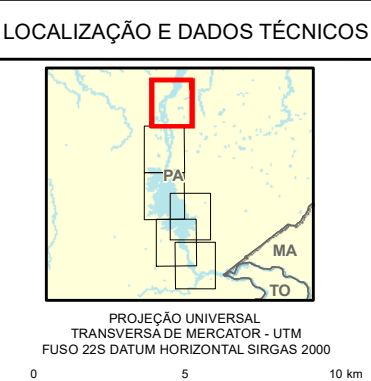
Esses relevos associam-se às seguintes Unidades de Relevo: Planícies Fluviais, Leque Aluvial do Tocantins, Tabuleiros Paraenses, Depressão do Médio Xingu e Depressão do Médio e Baixo Araguaia (IBGE, 2008) e estão relacionados no **Quadro 5.1.4-6**. A distribuição dos tipos de relevo e das feições mapeadas no Rio Tocantins, estão apresentadas no **Mapa 5.1.4-3**.

Quadro 5.1.4-6 - Unidades de relevo e os tipos de relevo que caracterizam a AID e ADA do projeto de dragagem e derrocamento da via navegável do Rio Tocantins

Unidades de Relevo	Tipos de Relevo
Planícies Fluviais	Planície de Inundação
	Planície Fluvial
	Terraço (T)
Leque Aluvial do Tocantins	Planície de Inundação
	Planície com campo
	Planície Fluvial
	Terraço (T)
Tabuleiros Paraenses	Superfície Aplanada
	Superfície Aplanada e Colinas médias e pequenas
	Colinas pequenas e Morrotes
Depressão do Médio Xingu	Morrotes
	Colinas pequenas e Morrotes
	Colinas pequenas
Depressão do Médio e Baixo Araguaia	Colinas Médias e Pequenas



CONVENÇÕES	
● Sedes Municipais	Planície de inundação (Pi): Inclinação: <1%. Altitudes: 75 a 80m e de 15 a 20m
🌊 Hidrografia	Planície com campo (Pc): Inclinação: < 1%. Altitudes: 15 a 25m
🗺️ Limite Estadual	Planície fluvial (Pf): Inclinação: < 2%. Altitudes: 20 a 40m e de 80 a 90m
⬜ Área de Influência Direta	Terraço (T): Inclinação < 0,5%. Elevados: 15 a 20m acima do rio. Altitudes: 40 a 50m e 100m.
⬜ Área de Influência Indireta	Superfícies aplanadas (Sa): Amplitude < 20m. Inclinação: 0,5 a 2,5%. Altitudes: 40 a 140m e 240-260m
📐 Área do Projeto	Colinas pequenas (Cp): Amplitude 20 a 60m. Inclinação: 2 a 15%. Altitudes: 40 a 80m e 100 a 140m.
📐 ADA - Área Diretamente Afetada	
📐 Trecho 3 - Jusante - Tucuruí à Baião	
📐 Geomorfologia	
📐 Margens Íngremes	
📐 Alagadiços	



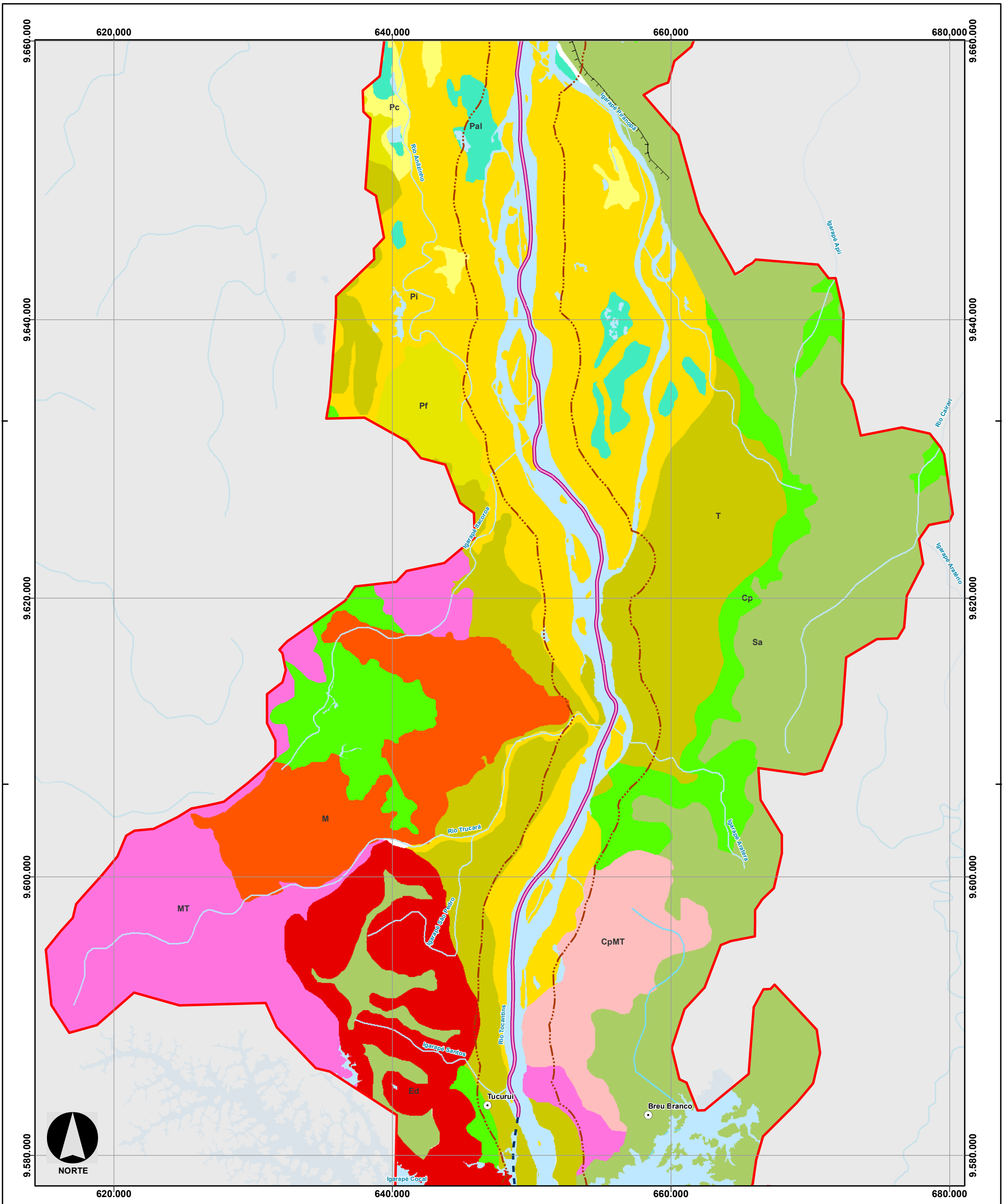
DNIT Consórcio **DTA** O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Mapa Geomorfologia AID/ADA


NÚMERO DO MAPA: 5.1.4-3 Folha 1/6	ESCALA/FORMATO: 1:250.000 /A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018.



CONVENÇÕES	
	Sedes Municipais
	Hidrografia
	Limite Estadual
	Área de Influência Direta
	Área de Influência Indireta
	Área do Projeto
	Trecho do Reservatório
	ADA - Área Diretamente Afetada
	Trecho 3 - Jusante - Tucuruí à Baião
	Geomorfologia
	Margens íngremes
	Alagadiços
	Planície de inundação (PI): Inclinação: <1%. Altitudes: 75 a 80m e de 15 a 20m
	Planície com campo (Pc): Inclinação: < 1%. Altitudes: 15 a 25m
	Planície fluvial (Pf): Inclinação: < 2%. Altitudes: 20 a 40m e de 80 a 90m
	Terraço (T): Inclinação < 0,5%. Elevados: 15 a 20m acima do rio. Altitudes: 40 a 50m e 100m.
	Superfícies aplanadas (Sa): Amplitude < 20m. Inclinação: 0,5 a 2,5%. Altitudes: 40 a 140m e 240-260m
	Colinas pequenas (Cp): Amplitude 20 a 60m. Inclinação: 2 a 15%. Altitudes: 40 a 80m e 100 a 140m.
	Colinas pequenas e Morrotes (CpMT): Amplitude 20 a 60m. Inclinação: 2 a 15% e 15% a 30%, setores 30 a 45 restrito. Altitudes: 80 a 160m.
	Morrotes (MT): Amplitude 40 a 80m. Inclinação: 15 a 30 e 8 a 15%, setores, 30 a 45% restrito. Altitude: 100 a 220m.
	Morros (M): Amplitude 100 a 160m. Inclinação: 15 a 30 e 8 a 15%, setores de 30 a 45% restrito. Altitude: 130 a 170m.
	Escarpas dissecadas (Ed): Amplitude 80 a 240m. Inclinação: 15 a 30% setores de 8 a 15% e 30 a 45%. Altitude: 200 a 260m.





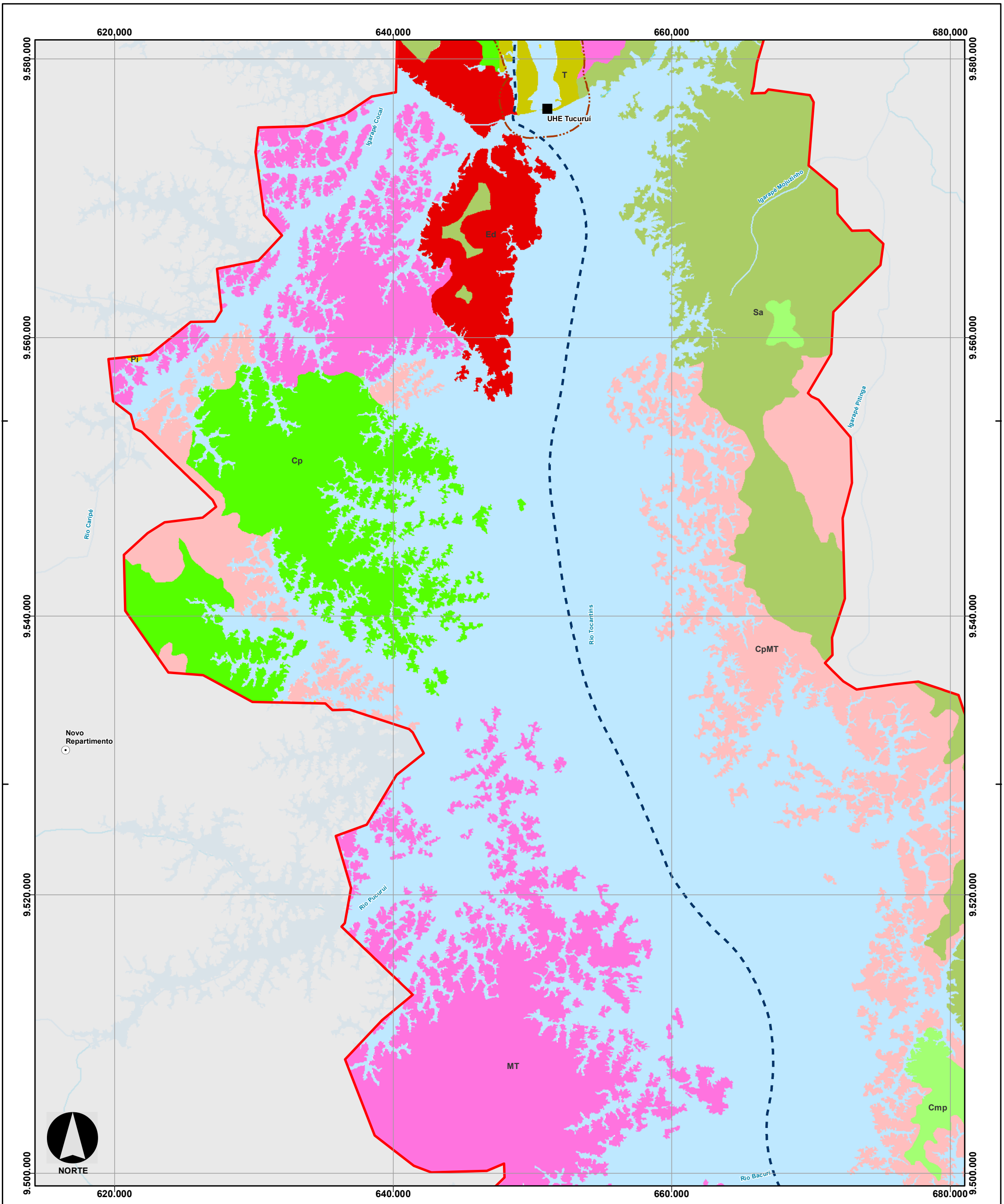
Consórcio **DTA**
O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Mapa Geomorfologia AID/ADA


NÚMERO DO MAPA: 5.1.4-3 Folha 2/6	ESCALA/FORMATO: 1:250.000/A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018.



CONVENÇÕES	
	Sedes Municipais
	Hidrografia
	Limite Estadual
	Área de Influência Direta
	Área de Influência Indireta
	Área do Projeto
	Trecho do Reservatório
	Planície de inundação (Pi): Inclinação: <1%. Altitudes: 75 a 80m e de 15 a 20m
	Terraço (T): Inclinação < 0,5%. Elevados: 15 a 20m acima do rio. Altitudes: 40 a 50m e 100m.
	Superfícies aplanadas (Sa): Amplitude < 20m. Inclinação: 0,5 a 2,5%. Altitudes: 40 a 140m e 240-260m
	Colinas médias e pequenas (Cmp): Amplitude 20m. Inclinação: 2 a 15% setores 15 a 30% restrito. Altitudes: 100 a 160m
	Colinas pequenas (Cp): Amplitude 20 a 60m. Inclinação: 2 a 15%. Altitudes: 40 a 80m e 100 a 140m.
	Colinas pequenas e Morrotes (CpMT): Amplitude 20 a 60m. Inclinação: 2 a 15% e 15% a 30%, setores 30 a 45 restrito. Altitudes: 80 a 160m.
	Morrotes (MT): Amplitude 40 a 80m. Inclinação: 15 a 30 e 8 a 15%, setores, 30 a 45% restrito. Altitude: 100 a 220m.
	Escarpas dissecadas (Ed): Amplitude 80 a 240m. Inclinação: 15 a 30% setores de 8 a 15% e 30 a 45%. Altitude: 200 a 260m.





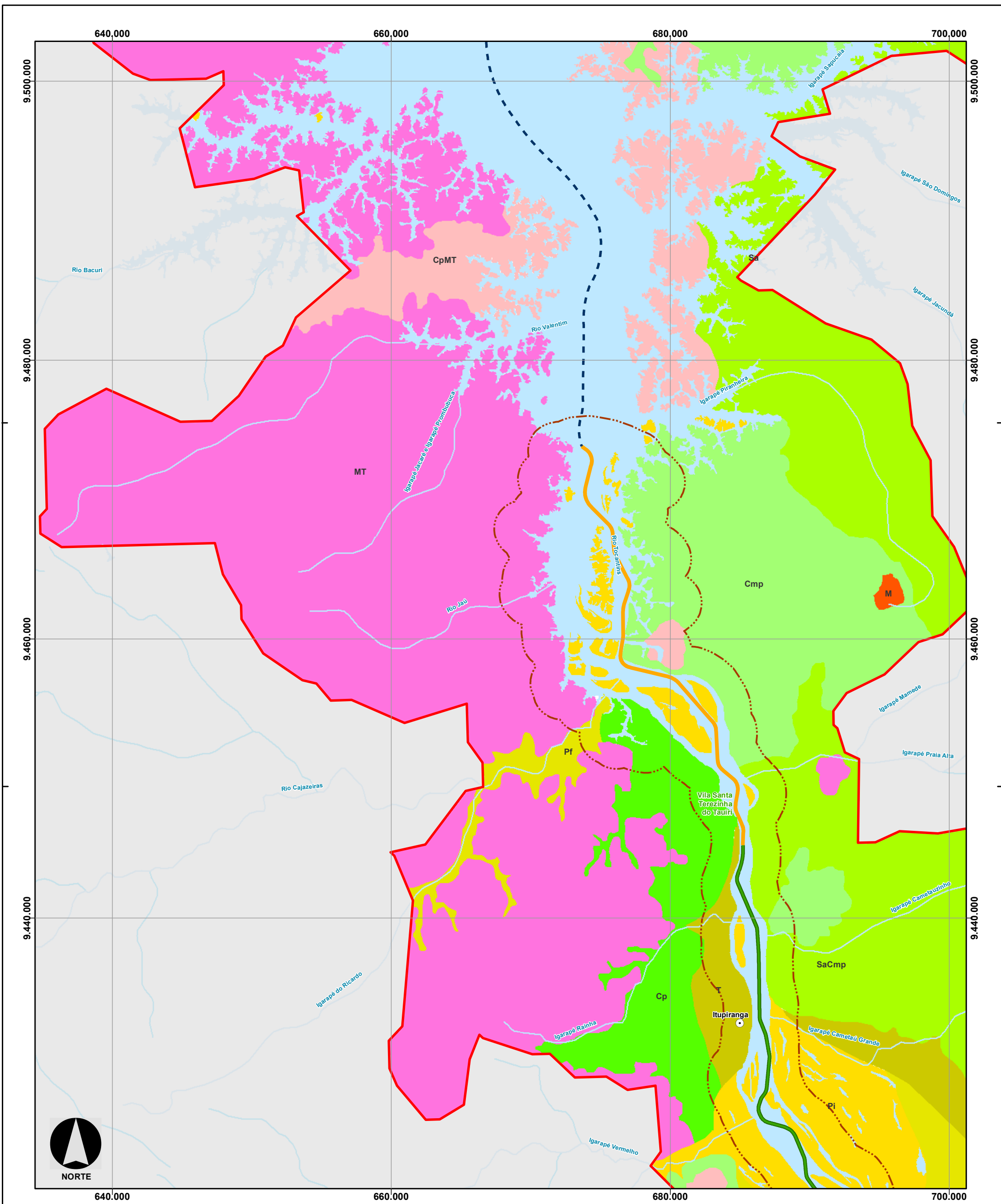
Consórcio **DTA**
O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Mapa Geomorfologia AID/ADA

NÚMERO DO MAPA: 5.1.4-3 Folha 3/6	ESCALA/FORMATO: 1:250.000/A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018.



CONVENÇÕES	
	Sedes Municipais
	Hidrografia
	Limite Estadual
	Área de Influência Direta
	Área de Influência Indireta
	Área do Projeto
	Trecho do Reservatório
	ADA - Área Diretamente Afetada
	Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga
	Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogé
Geomorfologia	
	Planície de inundação (PI): Inclinação: <1%. Altitudes: 75 a 80m e de 15 a 20m
	Planície fluvial (PF): Inclinação: <2%. Altitudes: 20 a 40m e de 80 a 90m
	Terraço (T): Inclinação < 0,5%. Elevados: 15 a 20m acima do rio. Altitudes: 40 a 50m e 100m.
	Superfícies aplanadas (Sa): Amplitude < 20m. Inclinação: 0,5 a 2,5%. Altitudes: 40 a 140m e 240-260m
	Superfícies aplanadas e Colinas médias e pequenas (Sa/Cmp): Amplitude: 10 a 30m. Inclinação: < 2,0%. Altitudes: 80 a 140m.
	Colinas médias e pequenas (Cmp): Amplitude 20m. Inclinação: 2 a 15% setores 15 a 30% restrito. Altitudes: 100 a 160m
	Colinas pequenas (Cp): Amplitude 20 a 60m. Inclinação: 2 a 15%. Altitudes: 40 a 80m e 100 a 140m.
	Colinas pequenas e Morrotes (Cp/MT): Amplitude 20 a 60m. Inclinação: 2 a 15% e 15% a 30%, setores 30 a 45 restrito. Altitudes: 80 a 160m.
	Morrotes (MT): Amplitude 40 a 80m. Inclinação: 15 a 30 e 8 a 15%, setores, 30 a 45% restrito. Altitude: 100 a 220m.
	Morros (M): Amplitude 100 a 160m. Inclinação: 15 a 30 e 8 a 15%, setores de 30 a 45% restrito. Altitude: 130 a 170m.



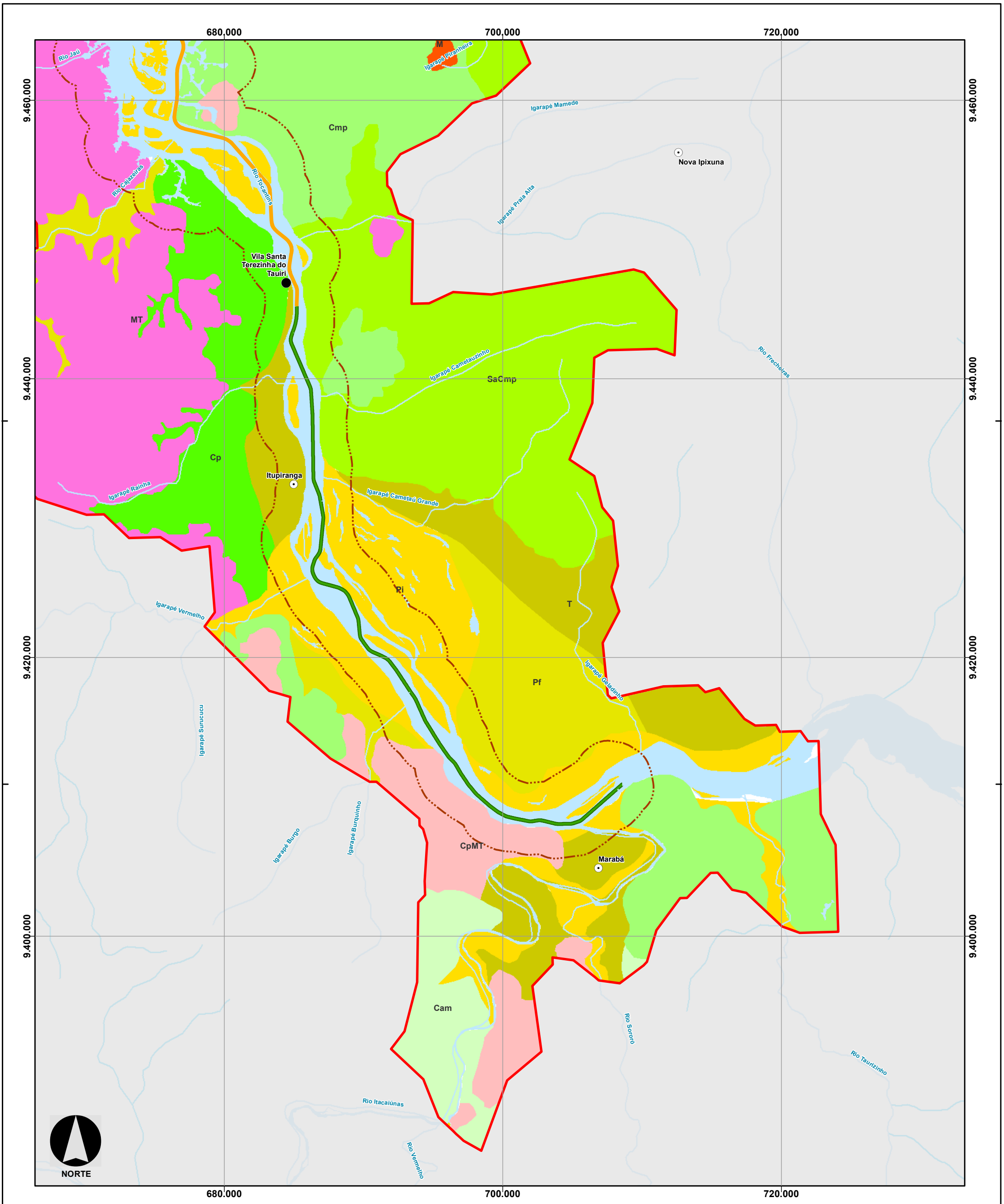
Consórcio **DTA**
O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Mapa Geomorfologia AID/ADA


NÚMERO DO MAPA: 5.1.4-3 Folha 5/6	ESCALA/FORMATO: 1:250.000 /A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018.



CONVENÇÕES	
<ul style="list-style-type: none"> Sedes Municipais Vila Tauri Hidrografia Limite Estadual Área de Influência Direta Área de Influência Indireta Área do Projeto ADA - Área Diretamente Afetada Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogé Geomorfologia Planície de inundação (PI): Inclinação: <1%. Altitudes: 75 a 80m e de 15 a 20m Planície fluvial (Pf): Inclinação: < 2%. Altitudes: 20 a 40m e de 80 a 90m 	<ul style="list-style-type: none"> Terraço (T): Inclinação < 0,5%. Elevados: 15 a 20m acima do rio. Altitudes: 40 a 50m e 100m. Superfícies aplanadas e Colinas médias e pequenas (Sa/Cmp): Amplitude: 10 a 30m. Inclinação: < 2,0%. Altitudes: 80 a 140m. Colinas amplas e médias (Cam): Amplitude 20 a 30m. Inclinação: 0 a 2% setores 2 a 8%. Altitudes: 120 a 140m Colinas médias e pequenas (Cmp): Amplitude 20m. Inclinação: 2 a 15% setores 15 a 30% restrito. Altitudes: 100 a 160m Colinas pequenas (Cp): Amplitude 20 a 60m. Inclinação: 2 a 15%. Altitudes: 40 a 80m e 100 a 140m Colinas pequenas e Morrotes (CpMT): Amplitude 20 a 60m. Inclinação: 2 a 15% e 15% a 30%, setores 30 a 45 restrito. Altitudes: 80 a 160m. Morrotes (MT): Amplitude 40 a 80m. Inclinação: 15 a 30 e 8 a 15%, setores, 30 a 45% restrito. Altitude: 100 a 220m. Morros (M): Amplitude 100 a 160m. Inclinação: 15 a 30 e 8 a 15%, setores de 30 a 45% restrito. Altitude: 130 a 170m.





Consórcio **DTA**
O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Mapa Geomorfologia AID/ADA

NÚMERO DO MAPA: 5.1.4-3 Folha 6/6	ESCALA/FORMATO: 1:250.000 /A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018.

As principais características dos relevos identificados nas margens do Rio Tocantins, já foram descritas no item 5.3.2.2.4 enfatizando-se aqui aspectos da morfometria das formas e da dinâmica superficial dos relevos que ocorrem ao longo do Rio Tocantins.

5.1.4.3.3.1 Morrotes

O relevo de Morrotes ocorre em um trecho de aproximadamente 2 km na margem direita do Rio Tocantins, em frente a cidade de Tucuruí. Embora seja um relevo de ocorrência restrita ao longo do rio, apresenta ampla distribuição na margem esquerda do Reservatório de Tucuruí.

O relevo de Morrotes é caracterizado por apresentar encostas com inclinação de 15 a 30%, com setores de 8 a 15% e 30 a 45% que são restritos. Nas suas encostas os processos de erosão laminar, erosão em sulcos, rastejo e escorregamento tem ocorrência ocasional a freqüente de baixa a média intensidade.

Embora constitua um terreno sensível à interferência devido à ocorrência de processos erosivos e à inclinação de suas encostas, sua pequena expressão ao longo da hidrovia não deve ter interferência significativa com o empreendimento.

5.1.4.3.3.2 Colinas pequenas e Morrotes

O relevo de Colinas pequenas e Morrotes ocorre em dois pontos. Na margem direita do rio, ocupa 2 km ao lado do relevo de Morrotes, próximo à Tucuruí, e a jusante da foz do Rio Itacaiúnas, onde constitui aproximadamente 8 km da margem esquerda do Rio Tocantins (Segmento 1).

O relevo de Colinas pequenas e Morrotes caracteriza-se por apresentar inclinação de 2 a 15 % nas encostas das colinas e inclinação de 15 a 30 % com setores restritos de 30 a 45 % nas encostas dos Morrotes. Esses relevos apresentam processos de erosão laminar, erosão em sulcos e escorregamentos ocasionais de baixa a média intensidade, sendo a presença de rastejo frequente de média a baixa intensidade.

Embora o relevo de Colinas pequenas e Morrotes constituam terrenos sensíveis à interferência devido aos processos erosivos e localmente devido à inclinação de suas encostas, também não devem ter interferência significativa com o empreendimento.

5.1.4.3.3 Colinas pequenas e Colinas médias e pequenas

O relevo de Colinas pequenas ocupa aproximadamente 1 km na margem direita do Rio Tocantins, em frente à cidade de Tucuruí, próximo aos relevos de Morrotes e de Colinas pequenas com Morrotes (Segmento 2 B) e ocupa cerca de 15 km da margem esquerda do Rio Tocantins, a jusante da vila Santa Terezinha do Tauri

O relevo de Colinas médias e pequenas, na margem direita do rio Tocantins, ocupa aproximadamente 2 km em frente ao Pedral do Lourenço e mais 11 km a jusante (Segmento 2 A). Em Marabá, forma 11 km na margem esquerda do rio (Segmento 1).

Os relevos de Colinas pequenas e de Colinas médias e pequenas apresentam encostas com declividades de 2 a 15% podendo ocasionalmente apresentar setores com inclinação de 15 a 30%. Nesses relevos ocorrem processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais de baixa a média intensidade, o que lhes confere baixa sensibilidade às interferências.

Embora próximo ao rio as encostas desses relevos se tornem mais inclinadas devido ao encaixamento do rio Tocantins, elas não apresentam riscos de instabilidade que possam afetar o canal fluvial.

5.1.4.3.4 Superfícies aplanadas e colinas médias e pequenas

O relevo de Superfícies aplanadas e colinas médias e pequenas ocupa cerca de 12 km da margem direita do rio, entre Itupiranga e Santa Terezinha do Tauri

É um relevo que apresenta declividades inferiores à 2%, sendo os processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais e de baixa intensidade, mas que podem ser mais frequentes na presença de solos arenosos. São relevos pouco sensíveis à ocupação, mas que devido à presença de áreas muito planas podem apresentar

dificuldade de escoamento das águas pluviais, favorecendo a formação de alagadiços.

5.1.4.3.3.5 Superfícies aplanadas e escarpa

O relevo de Superfície aplanada ocupa cerca de 40 km da margem direita do Rio Tocantins, entre Baião e São Joaquim do Itaquara (Segmento 3). É um relevo com declividades muito baixa entre 0,5 a 2,5% e com incidência de processos de erosão laminar e em sulcos ocasional e de baixa intensidade, que podem ser intensificados nas áreas de solos arenosos.

Na margem direita do Rio Tocantins, o relevo de Superfície aplanada é limitado por escarpa, com amplitude de 20 a 40 m, que está associada à presença de estrutura de direção NNW que também condiciona marcante assimetria no canal fluvial, cuja margem esquerda é baixa, plana e constituída por extensa sedimentação fluvial, com largas planícies de inundação e terraços.

Essa escarpa é sustentada por argilitos caulíníticos, arenitos finos a grossos e conglomerados da Formação Ipixuna e apresenta inclinações acentuadas (15 a 45%) onde os processos de escorregamento são frequentes e de média a alta intensidade.

Essa forma de relevo caracteriza o trecho de margem do Rio Tocantins mais susceptível a ocorrência de processos erosivos, sendo a sua estabilidade afetada pelo fluxo do rio e pelo embate de ondas na época das cheias, que favorece o solapamento do sopé da escarpa e a intensificação dos movimentos de massa.

5.1.4.3.3.6 Feições fluviais

As feições fluviais identificadas nos terraços, nas planícies e nos canais fluviais do Rio Tocantins foram: alagadiços ou lagoas sazonais em paleocanais, lagoas perenes em paleocanais, cristas de barras, barras arenosas ou praias, barras arenosas submersas e pedrais, identificando-se ainda trechos de margens íngremes. Estas feições estão apresentadas no **Mapa 5.1.4-3**.

Alagadiços ou lagoas sazonais em paleocanais – são feições que se formam nas áreas mais rebaixadas da planície de inundação e associadas à canais abandonados e hoje isolados do rio. Durante a época das cheias e das chuvas podem formar lagoas sazonais, mantendo, no entanto, alagadiços e pântanos durante maior parte do ano. Essas feições ocorrem em Planície de Inundação e na Planície fluvial e tem ampla distribuição nas planícies de inundação a jusante da Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco).

Lagoas perenes em paleocanais – são feições que se formam em canais abandonados e tem sua manutenção associada às cheias anuais e à pouca profundidade do lençol freático. Essas feições ocorrem principalmente entre Marabá e Itupiranga.

Cristas de barras – Corresponde à porção mais elevada das barras arenosas desenvolvidas nas margens dos canais sinuosos e meândricos, que formam cristas alinhadas indicativas da migração dos canais. Essas feições são observadas nas planícies sendo mais evidentes e contínuas nas Planícies de Inundação.

Barras arenosas ou praias – São depósitos fluviais ativos, geralmente de areia média, grossa e seixos, resultantes dos processos de transporte fluvial. Essas feições podem apresentar disposição alternada nos trechos de canais mais retilíneos ou formar barras em pontal nos trechos mais sinuosos. As barras apresentam degraus associados à presença de dunas de areia formadas pelo transporte em lençol durante as cheias. Esses depósitos geralmente constituem praias e formam ilhas quando fixados pela vegetação.

Barras arenosas submersas – Estas feições referem-se aos depósitos de barras em fase de formação e transporte que se desenvolvem associados às barras arenosas emersas. São depósitos visíveis apenas nos períodos de estiagem mais acentuada, sendo responsáveis pela formação de baixios no canal fluvial.

Pedrais – Corresponde à presença de extensos afloramentos rochosos associados às soleiras litoestruturais interceptadas pelos rios, aos quais geralmente encontram-se associados rápidos, corredeiras e cachoeiras. Ao longo do Rio Tocantins, a jusante de Itupiranga, ocorrem pedrais formados por ortognaisses, enderbíticos, charnoquíticos e por milonitos de alto grau do Complexo Cajazeiras e

metabasaltos do Grupo Tucuruí, que formam o Pedral do Lourenço e outros menores. Ocorre ainda extensos pedrais a montante de Marabá que são sustentados por biotita-muscovita-quartzo xisto e biotita muscovita xisto da Formação Couto Magalhães.

Margens íngremes – São margens erosivas associadas à presença de encostas escarpadas e íngremes com inclinações acentuadas (15 a 45%), que apresentam processos de escorregamentos frequentes associados ao solapamento do sopé da escarpa pelas correntes e pelo embate de ondas durante as cheias. Essa forma de relevo caracteriza o trecho com cerca de 40 km da margem direita do Rio Tocantins, entre Baião e São Joaquim do Itaquara.

5.1.4.3.3.7 Terraços

O Terraço corresponde a um terreno plano pouco ondulado, limitado por rampas suaves ou bordas abruptas elevadas sobre a planície. Corresponde à antiga Planície de Inundação abandonada pelo rio e não mais atingida pelas cheias. O terraço pode ser ainda formado pela erosão do antigo canal fluvial, sobre o substrato rochoso, constituindo o terraço rochoso (strath).

No trecho estudado do Rio Tocantins, foi observado apenas um nível de Terraço, que ocorre em altitudes distintas ao longo do rio. Na região entre Itupiranga e Marabá tem altitudes de 95 a 100 m, elevado 20 m acima do nível das planícies. Nesse segmento do rio, os terraços desenvolvem-se de modo assimétrico sendo contínuos e com larguras de 4 a 14 km na margem direita do rio, enquanto que na margem esquerda ocorrem de modo descontínuo, com larguras de 3 a 5 km.

A jusante da barragem de Tucuruí os terraços apresentam altitudes de 35 a 40 m, também elevados cerca de 20 m acima das planícies. Entre Tucuruí e a Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco), os terraços ocorrem na margem esquerda e apresentam larguras de 3 a 5 km. A jusante da Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco), na unidade de relevo Leque Aluvial do Tocantins, os terraços são contínuos e tem amplo desenvolvimento na margem esquerda do rio, havendo na margem direita terraço isolado, contínuo com largura de 4 a 9 km.

Os Terraços são constituídos por areia fina e média pouco argilosa, rica em grânulos angulosos de quartzo, apresentando na base cascalho com seixos de quartzo e calcedônia, que podem estar laterizados ou não e por areias argilosas fina a médias, friáveis e semiconsolidadas (Sedimentos Pós Barreiras).

O relevo plano dos Terraços condiciona a ocorrência de processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais e de baixa intensidade. Nos locais em que o contato com as planícies ou o rio se dá de forma abrupta, podem ocorrer pequenos desmoronamentos de baixa intensidade, sem maiores problemas de estabilidade.

5.1.4.3.3.8 Planície Fluvial

Considera como sendo Planície Fluvial os terrenos planos, formados pela associação de baixos terraços não mais atingidos pelas cheias com a Planície de Inundação alagada anualmente, onde pode ocorrer: brejos, alagadiços, lagos sazonais, canais abandonados, barras e cristas de barras.

A caracterização e delimitação do tipo de relevo Planície Fluvial é feita em função da dificuldade de individualização de suas formas constituintes, que geralmente ocorrem associadas e com pequenas diferenças altimétricas ou ainda pelas restrições inerentes à escala de mapeamento e apresentação.

As Planícies Fluviais ocorrem principalmente entre Marabá e Itupiranga, na margem direita do Rio Tocantins, onde apresentam altitudes de 90 m, sendo uma feição rara a jusante de Tucuruí.

Essas planícies são constituídas por camadas de areia fina e muito fina que predominam e se intercalam com camadas de areia fina silto-argilosa, argila siltosa, argila cinza com plintita e camadas de seixos arredondados a subarredondados de quartzo, sílex e calcedônia por vezes laterizados.

Nesses terrenos as cheias geralmente ocorrem por influência do rio principal e dos tributários, isolando trechos elevados de baixo terraço e diques marginais. As margens formadas pela planície apresentam processos de erosão em sulco, pequenos escorregamentos e solapamento lateral que são processos freqüentes e de baixa intensidade.

5.1.4.3.3.9 Planície de Inundação

A Planície de Inundação constitui terreno plano ondulado levemente inclinado em direção ao rio, apresentando em superfície e nas margens dos canais processos de erosão e deposição ativos associados às cheias anuais do rio principal e dos afluentes. Nas Planícies de Inundação ocorrem: cristas de barras, diques marginais, alagadiços (pântanos / brejos), lagos perenes e sazonais formados em paleocanais (canais abandonados), barras e praias.

As Planícies de inundação, do mesmo modo que os Terraços, tem altitude diferentes ao longo do Rio Tocantins. Entre Itupiranga e Marabá, apresentam altitudes de 75 a 80 m, com larguras de 1 a 8 km, sendo mais contínuas e largas na margem direita do rio.

A jusante da barragem de Tucuruí as Planícies de Inundação apresentam altitudes de 10 a 20 m, diminuindo a altitude sentido Belém. Entre Tucuruí e Nazaré dos Patos as planícies de inundação têm larguras de 1 a 3 km e ocorrem nas duas margens do rio.

A jusante de Nazaré dos Patos, na unidade de relevo Leque Aluvial do Tocantins, as Planícies de inundação passam a ter grande desenvolvimento com larguras de 4 a 12 km, nas duas margens do rio e formam duas grandes ilhas (Ilha Grande do Jutaí e Ilha do Bacuri). As Planícies de Inundação, devido à pouca profundidade do lençol freático e ação das cheias anuais, apresentam extensas áreas alagadiças que formam brejos e pântanos, paleocanais (canais abandonados) com lagoas perenes e sazonais, cristas originadas pela migração constante dos canais fluviais e barras arenosas pré atuais que dão origem às Planícies com campo.

As Planícies de Inundação são constituídas por camadas de areia muito fina e fina, por vezes silto-argilosas e por expressivas camadas de argila cinza com plintita e de lamitos com níveis de matéria orgânica e restos vegetais. Predominam processos de decantação de sedimentos finos durante as cheias, ocorrendo também acréscimo lateral de sedimentos arenosos associados à migração de barras arenosas.

Nas margens são freqüentes desmoronamentos de sedimentos arenosos, indicativos das constantes variações dos canais fluviais e de remodelação dessas planícies.

A jusante de Tucuruí, as planícies de inundação apresentam efeito diário das marés. Esse efeito é geralmente mais evidente nas margens dos rios, não afetando o interior das planícies, o que só ocorre no período das cheias, quando esses terrenos já se encontram alagados.

Devido ao grande volume de água doce do Rio Tocantins, esse relevo não tem influência da água salgada, sendo o efeito da maré associado à diminuição da velocidade do rio o que favorece a deposição de finos no canal fluvial e nas suas margens.

5.1.4.3.3.10 Planícies com campo

As Planícies com campo são terrenos planos constituídos por areia muito fina a média, silte, níveis de cascalho laterizado e recobertos por gramíneas e ciperáceas. O seu desenvolvimento está associado à presença de antigas barras arenosas, atualmente isoladas por áreas deprimidas com paleocanais e alagadiços. Essas planícies são inundadas principalmente pelos efeitos das chuvas de verão, quando se formam extensos alagadiços, com deposição de finos e matéria orgânica por decantação.

Planícies com campo são frequentes na planície de inundação e nas planícies fluviais que ocorrem a jusante de Nazaré dos Patos.

5.1.4.3.4 Canal Fluvial

As características morfológicas e dinâmicas do rio Tocantins na AID/ADA do empreendimento, refletem o controle das discontinuidades estruturais antigas e neotectônicas (Neogênicas) que afetam esse trecho da bacia hidrográfica.

Uma das principais discontinuidades estruturais da região está associada a borda do Cráton Amazônico, que é marcada pelo Arco de Gurupá, por assinatura geofísica e por feições lineares aeromagnéticas, que apresentam direção NS, NNW, que controlam longo trecho do Rio Tocantins entre Itupiranga e Nazaré dos

Patos e direção NW (Arco de Gurupá) que se associa ao limite da unidade de relevo Leque aluvial do Tocantins.

As principais descontinuidades estruturais neotectônicas que controlam a rede de drenagem, foram descritas por Costa *et al.*, (1996) e estão apresentadas na **Figura 5.1.3-3**. Esses autores consideram que: a direção EW está associada à presença de falhas transcorrentes dextrais; as direções N-S , NNW-SSE, NW-SE geralmente associam-se às falhas normais e a direção NE-SW estaria relacionada à presença de falhas transcorrentes, falhas inversas e dobras.

O arranjo espacial dessas estruturas condiciona as características morfológicas e dinâmicas no canal do Rio Tocantins, que permitem diferenciar no trecho estudado três segmentos:

- Segmento 1 – entre Marabá e Itupiranga;
- Segmento 2 – entre Itupiranga e a Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco);
- Segmento 3 – entre a Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco) e Baião.

Segmento 1 – entre Marabá e Itupiranga

Esse segmento do rio apresenta direção E-W e está condicionado a um feixe de falhas transcorrentes dextrais que se estende por mais de 350 km passando por Imperatriz (TO) e Marabá (PA).

Essa estrutura E-W controla a forte inflexão dos rios Tocantins e Araguaia para oeste, e sua congluência, condicionando também a intensa deposição aluvial que ocorre associada à estruturas romboédricas, delimitadas por falhas normais NW-SE e NNW-SSE e transcorrentes dextrais E-W (COSTA *et al.*,1996).

O segmento Marabá – Itupiranga é caracterizado por uma forte assimetria marcada pela presença de amplos depósitos de Terraços e Planícies, com largura de quase 20 km na margem direita, onde predominam margens baixas em Planícies de inundação.

Na margem esquerda, embora também ocorram Planícies de inundação e Terraços, esses depósitos têm largura máxima de 5 km e se intercalam com trechos

de relevo de Colinas pequenas e Morrotes e de Colinas médias e pequenas (**Mapa 5.1.4-3**), evidenciando a assimetria desse segmento.

Em Itupiranga a deposição fluvial anômala nesse trecho do rio, mostrada na **Figura 5.1.4-4**, é atribuída à presença de uma estrutura romboédrica cenozóica (FELIPE e MORALES, 2012), que estaria associada à presença de falhas transcorrentes dextrais de direção E-W e falhas normais NW-SE, como mostra a **Figura 5.1.4-5**.

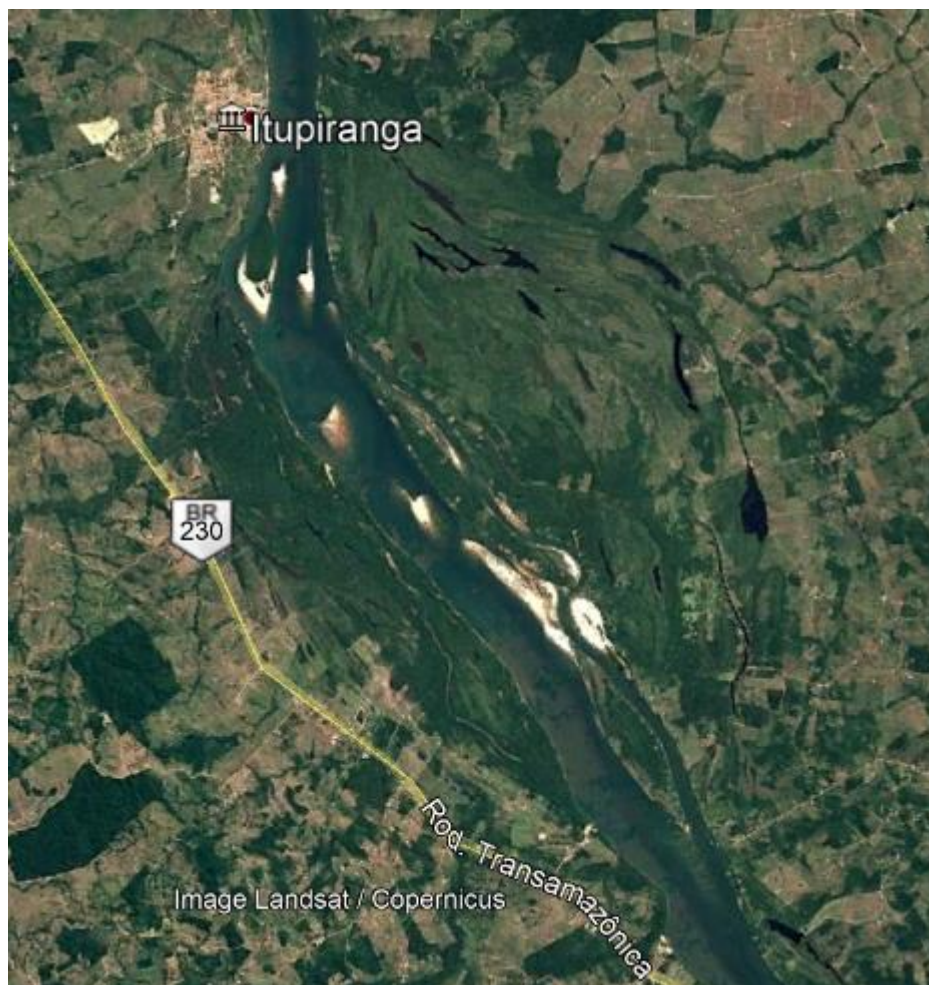


Figura 5.1.4-4 - Deposição fluvial anômala que ocorre em frente a Itupiranga, mostrando a assimetria de drenagem, evidenciada pela diferença de largura das planícies na margem direita e esquerda

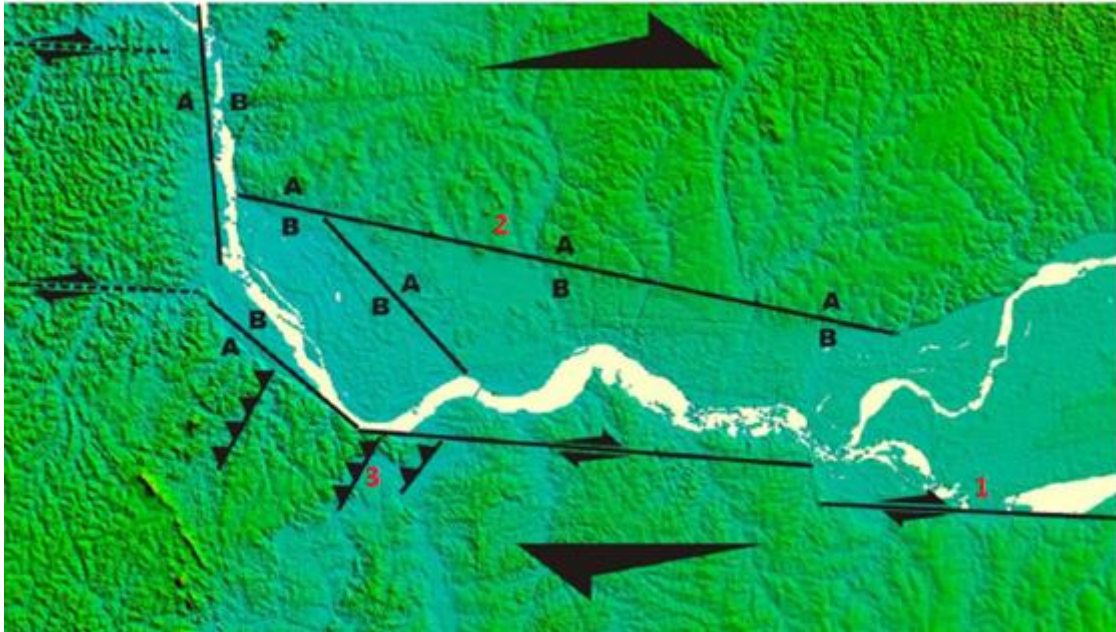


Figura 5.1.4-5 - Estruturação neotectônica da região de Marabá (PA), com indicação dos principais traços de falhas que condicionam a morfologia e a distribuição dos depósitos fluviais do Rio Tocantins. Falhas transcorrentes (1), Falhas normais (2) e Falhas inversas (3). Lado alto da falha normal, bloco elevado (A); Lado baixo ou abatido (B)

Fonte: Felipe e Morales (2012). Adaptado por Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

O canal fluvial do rio Tocantins tem direção E-W entre a confluência com o Araguaia e a confluência com o rio Itacaiúnas, a jusante da qual apresenta forte inflexão para NW-SE, passando a ser N-S, o que sugere um ajustamento do canal fluvial às discontinuidades existentes na borda do Cráton Amazônico e que foram, em parte, reativadas.

Nesse segmento, mostrado entre a **Foto 5.1.4-49** e a **Foto 5.1.4-64**, o canal fluvial a jusante de Marabá, apresenta processos erosivos mais acentuados na margem esquerda côncava, e deposição na margem direita convexa, o que acentua a assimetria fluvial nesse segmento. Em Itupiranga predominam processos de sedimentação, evidenciados pela presença de barras arenosas, praias e barras submersas, cujo deslocamento é evidenciado pela presença de dunas de areia. Muitas barras arenosas já se encontram incorporadas à Planície de inundação da margem direita do rio. Nas margens em Planícies de inundação se observam processos de solapamento e pequenos escorregamentos.



Foto 5.1.4-49 - Margem esquerda côncava do Rio Tocantins em relevo de Colinas pequenas e Morrotes e Planície Fluvial estreita, a jusante de Marabá (0703398 x9407879).



Foto 5.1.4-50 - Margem esquerda côncava do Rio Tocantins em relevo de Colinas pequenas e Morrotes e Planície Fluvial estreita, a jusante de Marabá (0703398 x9407879).



Foto 5.1.4-51 - Margem erosiva sustentada por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru, que quando alterados e erodidos evidenciam o leito maior do rio (0703398 x9407879).



Foto 5.1.4-52 - Margem erosiva sustentada por arenitos arcoseanos estratificados, grossos a conglomeráticos e níveis de pelitos do Grupo Itapecuru, que quando alterados e erodidos evidenciam o leito maior do rio (0703398 x9407879).



Foto 5.1.4-53 - Barra arenosa, constituída por areia média, grossa e grânulos, que forma praia em frente à Marabá (0704605 x 9408380).

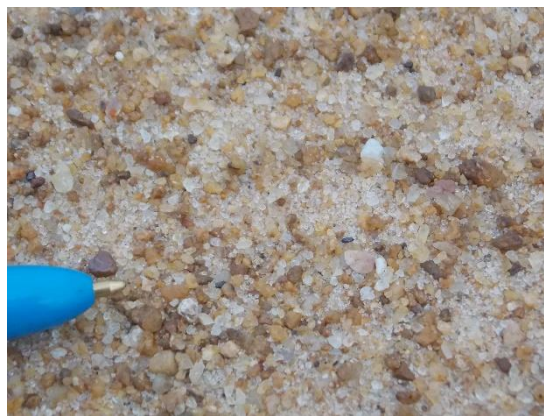


Foto 5.1.4-54 - Barra arenosa, constituída por areia média, grossa e grânulos, que forma praia em frente à Marabá (0704605 x 9408380).



Foto 5.1.4-55 - Planície de inundação da margem esquerda, com altura de 4 a 6 m, constituída por areia fina intercalada com camadas de argila cinza com matéria orgânica (0694642 x 9416304).



Foto 5.1.4-56 - Planície de inundação da margem esquerda, com altura de 4 a 6 m, constituída por areia fina intercalada com camadas de argila cinza com matéria orgânica (0694642 x 9416304).



Foto 5.1.4-57 - Canal sazonal de cheia, que transporta areia média, grossa, grânulos e restos vegetais que são acumulados no fundo dos canais (0687723 x 9423357).



Foto 5.1.4-58 - Restos vegetais que são acumulados no fundo dos canais (0687723 x 9423357).



Foto 5.1.4-59 - Dunas de areia com alturas de 1 a 3 m, formadas durante o deslocamento das barras arenosas na época das cheias (0687723 x 9423357).



Foto 5.1.4-60 - Dunas de areia com alturas de 1 a 3 m, formadas durante o deslocamento das barras arenosas na época das cheias (0687723 x 9423357).



Foto 5.1.4-61 - Terraço em altitude de 95 a 100 m onde encontra-se a casa e Planície de inundação (placa branca) que ocorre na margem esquerda do Rio Tocantins em Itupiranga (0687181 x 9431038).



Foto 5.1.4-62 - Planície de inundação constituída por areia fina silto argilosa e areia fina (0687187 x 9427691).



Foto 5.1.4-63 Processos de solapamento e pequenos escorregamentos que ocorrem na Planície de inundação da margem direita do rio (0687181 x 9431038).



Foto 5.1.4-64 - Processos de solapamento e pequenos escorregamentos que ocorrem na Planície de inundação da margem direita do rio (0687181 x 9431038).

Segmento 2 – entre Itupiranga e a Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco)

Esse trecho do rio tem orientação N-S e NNW-SSE associada à possíveis descontinuidades existentes na borda do Cráton Amazônico e caracteriza trecho do rio com pedrais, que eram visíveis antes da construção da Barragem de Tucuruí, dentre os quais está o Pedral do Lourenço.

Esse segmento atualmente está em sua maior parte ocupado pelo reservatório de Tucuruí, podendo diferenciar em: Segmento 2 A – entre Itupiranga e a Ilha do Bogéa e Segmento 2 B – entre Tucuruí e a Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco).

No Segmento 2 A, entre Itupiranga e a ilha do Bogéa, o Rio Tocantins, além de cortar rochas do Complexo Cajazeiras, apresenta forte controle estrutural. Entre Itupiranga e o Pedral do Lourenço o canal tem direção N-S, apresenta Planícies fluviais, Terraços e relevo de Colinas pequenas na margem esquerda. Na margem direita predomina o relevo de Superfícies aplanadas e colinas médias e pequenas, que se estende por cerca de 12 km, caracterizando trecho de canal assimétrico.

O Pedral do Lourenço nesse trecho do rio está associado com a presença de descontinuidade de direção E-W relacionada ao alinhamento aeromagnético, assinalado na Folha Marabá (SB.22-X-D) (CARVALHO *et al.* 2001) e à falha transcorrente na margem esquerda do rio, assinaladas no Mapa Geológico do Estado do Pará (VASQUEZ, *et al.* 2006), que coincide com a borda do Cráton Amazônico. Essa descontinuidade, mostrada na **Figura 5.1.4-2**, no campo se associa à presença de planos de falha e fraturas com direções N80E /N80W.

A jusante do Pedral do Lourenço essa descontinuidade de direção E-W causa inflexão do canal para NW-SE e E-W e controla o rio por cerca de 10 km. Ao atravessar essa estrutura, o rio Tocantins volta a infletir para N-S / N-NW seguindo nessa direção até a Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco), conforme **Figura 5.1.4-6**.

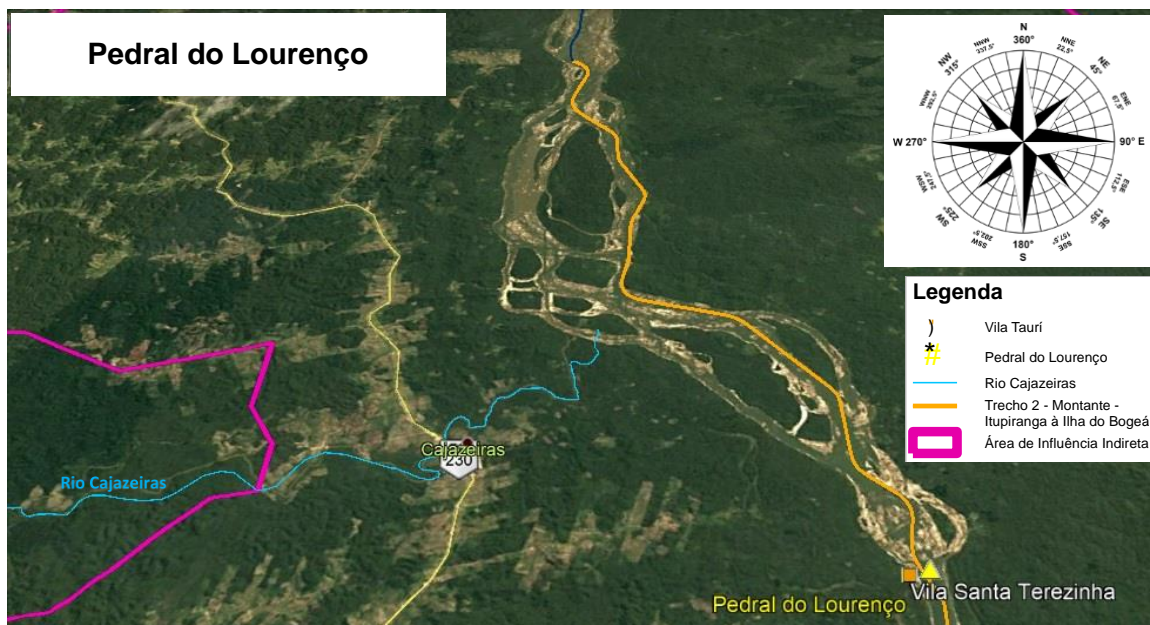


Figura 5.1.4-6 – Condicionamento estrutural do Rio Tocantins, visível antes da formação do reservatório de Tucuruí. Esse trecho do rio é caracterizado por inúmeros canais de direção N-S, E – W e WNW-ESE, que refletem as discontinuidades do embasamento litológico, as quais controlam as fortes inflexões dos canais fluviais e a presença de extensos pedrais, dentre os quais está o Pedral do Lourenço

Fonte: Imagem Google 12/1984.

A atividade neotectônica na região, que teria perdurado durante o Pleistoceno e Holoceno (SOARES JUNIOR, *et al*, 2011), seria também responsável pela formação de paleocanal do rio Tocantins que ocorre na margem esquerda, entre a localidade de Santa Terezinha do Tauri e a confluência com o Rio Cajazeiras, em área de relevo de Colinas pequenas.

Esse paleocanal desenvolve-se em rocha, apresenta orientação E-W, alinhado com o Pedral do Lourenço e tem sua confluência com o Rio Tocantins em Santa Terezinha do Tauri. Posteriormente apresenta inflexão abrupta para N-S, seguindo paralelo à orientação atual do rio Tocantins, inflete para WNW e novamente para N-S indo desaquear próximo à foz do Rio Cajazeiras, em trecho do Rio Tocantins fortemente controlado por discontinuidades E-W e N-S (**Figura 5.1.4-6**).

No Segmento 2 A, mostrado entre a **Foto 5.1.4-65** e a **Foto 5.1.4-86**, o canal tem comportamento erosivo, o que é evidenciado pelas margens em relevos de Colinas pequenas e Superfícies aplanadas e Colinas médias e pequenas associadas aos frequentes e extensos afloramentos de rocha (pedrais), pela pequena dimensão dos Terraços e Planícies de inundação e pela baixa incidência de barras arenosas.



Foto 5.1.4-65 - Planície de inundação estreita não mapeável e Relevo de Superfícies aplanadas e colinas médias e pequenas, que caracterizam a margem direita do Rio Tocantins no Segmento 2 A (0686080 x 9437092).



Foto 5.1.4-66 - Planície de inundação estreita não mapeável e Relevo de Superfícies aplanadas e colinas médias e pequenas, que caracterizam a margem direita do Rio Tocantins no Segmento 2 A (0686080 x 9437092).



Foto 5.1.4-67 - Afloramento rochoso na margem esquerda do rio (06844786 x 9440603).



Foto 5.1.4-68 - Plano de falha N80E (06844786 x 9440603).



Foto 5.1.4-69 - Pedral na margem esquerda do Rio Tocantins, constituído por charnoquitos do Complexo Cajazeiras (06844786 x 9440603).

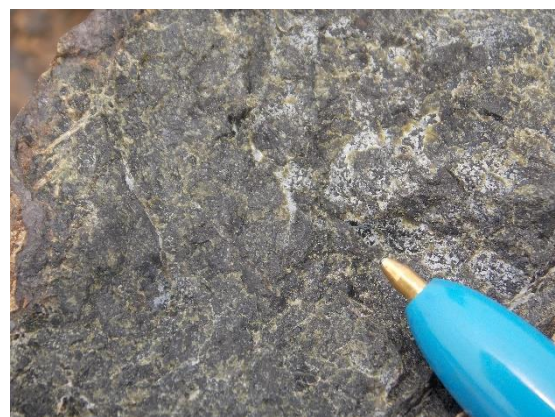


Foto 5.1.4-70 - Pedral na margem esquerda do Rio Tocantins, constituído por charnoquitos do Complexo Cajazeiras (06844786 x 9440603).



Foto 5.1.4-71 - Leito maior do Rio Tocantins caracterizado pela presença de pedral, seixos, areia grossa, média e grânulos (06844786 x 9440603).



Foto 5.1.4-72 - Leito maior do Rio Tocantins caracterizado pela presença de pedral, seixos, areia grossa, média e grânulos (06844786 x 9440603).



Foto 5.1.4-73 - Plano de falha N 5 – 15 E e textura de milonito de alto grau com porfiroclastos de quartzo, hornblenda e biotita, no Pedral do Lourenço (0685140 x 9447776).



Foto 5.1.4-74 - Plano de falha N 5 – 15 E e textura de milonito de alto grau com porfiroclastos de quartzo, hornblenda e biotita, no Pedral do Lourenço (0685140 x 9447776).



Foto 5.1.4-75 - Canal com afloramento de rocha nas margens associadas à presença de relevo de Superfícies aplanadas e Colinas médias e pequenas e à planícies de inundação estreita (0683754 x 9450565).

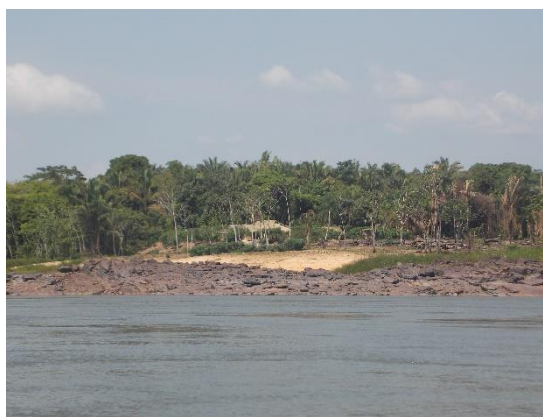


Foto 5.1.4-76 - Canal com afloramento de rocha nas margens associadas à presença de relevo de Superfícies aplanadas e Colinas médias e pequenas e à planícies de inundação estreita (0683754 x 9450565).



Foto 5.1.4-77 - Pedral formado por blocos polidos de metabasaltos (0683129 x 9451917).



Foto 5.1.4-78 - Pedral formado por blocos polidos e com marmitas (0683129 x 9451917).



Foto 5.1.4-79 - Pedral formado por blocos angulosos orientados pela corrente, constituído por milonito de alto grau (0682457 x 9454833).



Foto 5.1.4-80 - Pedral formado por blocos angulosos orientados pela corrente, constituído por milonito de alto grau (0682457 x 9454833).



Foto 5.1.4-81 - Pedral constituído por ortognaisses graníticos do Complexo Cajazeiras (0681251 x 9455860).



Foto 5.1.4-82 - Pedral constituído por ortognaisses graníticos do Complexo Cajazeiras (0681251 x 9455860).



Foto 5.1.4-83 - Relevo de Colinas pequenas e Morrotes, planície de inundação estreita s (0681075 x 9456834).



Foto 5.1.4-84 - Afloramento de ortognaisse graníticos na margem direita do Rio Tocantins (0681075 x 9456834).

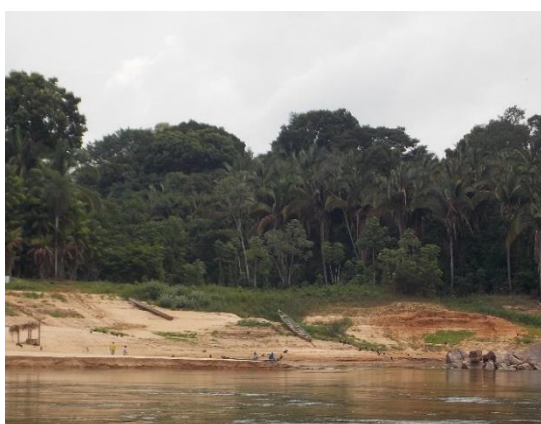


Foto 5.1.4-85 - Leito maior com areia média a grossa e marca de cheia nas árvores com cerca de 1,8 m acima da planície (0676707 x 9460915).

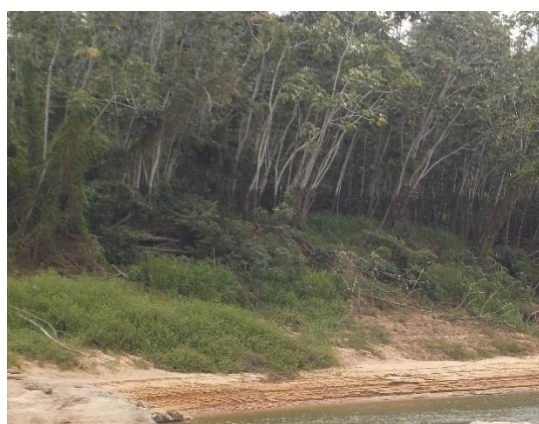


Foto 5.1.4-86 - Leito maior com areia média a grossa e marca de cheia nas árvores com cerca de 1,8 m acima da planície (0676707 x 9460915).

No Segmento 2 B entre a Barragem de Tucuruí e a Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco), mostrado entre a **Foto 5.1.4-87** e a **Foto 5.1.4-96**, o canal é erosivo – aluvial e tem orientação N-S - NNE. Nesse segmento, os processos erosivos são evidenciados pela presença de pequenos pedrais e afloramentos de rocha na margem direita, entre a Barragem e a cidade de Tucuruí, enquanto que os processos de deposição estão associados ao desenvolvimento de extensas barras arenosas longitudinais e praias que se formam a jusante da cidade.

Na margem direita, além da Planície de inundação e Terraços, ocorrem trechos erosivos em relevo de Morrotes e de Colinas pequenas e Morrotes, onde comumente se observam margens com afloramentos de metapelitos, metarenito,

milonitos e basaltos do Grupo Tucuruí. A margem esquerda é formada por Terraços e Planícies de inundação, que ocorrem de modo contínuo no segmento, sendo a largura dos depósitos aluviais da ordem de 2 a 8 km.

Embora ocorram afloramentos de rocha nas margens do rio, tem-se nesse segmento o predomínio de margens baixas, elevadas de 3 a 5 m acima do nível do rio e estáveis com extensos trechos vegetados. Localmente ocorrem desmoronamentos nas margens provocados pelo solapamento causado pelo fluxo do canal.



Foto 5.1.4-87 - Relevo de Colinas pequenas e Morrotes sustentados por metapelitos cisalhados do Grupo Tucuruí, que caracterizam a margem direita do Rio Tocantins em frente à Tucuruí (0649241x9587754).



Foto 5.1.4-88 - Relevo de Colinas pequenas e Morrotes sustentados por metapelitos cisalhados do Grupo Tucuruí, que caracterizam a margem direita do Rio Tocantins em frente a Tucuruí (0649241x9587754).



Foto 5.1.4-89 - Terraço na margem esquerda do Rio Tocantins, com altitudes de 35 a 40 m, que se encontram elevados cerca de 20 m acima das planícies (0648095x9590983).



Foto 5.1.4-90 - Processos de erosão laminar e em sulcos ocasionais e de baixa intensidade podendo ocorrer pequenos desmoronamentos de baixa intensidade (0648095x9590983).



Foto 5.1.4-91 - Leito maior do Rio Tocantins e Terraço constituído por camadas de seixos arredondados e sub-arredondados de quartzo, quartzito e calcedônia, em matriz de areia média e grossa que caracterizam a margem esquerda, na localidade de Pederneiras (0648405x9596535).



Foto 5.1.4-92 - Leito maior do Rio Tocantins e Terraço constituído por camadas de seixos arredondados e sub-arredondados de quartzo, quartzito e calcedônia, em matriz de areia média e grossa que caracterizam a margem esquerda, na localidade de Pederneiras (0648405x9596535).



Foto 5.1.4-93 - Desmoronamentos de margem de Planície de inundação, expondo o dique marginal elevado sobre a planície que foi limpo para plantio de roça. (0648405x9596535).



Foto 5.1.4-94 - Desmoronamentos de margem de Planície de inundação, expondo o dique marginal elevado sobre a planície que foi limpo para plantio de roça. (0648405x9596535).



Foto 5.1.4-95 - Barra longitudinal que forma praia de areia média a grossa, intercalada com níveis argilosos (0655889 x 9611050).



Foto 5.1.4-96 - Processo de desmoronamento localizados e de baixa intensidade nas margens de barras arenosas (0655889 x 9611050).

Segmento 3 – entre a Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco) e Baião

O Segmento entre a Vila Nazaré dos Patos e Baião inicia-se após a intersecção do Rio Tocantins com estrutura de direção NNW, associada ao Arco de Gurupá, que na margem esquerda limita a Unidade de Relevô Leque Aluvial do Rio Tocantins e controla o contado entre a Formações Alter do Chão e os Sedimentos pós Barreiras.

Nesse setor o rio tem orientação N-S - NNW e apresenta canal duplo que formam duas grandes ilhas (Ilha Grande do Jutá e Ilha do Bacuri). A planície nesse segmento também é assimétrica sendo limitada na margem direita por estrutura de direção NNW, que condiciona a presença de margem íngreme e escarpada, enquanto que na margem esquerda tem-se ampla sedimentação fluvial pleistocênica e holocênica, além de extensas coberturas plataformais cenozóicas neogênicas e sedimentos Pós Barreiras que constituem o Leque Aluvial do Tocantins (**Figura 5.1.4-7**).

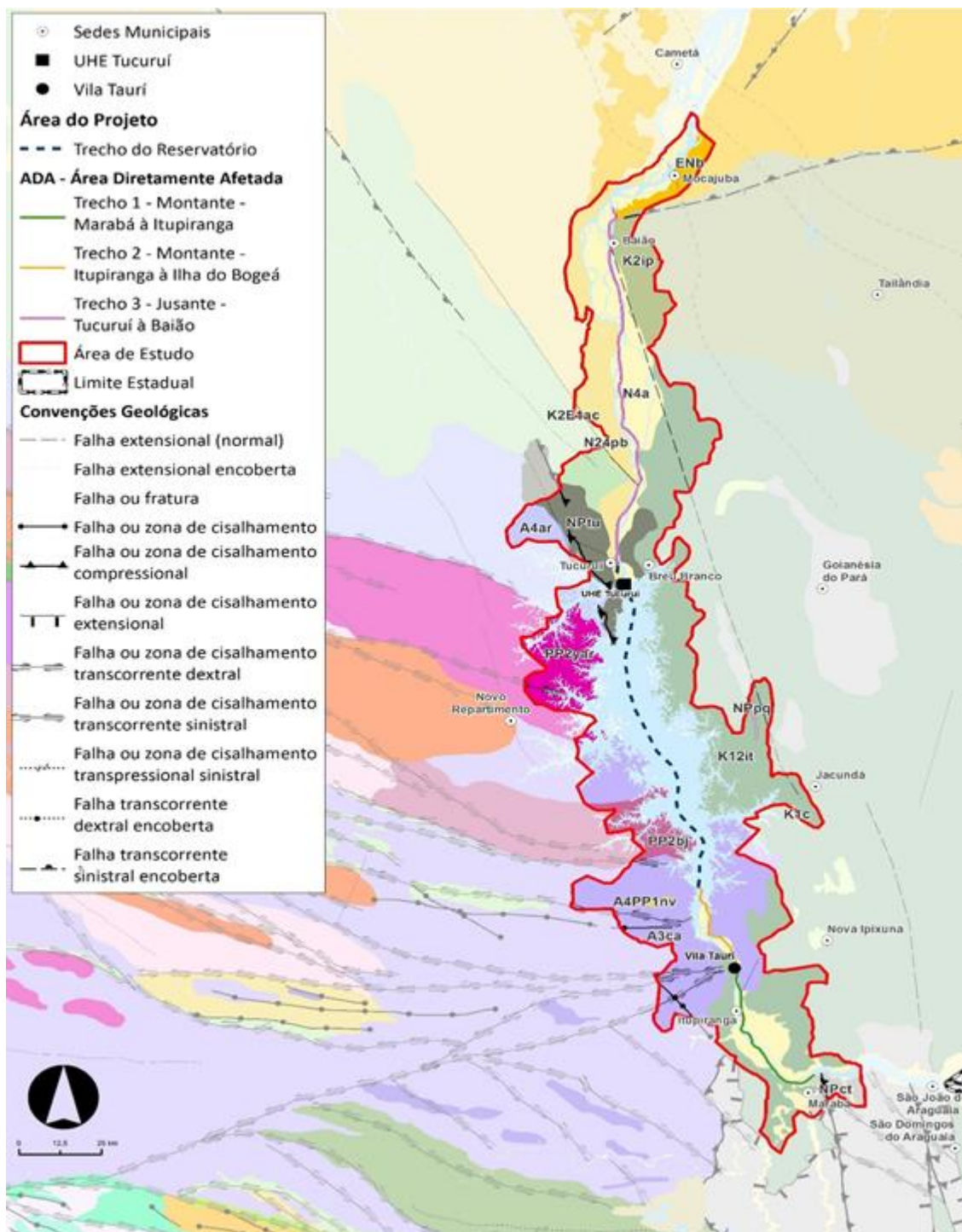


Figura 5.1.4-7 - Falhas normais NNW-SSE e NW-SE que condicionam a sedimentação neogênica fluvial e litorânea, o Leque Aluvial do Rio Tocantins e a assimetria do Rio Tocantins, a jusante da Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco)

Fonte: Vasquez *et al* (2008). Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

A margem direita escarpada, mostrada entre a **Foto 5.1.4-97** e a **Foto 5.1.4-114** que se estende por cerca de 40 km entre São Joaquim do Ituquara e Baião apresenta inclinações acentuadas (15 a 45%), processos de escorregamento

frequentes e de média a alta intensidade, caracterizando o trecho de margem do Rio Tocantins mais susceptível a ocorrência de processos erosivos, sendo a sua estabilidade afetada pelas correntes e pelo embate de ondas nas cheias, que favorece o solapamento do sopé da escarpa e à intensificação dos movimentos de massa.



Foto 5.1.4-97 - Encostas escarpadas e íngremes com inclinações acentuadas (15 a 45%) na margem direita do Rio Tocantins, que apresentam processos de escorregamentos frequentes associados ao solapamento do sopé da escarpa pelas correntes e pelo embate de ondas durante as cheias que ocorrem entre Baião e São Joaquim do Itaquara (0650460x9663436).



Foto 5.1.4-98 - Processos de escorregamentos frequentes associados ao solapamento do sopé da escarpa pelas correntes e pelo embate de ondas durante as cheias que ocorrem entre Baião e São Joaquim do Itaquara (0650460x9663436).



Foto 5.1.4-99 - Escarpa com amplitude de 30 m que se caracteriza por apresentar trechos estáveis e vegetados e trechos afetados por escorregamentos planares (0648454x967759).



Foto 5.1.4-100 - Escarpa com amplitude de 30 m que se caracteriza por apresentar trechos estáveis e vegetados e trechos afetados por escorregamentos planares (0647718x9682452).



Foto 5.1.4-101 - Processos de erosão em sulco sobre material escorregado arenoso conglomerático da Formação Ipixuna (0650460x9663436).



Foto 5.1.4-102 - Processos de erosão em sulco sobre material escorregado arenoso conglomerático da Formação Ipixuna (0650460x9663436).



Foto 5.1.4-103 - Margem direita do rio Tocantins formada na base por argilitos e arenitos cauliniticos, tendo acima areia média a grossa e cascalho da Formação Ipixuna (0650173x9673431).

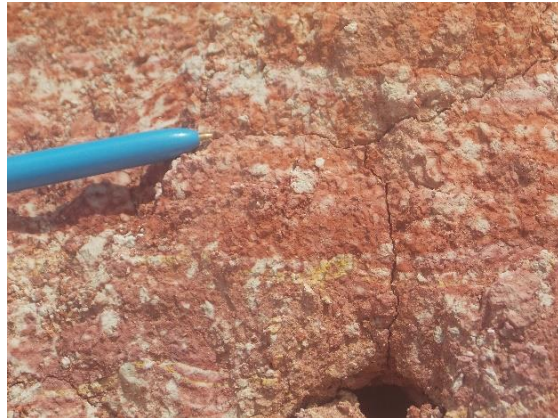


Foto 5.1.4-104 - Margem direita do rio Tocantins formada na base por argilitos e arenitos cauliniticos, tendo acima areia média a grossa e cascalho da Formação Ipixuna (0650173x9673431).

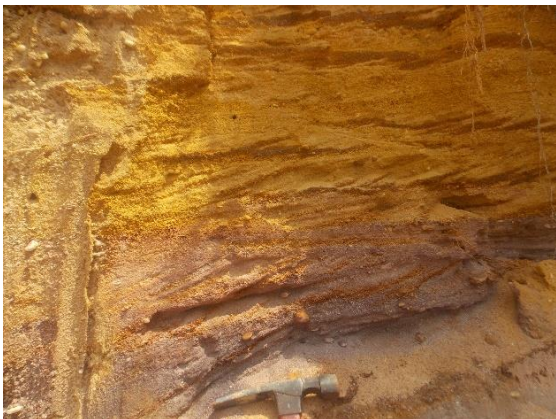


Foto 5.1.4-105 - Intercalação de areias fina, média, grossa com grânulos e seixos de quartzo da Formação Ipixuna (0650173x9673431).



Foto 5.1.4-106 - Camadas de seixos arredondados e subarredondados de quartzo da Formação Ipixuna (0650173x9673431).



Foto 5.1.4-107 - Blocos de laterita caídos do alto da escarpa, condicionada por descontinuidade de direção NNW que limita o relevo de Superfícies aplanadas que se associam ao horizonte laterítico (0650460x9663436).



Foto 5.1.4-108 – Detalhe blocos de laterita caídos do alto da escarpa, condicionada por descontinuidade de direção NNW que limita o relevo de Superfícies aplanadas que se associam ao horizonte laterítico (0650460x9663436).



Foto 5.1.4-109 - Blocos de arenitos e conglomerados da Formação Ipixuna laterizados e tombados do alto da escarpa (0647336x9687579).



Foto 5.1.4-110 - Blocos de arenitos e conglomerados da Formação Ipixuna laterizados e tombados do alto da escarpa (0647336x9687579).



Foto 5.1.4-111 - Solapamento da base da escarpa pelas correntes e pelo embate de ondas durante as cheias e pequenos escorregamentos associados (0647183x9689406).



Foto 5.1.4-112 - Solapamento da base da escarpa pelas correntes e pelo embate de ondas durante as cheias e pequenos escorregamentos associados (0647183x9689406).

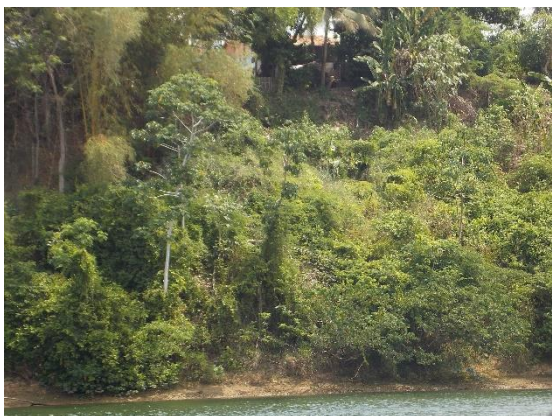


Foto 5.1.4-113 - Trecho da escarpa em Baião com amplitude de 25 a 30 m, com processos de rastejo e pequenos escorregamentos que afetam a base do muro da casa no alto da escarpa (0647410 x 9691307).



Foto 5.1.4-114 - Trecho da escarpa em Baião com amplitude de 25 a 30 m, com processos de rastejo e pequenos escorregamentos que afetam a base do muro da casa no alto da escarpa (0647410 x 9691307).

A margem esquerda baixa mostrada entre a **Foto 5.1.4-115** e a **Foto 5.1.4-132**, desenvolve-se sobre extensos depósitos aluviais, associados ao processo de sedimentação atual intenso, que é evidenciado pela presença das ilhas Grande do Jutá e do Bacuri, pela presença de extensos alagadiços e planícies com campos, associadas a barras arenosas pré atuais e pelo canal aluvial onde ocorrem inúmeras barras arenosas emersas, com praias e barras submersas.

Essas feições indicam uma dinâmica fluvial marcada por intensa sedimentação e evidenciam trecho de canal instável devido à contínua movimentação das barras arenosas.



Foto 5.1.4-115 - Marca de corrente indicando o sentido do fluxo do rio em barra longitudinal constituída por areia fina, média e grossa, na ponta sul da Ilha Grande Jutá. (0655429x9622769).



Foto 5.1.4-116 - Marca de corrente indicando o sentido do fluxo do rio em barra longitudinal constituída por areia fina, média e grossa, na ponta sul da Ilha Grande Jutá. (0655429x9622769).



Foto 5.1.4-117 - Marca de corrente formada pela movimentação de areia fina a média (0655429x9622769).



Foto 5.1.4-118 - Marca de corrente formada pela movimentação de areia fina a média (0655429x9622769).



Foto 5.1.4-119 - Margem em Planície de inundação, constituída por areia fina pouco argilosa, intercalada com areia fina e camadas de argila cinza plástica na base, que ocorre na Ilha Grande Jutaí (0650132 x 9629771).



Foto 5.1.4-120 - Margem em Planície de inundação, constituída por areia fina pouco argilosa, intercalada com areia fina e camadas de argila cinza plástica na base, que ocorre na Ilha Grande Jutaí (0650132 x 9629771).



Foto 5.1.4-121 - Margem em Planície de inundação, na Ilha Grande Jutaí, constituída por areia fina pouco argilosa, intercalada com areia fina, tendo na base camadas laterizadas de areia grossa e cascalhos (0651051x9635121).



Foto 5.1.4-122 - Margem em Planície de inundação, na Ilha Grande Jutaí, constituída por areia fina pouco argilosa, intercalada com areia fina, tendo na base camadas laterizadas de areia grossa e cascalhos (0651051x9635121).



Foto 5.1.4-123 - Camadas de areia média a grossa, intercalada com cascalho de quartzo, quartzito arredondado a subarredondado com diâmetros de 1 a 3 cm, laterizados que ocorrem na Planície de inundação da Ilha Grande Jutaí (0651051x9635121).

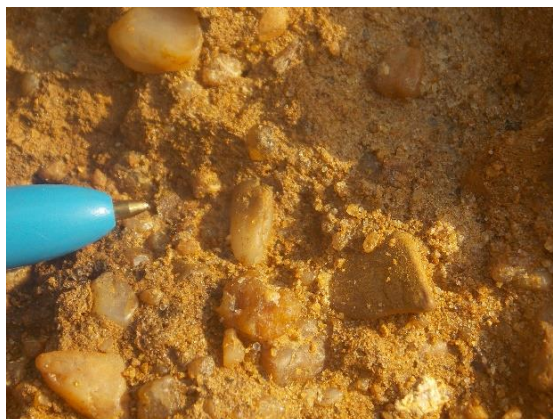


Foto 5.1.4-124 - Camadas de areia média a grossa, intercalada com cascalho de quartzo, quartzito arredondado a subarredondado com diâmetros de 1 a 3 cm, laterizados que ocorrem na Planície de inundação da Ilha Grande Jutaí (0651051x9635121).



Foto 5.1.4-125 - Praia em ilha do rio Tocantins, formada por barra longitudinal constituída por espesso pacote de areia fina a grossa e grânulos, com estratificação cruzada (0648826x9643851).



Foto 5.1.4-126 - Praia em ilha do rio Tocantins, formada por barra longitudinal constituída por espesso pacote de areia fina a grossa e grânulos, com estratificação cruzada (0648826x9643851).



Foto 5.1.4-127 - Solapamento e pequenos escorregamentos que afetam margens em planície de inundação (0648775x9657425).



Foto 5.1.4-128 - Solapamento e pequenos escorregamentos que afetam margens em planície de inundação (0648775x9657425).



Foto 5.1.4-129 - Solapamento de margens associado à movimentação diária das correntes de marés, que afetam esse segmento do Rio Tocantins (0648897x9659289).



Foto 5.1.4-130 - Solapamento de margens associado à movimentação diária das correntes de marés, que afetam esse segmento do Rio Tocantins (0648897x9659289).



Foto 5.1.4-131 - Barra longitudinal e praia formada por areia fina e média (0648454 x 9677759).



Foto 5.1.4-132 - Barra longitudinal e praia formada por areia fina e média (0648454 x 9677759).

5.1.4.3.5 Dinâmica Superficial

A dinâmica superficial da região em que serão realizadas as obras de Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins está diretamente relacionada ao clima tipo tropical úmido da região que é caracterizado por uma estação seca e outra úmida bem marcadas e pela estruturação neotectônica regional.

A região apresenta precipitação anual de 1600 a 2100 mm e temperaturas médias anuais de 24 a 26 °C, com umidade relativa alta entre 76 a 96 %. A temperatura máxima anual é ao redor de 32 °C e a mínima em torno de 22 °C. O período chuvoso tem início em novembro, prolongando-se até abril, com médias mensais em torno de 290 mm. Os meses de estiagem são geralmente maio a outubro, quando podem ocorrer precipitações esparsas, porém com pequeno significado quanto à erosão e ao transporte fluvial.

A presença de um período chuvoso e outro seco bem marcado são fatores importantes para o entendimento da dinâmica superficial da região, que se caracteriza por um período de alta atividade morfogenética nas encostas e nos rios associados ao período chuvoso e outro de baixa atividade morfogenética que corresponde ao período seco.

As características climáticas regionais, a baixa amplitude e declividade dos relevos mapeados configuram uma região com baixa incidência de processos erosivos, mesmo levando-se em consideração o elevado grau de remoção da cobertura florestal na AII e AID do empreendimento. A ocorrência de processos erosivos de modo geral é localizada e se encontra associada às interferências mais significativas sobre os terrenos como áreas de terraplenagem, áreas de empréstimo e estradas.

Os relevos mais enérgicos da AID/ADA representados pelos Morrotes, embora apresentem maior susceptibilidade ao desenvolvimento de processos erosivos, mostram atualmente apenas pontos localizados de ocorrência de erosão laminar e em sulcos, sendo o rastejo um processo frequente e de baixa intensidade.

Os processos erosivos mais significativos foram observados na margem direita do Rio Tocantins ao longo da Escarpa dissecada, que ocorre entre Baião e São

Joaquim do Itaquara, que constitui margem íngreme e instável com ocorrência de escorregamentos, cuja dinâmica está diretamente vinculada ao período das chuvas e à ação do rio durante as cheias.

O período chuvoso é caracterizado ainda por intensa atividade erosiva e de transporte de sedimentos ao longo dos segmentos do canal rochoso e aluvial do Rio Tocantins. Nesse período, o fluxo turbulento de alta magnitude promove a remoção da cobertura aluvial e a migração das barras arenosas, expondo os afloramentos rochosos do leito e das margens (pedrais) aos processos de abrasão, cavitação e arranque que são responsáveis pela esculturação de superfícies polidas, marmitas, sulcos, colunas e cavidades como se observa no Pedral do Lourenço e em outros pedrais adjacentes.

Nesse período tem-se também a máxima atuação das correntes, que erodem as barras arenosas e removem os sedimentos, que voltam a ser depositados no fim das cheias a medida que ocorre a diminuição da velocidade do fluxo fluvial.

A atuação desses processos, no trecho estudado do rio Tocantins, mostra descontinuidades, ocorrendo ora segmentos de canal com comportamento erosivo, ora segmentos de canal com predomínio de processos deposicionais, o que evidencia a atuação de estruturas neotectônicas na distribuição dessas áreas. Nesse sentido considera-se que:

Segmento 1 – entre Marabá e Itupiranga – é um segmento assimétrico do rio condicionado pela presença de estruturas neotectônicas, que condicionam nas proximidades de Marabá, um trecho em que se tem comportamento erosivo mais acentuado na margem esquerda concavada e deposição na margem direita convexa e um trecho em frente a Itupiranga, associados à estrutura romboédrica neogênica, onde predominam processos de sedimentação, evidenciados pela presença de barras arenosas, praias e de barras submersas no canal e pela Planície de inundação extensa com alagadiços e lagoas associadas à paleocanais.

Segmento 2 A – entre Itupiranga e a Ilha do Bogéa – o canal tem comportamento erosivo, o que é evidenciado pelas margens em relevos de Colinas pequenas e Superfícies aplanadas e colinas médias e pequenas associadas à afloramentos de

rocha frequentes, pela pequena dimensão dos Terraços e Planícies de inundação e pela baixa incidência de barras arenosas.

Segmento 2 B – entre Tucuruí e a Vila Nazaré dos Patos (Breu Branco) – ocorrem processos de erosão e deposição, sendo os trechos erosivos evidenciados pela presença de pequenos pedrais e afloramentos de rocha na margem direita, entre a Barragem e a cidade de Tucuruí; e os trechos aluviais associados ao desenvolvimento de extensas barras arenosas longitudinais e praias, que passam a ocorrer a jusante da cidade.

Segmento 3 - entre Nazaré dos Patos e Baião – caracteriza-se por apresentar processos de sedimentação atual intenso, que é evidenciado pela presença das ilhas Grande do Jutai e do Bacuri, pela presença de extensos alagadiços e planícies com campos, associadas à barras arenosas pré atuais e pelo canal aluvial onde ocorrem inúmeras barras arenosas emersas com praias e barras arenosas submersas, que evidenciam trecho de canal instável devido à contínua movimentação das barras arenosas. Nesse trecho os processos erosivos estão restritos à escarpa que caracteriza a margem direita do rio.

Segmento 4 – jusante de Baião – caracteriza o baixo curso do Rio Tocantins, onde predomina canal aluvial com ampla sedimentação responsável pela formação de inúmeras ilhas e canais entrelaçados.

5.1.4.3.6 Relevo e Empreendimento

A análise dos diferentes aspectos do relevo na área em que serão realizadas as obras de Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins permite tecer considerações quanto às diferentes mudanças que devem ocorrer na AID / ADA com a implantação do empreendimento, que tendem a alterar a dinâmica do canal fluvial, atenuando, extinguindo e desencadeando processos de erosão e de deposição, que acabam por interferir no equilíbrio morfodinâmico existente na área afetada, com reflexos não só no meio físico, mas também nos ecossistemas existentes no canal fluvial alterado.

As áreas a ser afetada pelos processos de derrocamento são restritas ao canal fluvial, que ao removerem parte dos pedrais devem mudar as condições de fluxo local, diminuindo a turbulência e o poder erosivo das águas nesses locais.

Estas alterações que devem provocar um aumento do fluxo no local e a jusante das áreas alteradas, podem ter interferência na erosão das margens e do canal fluvial. No entanto devido à proximidade do Pedral do Lourenço com o remanso do reservatório de Tucuruí, esses processos devem ser bastante minimizados devido à diminuição acentuada da velocidade do fluxo fluvial, condicionado à mudança do regime.

A predominância de processos de deposição em vários segmentos do canal fluvial, é um fator que deve interferir nas obras de dragagem, a medida que a reposição de sedimentos deve ser contínua, afetando a calagem dos trechos dragados.

Deve-se observar ainda que as mudanças no perfil do fundo do canal das áreas dragadas podem provocar mudanças no padrão de circulação das águas, acarretando mudanças nos padrões de erosão e transporte de sedimentos a jusante das áreas afetadas, alterando a morfologia das barras de areia, praias e das margens dos canais aluviais.

5.1.5 Caracterização dos Sedimentos

De acordo com o Termo de Referência (IBAMA, 2016), corroborado pelo inciso I do artigo 6º da Resolução CONAMA N° 001/1986, o *Diagnóstico Ambiental visa retratar a qualidade ambiental atual das áreas de influência do empreendimento, indicando as características dos diversos fatores que compõem o sistema ambiental de forma a permitir o pleno entendimento da dinâmica e das relações existentes entre os meios físico, biótico e socioeconômico.*

Dentre os parâmetros do meio físico, os sedimentos da área onde estão previstas as atividade de dragagem e derrocamento (ADA) foram caracterizados conforme as orientações da Resolução CONAMA N° 454/2012, que *estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser*

dragado em águas sob jurisdição nacional e a sua disposição final, aplicando-se para fins de implantação, aprofundamento, manutenção ou ampliação de canais hidroviários, da infraestrutura aquaviária dos portos, terminais e outras instalações portuárias, públicos e privados, civis e militares, bem como às dragagens para outros fins.

Diversos estudos indicam um consenso de que os sedimentos dos ambientes aquáticos adsorvem compostos químicos e persistentes em níveis muito mais elevados do que na coluna de água (MACHADO, 2017; MARX & KAMBER, 2014 *apud* Souza *et al.*, 2015). Tal fato deve ser considerado quando se trata de ecossistemas afetados por diferentes fontes de contaminação (CHAPMAN, 1990).

A remobilização dos sedimentos de fundo devido à execução de uma obra de dragagem, provoca o aumento da turbidez da água. Além disso, um dos principais impactos resultantes desta atividade é a contaminação da coluna de água por meio da ressuspensão de contaminantes agregados às partículas de sedimentos que quando removidas podem se tornar biodisponíveis, mesmo após estarem depositados no local há muitos anos, contaminando os organismos pelágicos e bentônicos (WASSERMAN, 2005; BAUMGARTEN *et al.*, 2008). Em ambientes de forte hidrodinâmica, essa contaminação da coluna d'água é rapidamente dispersa e atenuada, causando um impacto menor (WASSERMAN, 2009).

As características físicas e geológicas no trecho compreendido entre a barragem da UHE Tucuruí e da cidade de Marabá são abordadas no Anteprojeto de Derrocamento Hidrovia Tocantins (DNIT, 2015). Nele pode-se identificar que o leito do Rio Tocantins alterna, ora rochoso, ora arenoso (CB&I, 2013 *apud* DNIT, 2015) e que os sedimentos quaternários correspondem a camadas espessas de solo silto-arenoso sobrepostas à camada saprolítica pouco espessa. São caracterizados por massas coluvionares e aluvionares sobrepostas às demais, ou seja, são as camadas mais superficiais da área de estudo. O colúvio distribui-se amplamente por toda área com cerca de 6 m de espessura, enquanto os aluviões ocorrem nas proximidades do Rio Tocantins, nas regiões com relevo mais plano (CB&I, 2013 *apud* DNIT, 2015).

Por outro lado, a qualidade química dos sedimentos não foi avaliada no Anteprojeto de Derrocamento Hidrovia Tocantins, assim como são limitados os estudos para a região dos Pedrais e proximidades.

Portanto, a caracterização dos sedimentos com a finalidade de compor o EIA, assim como a grande relevância de se obter dados para uma região pouco estudada, justificam a elaboração desse estudo.

5.1.5.1 Objetivos

Caracterizar os sedimentos, na estação seca (1ª Campanha) e chuvosa (2ª Campanha), dos trechos: 1 – Montante – Marabá à Itupiranga; 2 – Santa Terezinha do Tauiri à Ilha do Boguea; 3 – Jusante – Tucuruí à Baião; e Reservatório, conforme as orientações da Resolução CONAMA N° 454/2012.

Objetivos específicos

- Apresentar em mapa a localização da área a ser dragada e da malha amostral para caracterização do material a ser dragado, diferenciando amostras superficiais e testemunhos. Os pontos de coleta dos sedimentos coincidem com os pontos de amostragem da comunidade bentônica de substrato inconsolidado.
- Justificar a representatividade da malha amostral em relação à superfície da área a ser dragada e ao perfil sedimentar, considerando o pacote sedimentar que será dragado e a camada de sedimentos que ficarão expostos após a dragagem.
- Caracterizar o sedimento das áreas a serem dragadas e os níveis de turbidez na coluna d'água na superfície, meio e fundo.
- Em função das características químicas dos sedimentos (presença ou não de contaminação), indicar em mapa a localização das prováveis áreas e fontes de origem.
- Avaliar se as amostras coletadas onde foram observados contaminantes acima dos limites propostos no Artigo 12º da resolução CONAMA N°

454/2012, submetidas a ensaios ecotoxicológicos, apresentaram potencial tóxico.

- Nas áreas de descarte, caracterizar os sedimentos em termos de granulometria e geoquímica e para a coluna de água os níveis de turbidez da superfície, meio e fundo foram medidos.

Em relação a caracterização do material a ser dragado, de acordo com o termo de referência e diretrizes da Resolução CONAMA N° 454/2012, deveriam ser realizadas coletadas a uma distância máxima de quinhentos metros entre si nos trechos a serem dragados, medidos no sentido longitudinal, independentemente do volume a ser dragado e as amostras deveriam ser representativas tanto do perfil vertical da camada de sedimentos (cota) a ser dragada como da área a ser dragada em planta. Por se tratar de uma futura dragagem em bancos de areia que podem ser considerados móveis, onde a localização das áreas a serem dragadas, áreas de descartes, volumes e cotas serão confirmadas no projeto executivo, previsto para contratação em 2020, foi estabelecido junto ao órgão ambiental que para fase de licença prévia para os trechos de dragagem (trecho 1 e 3), a caracterização do sedimento superficial ocorreria nos mesmos pontos estabelecidos para caracterização da qualidade da água e biota aquática (plâncton e comunidade bentônica) e para fase de licença de instalação (LI) ocorrerá uma intensificação nas amostragens para a caracterização dos sedimentos que serão efetivamente dragados.

5.1.5.2 Considerações Metodológicas

Para a realização do estudo foram realizadas amostragens de sedimentos e medições de parâmetros ambientais *in situ* em 56 pontos, dos quais 23 estão localizados a montante da UHE Tucuruí e 33 a jusante.

A 1ª Campanha de coleta ocorreu na estação seca entre os dias 21 de agosto a 6 de setembro de 2017 e a 2ª Campanha ocorreu na estação chuvosa entre os dias 7 a 21 de janeiro de 2018.

5.1.5.2.1 Malha Amostral

A malha amostral para a caracterização dos sedimentos apresentou 56 pontos (**Mapa 5.1.5-1**), divididos em trechos a montante, indicados com a letra “M” (**Tabela 5.1.5-1**) e a jusante do barramento da UHE Tucuruí, indicados com a letra “J” (**Tabela 5.1.5-2**).

Tabela 5.1.5-1: Trechos, coordenadas geográficas dos pontos de coleta e data de realização das amostragens de sedimentos nos trechos a montante da UHE Tucuruí

Trecho	Ponto	Coordenadas UTM 22 M		Data de Coleta	
				1ª Campanha	2ª Campanha
Trecho 1	M01	708563	9410796	03/09/2017	11/01/2018
	M02	704642	9408007	03/09/2017	11/01/2018
	M03	698836	9409490	03/09/2017	11/01/2018
	M04	695391	9413831	03/09/2017	11/01/2018
	M05	692605	9418610	03/09/2017	09/01/2018
	M06	688581	9424746	03/09/2017	09/01/2018
	M07	686842	9427706	04/09/2017	09/01/2018
	M08	686342	9432794	04/09/2017	09/01/2018
	M09	686164	9438872	04/09/2017	09/01/2018
	M10	684786	9443161	04/09/2017	07/01/2018
Trecho 2	M11	684656	9447674	NC	NC
	M12	684627	9449754	NC	NC
	M13	683221	9452968	06/09/2017	NC
	M14	680387	9456970	NC	08/01/2018
	M15	676468	9458327	06/09/2017	NC
	M16	676989	9464034	05/09/2017	08/01/2018
	M17	673912	9470032	05/09/2017	08/01/2018
	M18	673782	9473654	05/09/2017	10/01/2018
Trecho Reservatório	M19	673877	9478605	05/09/2017	10/01/2018
	M20	670671	9498913	01/09/2017	12/01/2018
	M21	656251	9525769	01/09/2017	12/01/2018
	M22	656251	9545612	31/08/2017	12/01/2018
	M23	653343	9571424	31/08/2017	12/01/2018

NC: Não coletada.

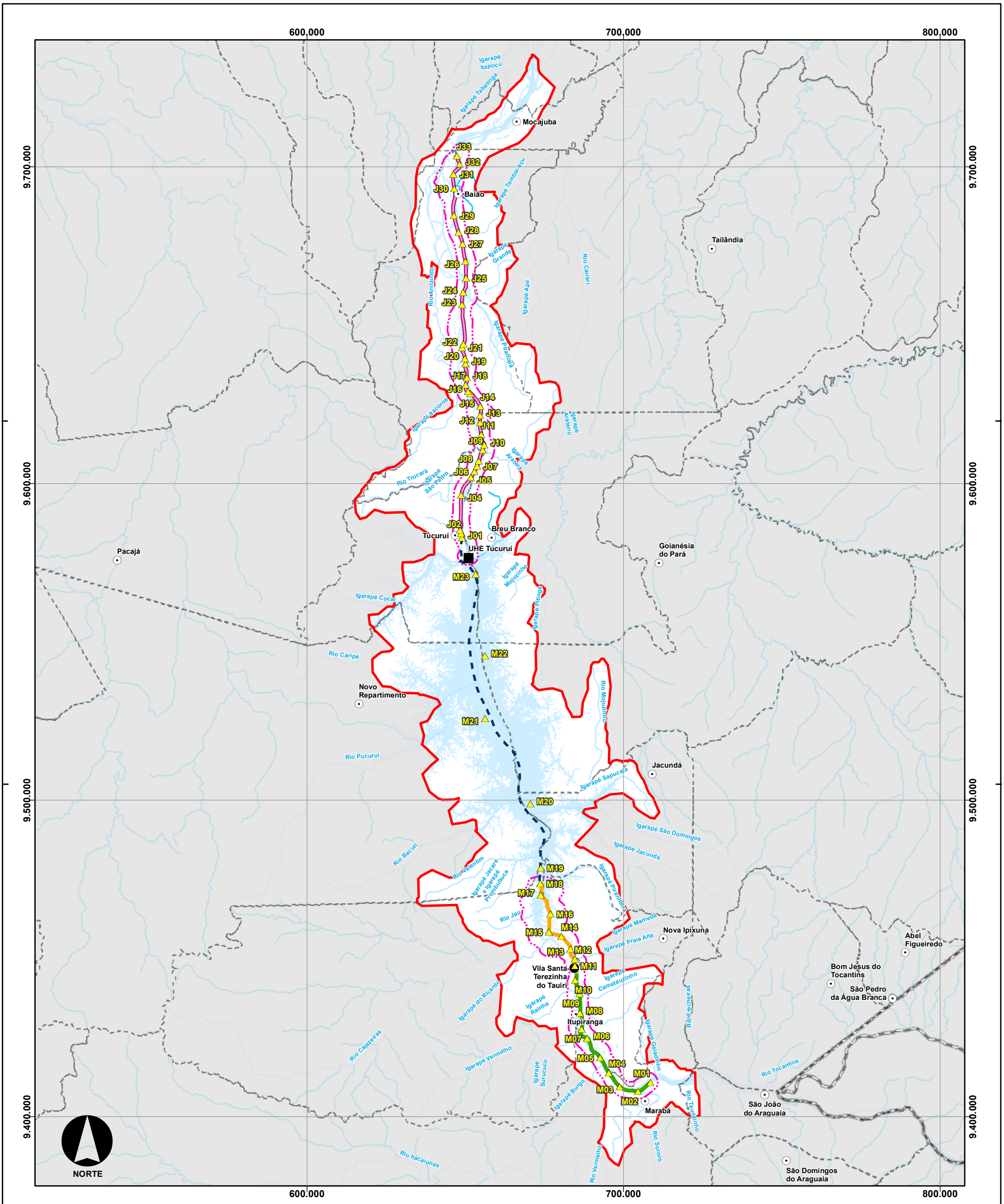
Tabela 5.1.5-2: Trechos, coordenadas geográficas dos pontos de coleta e data de realização das amostragens de sedimentos nos trechos a jusante da UHE Tucuruí.

Trecho	Ponto	Coordenadas UTM 22 M		Data de Coleta	
				1ª Campanha	2ª Campanha
Trecho 3	J01	649016	9582881	21/08/2017	NC
	J02	648714	9584268	21/08/2017	14/01/2018
	J03	648365	9585278	NC	NC
	J04	648730	9596440	22/08/2017	14/01/2018
	J05	651838	9601913	22/08/2017	14/01/2018
	J06	652918	9603809	22/08/2017	14/01/2018
	J07	653767	9605499	22/08/2017	15/01/2018

Trecho	Ponto	Coordenadas UTM 22 M		Data de Coleta	
				1ª Campanha	2ª Campanha
	J08	654355	9607071	23/08/2017	15/01/2018
	J09	655553	9610619	23/08/2017	15/01/2018
	J10	656077	9612175	23/08/2017	15/01/2018
	J11	655110	9615436	23/08/2017	15/01/2018
	J12	654717	9619269	23/08/2017	15/01/2018
	J13	654762	9621593	24/08/2017	16/01/2018
	J14	654800	9624400	24/08/2017	16/01/2018
	J15	651714	9628415	24/08/2017	16/01/2018
	J16	650914	9629136	24/08/2017	21/01/2018
	J17	650199	9631207	24/08/2017	21/01/2018
	J18	650589	9633429	25/08/2017	21/01/2018
	J19	650103	9637885	25/08/2017	21/01/2018
	J20	649938	9639532	25/08/2017	19/01/2018
	J21	649091	9642971	25/08/2017	19/01/2018
	J22	649462	9644036	28/08/2017	17/01/2018
	J23	649085	9656518	28/08/2017	17/01/2018
	J24	649356	9660341	28/08/2017	17/01/2018
	J25	650269	9664853	28/08/2017	17/01/2018
	J26	650090	9670151	30/08/2017	19/01/2018
	J27	649243	9675681	30/08/2017	19/01/2018
	J28	647883	9679337	30/08/2017	19/01/2018
	J29	646454	9684648	30/08/2017	18/01/2018
	J30	646551	9693156	29/08/2017	18/01/2018
	J31	646306	9697687	29/08/2017	18/01/2018
	J32	648277	9700935	29/08/2017	18/01/2018
	J33	647437	9703521	29/08/2017	18/01/2018

NC: Não coletada.

Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.



CONVENÇÕES	
○ Sedes Municipais	■ AID Físico-Biótico
■ UHE Tucuruí	■ Área de Influência Indireta
● Vila Tauri	--- Limite Municipal
▲ Pontos de coleta	--- Limite Estadual
▲ Sedimentos	■ Massa d'água
	— Corpos d'água
Área do Projeto	
ADA - Área Diretamente Afetada	
Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga	
Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogeá	
Trecho 3 - Jusante - Tucuruí à Baião	

LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM FUSO 22S DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

DNIT Consórcio **DTA** O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Malha amostral de sedimentos

NÚMERO DO MAPA: 5.1.5-1	ESCALA/FORMATO: 1:1.100.000/A3	DATA: 19/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018.

5.1.5.2.2 Metodologia de coleta

5.1.5.2.2.1 Sedimentos

Nas coletas de amostras de sedimentos foram utilizadas 4 embarcações do tipo “voadeira”, com casco de alumínio que mediam entre 6 e 8 m e motor de popa de 40 Hp.

Todos os procedimentos de coleta e armazenamento dos sedimentos foram realizados de acordo o Guia nacional de coletas e preservação de amostras CETESB-ANA (BRANDÃO *et al.*, 2011).

Para a coleta de sedimentos superficiais foi utilizado o amostrador *Van Veen* com capacidade para 7 litros (**Figura 5.1.5-2 A**). O equipamento foi lastreado com 4 kg de peso para uma submersão mais estável. Dessa forma, foi possível descer o equipamento verticalmente na coluna d’água até chegar ao fundo, possibilitando o preenchimento máximo de seu volume (**Figura 5.1.5-1**).

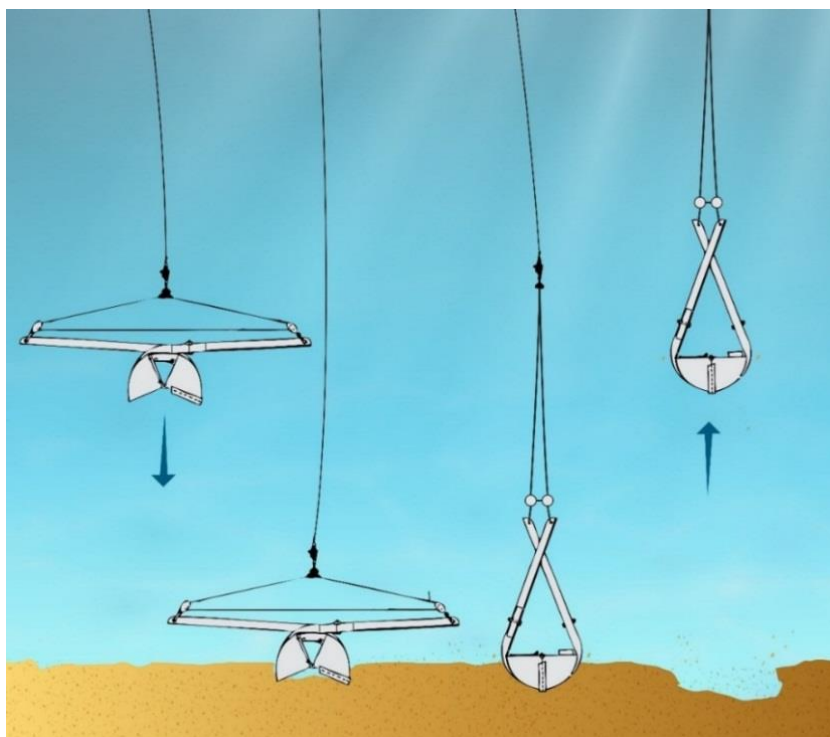


Figura 5.1.5-1 - Ilustração esquemática da amostragem de sedimento superficial com equipamento do tipo draga coletora (*Van Veen*)

Em seguida o equipamento foi içado, e no convés da embarcação, o conteúdo de sedimento foi armazenado numa bandeja de aço inox (**Figura 5.1.5-2 B**). No momento da abertura da draga foram realizadas as leituras dos parâmetros medidos *in situ* como: pH, temperatura (°C) e Potencial de Óxido-redução (ORP). As medidas foram registradas no aparelho multiparâmetro PH-1500/Instrutherm (**Figura 5.1.5-2 D**).



Figura 5.1.5-2 - Materiais utilizados na coleta de sedimentos: Amostrador Van Veen (A); Bandejas e colheres de aço inoxidável (B); Frascos utilizados (C); obtenção dos dados em campo com multiparâmetro (D)

Os lançamentos da amostrador *Van Veen* para coleta dos sedimentos ocorreram nos pontos amostrais previamente marcados no GPS. Contudo, visando caracterizar os sedimentos nos pontos que continham rochas, optou-se por realizar as coletas em locais próximos aos pontos, geralmente dentro de um raio de 30 m, em alguns casos próximos às margens. Em pontos que não foram encontrados sedimentos além dos 30 m, não houve coleta.

Além da calibração periódica realizada pelo laboratório certificado, todos os dias antes do início dos trabalhos foram realizadas verificações das calibrações dos sensores com soluções indicadas pelo fabricante, como forma de verificar qualquer anomalia nas medições.

Para as análises químicas, a porção de sedimento correspondente foi acondicionada em recipientes adequados, frascos de plástico e/ou vidro, estes fornecidos pelo laboratório Bioagri (NRB ISO/IEC 17025) (**Figura 5.1.5-2 C**). Foram seguidos os procedimentos operacionais padrão do laboratório no que diz respeito ao manuseio e acondicionamento das amostras. Alíquotas de amostras de sedimentos foram armazenadas para possíveis ensaios ecotoxicológicos, > 3 kg, conforme determina a Resolução CONAMA N° 454/2012.

Ao término das coletas, caixas térmicas contendo as amostras de sedimentos foram preenchidas com gelo, devidamente lacradas e enviadas ao laboratório responsável pelas análises. Para o controle de envio das amostras foram utilizadas Cadeias de Custódia (**Anexo 5.1-IV**), garantindo a identidade e integridade das amostras em todas as etapas do processo.

5.1.5.2.2.2 Água: medições de turbidez

As medições de turbidez foram realizadas na coluna d'água com o sensor multiparâmetro HORIBA modelo U-52G (**Figura 5.1.5-4 B**). As profundidades das medições na coluna de água corresponderam à superfície (\cong 0,5 m abaixo da superfície), fundo (\cong 1 m acima do fundo) e a medida meia água (metade da profundidade total da lâmina d'água) (**Figura 5.1.5-3**). As profundidades foram obtidas com a ecosonda batimétrica "*Speedtech Instruments*".

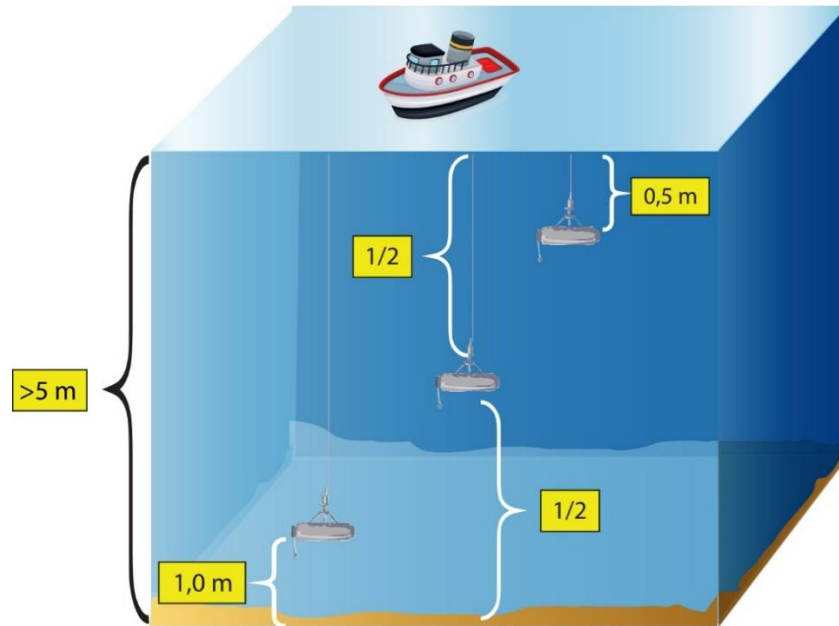


Figura 5.1.5-3 - Ilustração esquemática da coluna d'água com as profundidades da coleta de água

O sensor multiparâmetro recebeu dois procedimentos de calibração de forma que seja rastreável a qualidade de suas medições.

1. Calibração periódica em laboratório especializado: 1 vez a cada 6 meses (**Anexo 5.1-V**);
2. Calibração diária: a calibração de todos os sensores foi feita no anterior ao início das amostragens. Em todos os dias da campanha foram realizadas verificações no início, meio e final do dia de campo.



Figura 5.1.5-4 - Equipamentos utilizados nas medições de turbidez: A) Garrafa Van Dorn e B) Sensor Multiparâmetro HORIBA U52-G

Fonte: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

5.1.5.2.3 Métodos analíticos

5.1.5.2.3.1 Análises químicas

As análises químicas das amostras de sedimentos seguiram os protocolos analíticos baseados nas normas analíticas estabelecidas e descritas em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23st Edition* (RICE *et al.*, 2012), aprovados pela Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA). Os parâmetros e os métodos analíticos aplicados nas amostras de sedimentos estão listados na **Tabela 5.1.5-3**.

Tabela 5.1.5-3 - Parâmetros e métodos analíticos aplicados

Parâmetro	Referência do Método Analítico	Recipiente de Armazenamento	Preservação	Prazo de Análise
Granulometria	ISO 13320:2009	Pote Plástico	Não requerida	Indeterminado
Arsênio	USEPA - 6010C e 3051A	Frasco de vidro	Não requerida	6 meses
Cádmio				
Chumbo				
Cobre				
Cromo				
Níquel				
Zinco				
Mercúrio	USEPA – 245.7 e 3051A	Frasco de vidro	Refrigerar de 0 a 6 °C	28 dias
Tributilestanho	Método validado e acreditado	Frasco de vidro	Refrigerar de 0 a 6 °C	14 dias (extração) 40 dias (análise)
Pesticidas Organoclorados	USEPA – 8270D e 3550C	Frasco de vidro	Refrigerar de 0 a 6 °C	14 dias (extração) 40 dias (análise)
PCB's	USEPA – 8270D e 3550C	Frasco de vidro	Refrigerar de 0 a 6 °C	14 dias (extração) 40 dias (análise)
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos – HAPs	USEPA – 8270D e 3550C	Frasco de vidro	Refrigerar de 0 a 6 °C	14 dias (extração) 40 dias (análise)

Parâmetro	Referência do Método Analítico	Recipiente de Armazenamento	Preservação	Prazo de Análise
Fósforo Total	USEPA - 6010C e 3051A	Frasco de vidro	Refrigerar de 0 a 6 °C	6 meses
Nitrogênio Kjeldahl Total	Método validado e acreditado			28 dias
Carbono Orgânico Total	Método validado e acreditado			

5.1.5.2.3.2 Ensaio ecotoxicológico

O § 1º do Artigo 12 cita que *a opção pela realização dos ensaios agudos ou crônicos é do empreendedor, que considerará a disponibilidade de laboratórios na região ou estado onde será executado o projeto de dragagem.*

O método aplicado foi baseado na norma ABNT NBR 15470: 2013 Método de ensaio com *Hyalella* sp para toxicidade de sedimento (**Tabela 5.1.5-4**).

Tabela 5.1.5-4 - Ensaio ecotoxicológico aplicado nas amostras de sedimentos

Parâmetro	Referência do Método Analítico	Recipiente de Armazenamento	Preservação	Prazo de Análise
Ecotoxicidade	ABNT NBR 15470	frasco de plástico	Refrigerar 4°C	60 dias

O método de ensaio consistiu na exposição de exemplares juvenis de *Hyalella azteca*, com idade entre 7 e 14 dias, nas amostras de sedimento, por 10 dias.

Para tanto foram utilizadas quatro réplicas com 10 exemplares em cada réplica, todas mantidas com aeração constante, fotoperíodo de 16/8 de claro/escuro, respectivamente, e temperatura entre 24,6 e 25,8°C.

Ao final do período de exposição os organismos foram peneirados e contados os exemplares vivos e mortos de cada réplica. Após a contagem as amostras onde os organismos sobreviveram, ou seja, onde não ocorreu efeito agudo/mortalidade, os organismos foram medidos e o efeito crônico avaliado por meio do crescimento dos organismos exposto nas amostras e no sedimento controle.

O ensaio é considerado válido quando a mortalidade na amostra controle não ultrapassa o limite estabelecido pela norma, e o resultado do ensaio referência se situou dentro dos limites de sensibilidade estipulados na carta controle do laboratório para uma substância referência.

5.1.5.2.4 Análise dos dados

Na área de estudo os pontos de coleta foram distribuídos dentro de 4 trechos: Montante – Trecho 1 (M01 a M10), Trecho 2 (M11 a M18) e Trecho Reservatório (M19 a M23) e Jusante – Trecho 3 (J01 a J33). Estes agrupamentos dos pontos foram utilizados no encaminhamento dos resultados e da discussão.

O artigo 4º da Resolução CONAMA N° 454/2012 define que *o material proveniente de áreas com monitoramento regular do sedimento de acordo com os critérios definidos pelo órgão ambiental licenciador, deverá ser caracterizado de acordo com as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais* indicados na própria resolução.

O artigo 10 estabelece critérios de avaliação da qualidade dos sedimentos. Para este diagnóstico foi utilizado o critério do inciso II cujo *os resultados da caracterização química devem ser comparados com os valores orientadores previstos na Tabela III do Anexo da Resolução e classificados em dois níveis:*

- a. *Nível 1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota;*
- b. *Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.*

A análise granulométrica foi complementada com auxílio do *software* Sysgran (CAMARGO *et al.*, 2006). Os resultados foram analisados através do Diagrama do Classificação dos Sedimento do Shepard (1954), que permite avaliar através da dispersão dos dados na pirâmide a predominância dos tipos de sedimentos (**Figura 5.1.5-5**).

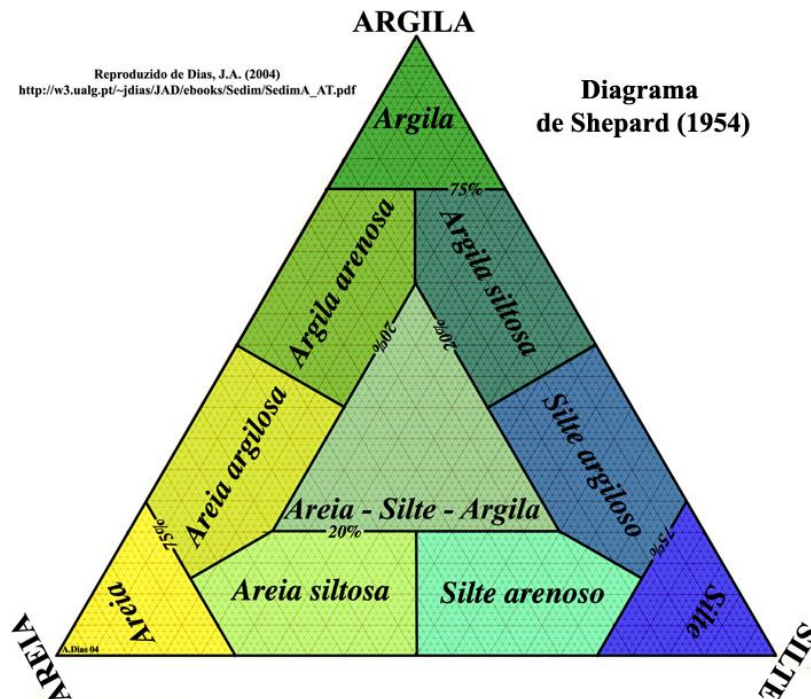


Figura 5.1.5-5 - Diagrama de classificação dos sedimentos de Shepard (1954)

Fonte: Shepard, 1954.

De acordo com o predisposto na Resolução CONAMA N° 454/2012, a análise ecotoxicológica deve ser realizada em complementação à caracterização química, com a finalidade de avaliar os impactos potenciais à vida aquática.

O Artigo 12 define que *deverão ser realizados ensaios de ecotoxicidade, para disposição em águas sob jurisdição nacional, na hipótese do material a ser dragado indicar a ocorrência das condições listadas a seguir:*

- I. *A concentração de HAPs do Grupo A, arsênio, cádmio, chumbo ou mercúrio for superior ao Nível 1;*
- II. *A concentração de HAPs do Grupo B estiver entre os Níveis 1 e 2, desde que a soma das concentrações individuais de todos os HAPs (Grupos A e B) presentes na amostra seja maior que o valor orientador para o HAP total, indicado na Tabela III;*
- III. *A concentração de qualquer substância relacionado na Tabela III for superior ao Nível 2.*

De acordo com o artigo 14, *a classificação do material segundo os resultados da caracterização ecotoxicológica, será considerado:*

- I. *Efeito tóxico não significativo quando menor ou igual a 50% do efeito tóxico medido;*
- II. *Efeito tóxico significativo quando maior que 50% do efeito tóxico medido.*

Os resultados foram avaliados seguindo os critérios: origem do elemento ou composto (natural ou não natural), fontes (causas) e consequências. A discussão dos resultados foi pautada nas orientações preconizada pela citada resolução e em trabalhos relacionados (teses e artigos científicos), com especial atenção aos estudos da região.

5.1.5.3 Resultados

Os laudos laboratoriais com os resultados das análises são apresentados no **Anexo 5.1-VI**.

A primeira campanha foi realizada nos meses de agosto e setembro na estação seca. Historicamente nos últimos 40 anos foram registrados valores de vazão entre 3.401 a 7.333 m³/s para o mês de agosto e 2.773 e 6.344 m³/s para o mês de setembro (**Item 5.1.6.1-3**), com menor volume de água nos trechos entre Marabá a Tucuruí.

A segunda campanha foi realizada no mês de janeiro na estação chuvosa. O histórico de medições de vazão registrou valores entre 9.414 e 16.498 m³/s para o mês de janeiro, com maior volume de água nos trechos entre Marabá a Tucuruí.

Em campo foram observadas diferenças como a distância entre as margens, que se acentuaram na segunda campanha, e a coloração da água, que esteve mais escura, turva e em alguns locais barrenta. Essas observações tiveram alguma relação com os dados de transparência e turbidez registrados *in situ*.

Destaca-se que na primeira campanha não houve coleta de sedimentos nos pontos M11, M12 e M14 a montante e no ponto J03 a jusante e na segunda campanha não houve coleta nos pontos M11, M12, M13 e M15 a montante e J01 e J03 a jusante. Nesses pontos o substrato mostrou-se consolidado, com presença de rochas e grandes seixos.

Os resultados obtidos na 1ª Campanha são apresentados nas tabelas: **Tabela 5.1.5-5, Tabela 5.1.5-6, Tabela 5.1.5-7, Tabela 5.1.5-8 e Tabela 5.1.5-9**, e os resultados obtidos na 2ª Campanha são apresentados nas tabelas: **Tabela 5.1.5-10, Tabela 5.1.5-11, Tabela 5.1.5-12, Tabela 5.1.5-13 e Tabela 5.1.5-14**

Os resultados das análises químicas das amostras da 1ª Campanha indicaram que os Pontos M01, M02, M15 e M23 coletadas a montante e J01, J02, J04 e J33 coletadas a jusante excederam as concentrações do proposto no artigo 12º da resolução. Portanto estas 8 amostras de sedimentos foram submetidas ao ensaio ecotoxicológico com anfípodos. O ensaio foi realizado com uma amostra extra de sedimento coletada para este fim, entre os dias 27 de setembro e 07 de outubro de 2017, dentro do prazo de validade das amostras.

Na 2ª Campanha não foram registradas concentrações que excederam o proposto no artigo 12º da resolução, portanto não foi realizado ensaio ecotoxicológico em nenhuma amostra de sedimentos.

Tabela 5.1.5-5 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos M01 ao M12 – 1ª Campanha

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL											
		Nível 1	Nível 2		M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12
					263436	263437	263438	263439	263442	263444	264469	264470	264471	264474	NC	NC
DADOS FÍSICO-QUÍMICOS																
Data de Coleta	-				03/09/17	03/09/17	03/09/17	03/09/17	03/09/17	03/09/17	04/09/17	04/09/17	04/09/17	04/09/17	NC	NC
Temperatura	° C				32,2	32,3	29,4	29,5	29,6	29,4	30,0	29,3	29,8	29,9	NC	NC
pH	-				7,3	7,6	7,4	6,6	7,7	6,9	7,1	6,9	6,5	7,6	NC	NC
Eh	mV				379,0	341,0	295,0	388,0	329,0	196,0	221,0	341,0	287,0	359,0	NC	NC
Porcentagem de Sólidos	%				83,6	81,5	83,0	85,4	81,5	85,5	77,0	81,8	79,7	79,8	NC	NC
CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA																
Areia Muito Grossa (2 a 1 mm)	g/kg				380,0	142,0	599,0	73,0	27,0	154,0	55,0	24,0	198,0	127,0	NC	NC
Areia Grossa (1 a 0,5 mm)	g/kg				462,0	605,0	273,0	624,0	438,0	320,0	163,0	374,0	418,0	639,0	NC	NC
Areia Média (0,5 a 0,25 mm)	g/kg				140,0	249,0	112,0	294,0	523,0	326,0	488,0	553,0	321,0	212,0	NC	NC
Areia Fina (0,25 a 0,125 mm)	g/kg				3,0	4,0	10,0	9,0	12,0	160,0	165,0	28,0	40,0	4,0	NC	NC
Areia Muito Fina (0,125 a 0,062 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	11,0	0,0	0,0	0,0	NC	NC
Silte (0,062 a 0,00394 mm)	g/kg				15,0	0,0	6,0	0,0	0,0	33,0	118,0	21,0	23,0	18,0	NC	NC
Argila (0,00394 a 0,0002 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NC	NC
1ª CAMPANHA DE CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO																
Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL											
		Nível 1	Nível 2		M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12
					263436	263437	263438	263439	263442	263444	264469	264470	264471	264474	NC	NC
METAIS E SEMI METAIS																
Arsênio	mg/kg	5,9	17	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	0,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Chumbo	mg/kg	35	91,3	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Cobre	mg/kg	35,7	197	1,0	12,7	10,2	10,6	7,8	12,7	5,3	10,6	13,1	11,8	10,9	NC	NC
Cromo	mg/kg	37,3	90	1,0	167,0	96,0	78,9	79,6	70,1	64,2	6,6	67,8	9,2	71,9	NC	NC
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	0,05	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Níquel	mg/kg	18	35,9	1,0	10,1	10,7	8,6	9,9	8,6	4,2	2,0	8,4	3,5	10,1	NC	NC
Zinco	mg/kg	123	315	1,0	11,7	9,4	8,9	7,5	12,0	5,3	8,7	10,8	10,9	9,4	NC	NC
TRIBUTILESTANHO																
Tributilestano	µg/kg	-	-	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
PESTICIDAS ORGANOCLORADOS																
4,4-DDD	µg/kg	3,54	8,51	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
4,4-DDE	µg/kg	1,42	6,75	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
4,4-DDT	µg/kg	1,19	4,77	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
alfa - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
alfa-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
beta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
delta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Dieldrin	µg/kg	2,85	6,67	0,18	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Endrin	µg/kg	2,67	62,4	0,18	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
gamma - BHC (lindano)	µg/kg	0,94	1,38	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
gamma-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
BIFENILAS POLICLORADAS (PCB's)																
PCB's	µg/kg	34,1	277	3,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HAPs)																
2-Metilnaftaleno	µg/kg	20,2	201	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Acenafteno	µg/kg	6,71	88,9	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Acenaftileno	µg/kg	5,87	128	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Antraceno	µg/kg	46,9	245	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Benzo (a) Antraceno	µg/kg	31,7	385	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Benzo (a) Pireno	µg/kg	31,9	782	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Criseno	µg/kg	57,1	862	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Dibenzo (a,h) Antraceno	µg/kg	6,22	135	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Fenantreno	µg/kg	41,9	515	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Fluoranteno	µg/kg	111	2.355	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Fluoreno	µg/kg	21,2	144	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Naftaleno	µg/kg	34,6	391	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Pireno	µg/kg	53	875	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Somatória de HPAs	µg/kg	1.000	-	2,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NUTRIENTES																
Carbono Orgânico Total	%	10	0,05	0,14	0,05	0,10	0,06	<LQ	0,14	0,13	<LQ	0,09	0,09	NC	NC	
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4.800	3,2	113,0	130,0	131,0	169,0	129,0	159,0	99,1	125,0	213,0	187,0	NC	NC	
Fósforo Total	mg/kg	2.000	1,0	57,5	27,2	32,9	36,4	45,7	28,3	10,6	17,8	25,8	27,8	NC	NC	

LEGENDA	
Valor	Acima do Nível 2 ou Valor Alerta*
Valor	Entre Nível 1 e 2
Valor	Abaixo do Nível 1 ou Valor Alerta*
Valor	Nível não definido pela Resolução CONAMA 454/12
<LQ	Menor que o Limite de Quantificação
NC	Não Coletado

Tabela 5.1.5-6 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos M13 ao M23 – 1ª Campanha

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL											
		Nível 1	Nível 2		M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	
					268023	NC	268022	265933	265932	265930	265869	262701	262700	261465	261467	
DADOS FÍSICO-QUÍMICOS																
Data de Coleta	-				06/09/17	NC	06/09/17	05/09/17	05/09/17	05/09/17	05/09/17	05/09/17	01/09/17	01/09/17	31/08/17	31/08/17
Temperatura	°C				28,6	NC	32,1	29,8	31,7	31,3	30,8	30,9	31,0	30,6	29,0	
pH	-				7,3	NC	7,3	6,6	6,5	6,8	6,9	6,9	7,1	7,0	7,2	
Eh	mV				270,0	NC	201,0	55,0	28,0	32,0	27,0	82,0	54,0	239,0	88,0	
Porcentagem de Sólidos	%				82,4	NC	81,7	27,2	43,1	58,0	57,2	53,8	17,9	24,4	19,7	
CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA																
Areia Muito Grossa (2 a 1 mm)	g/kg				609,0	NC	723,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Areia Grossa (1 a 0,5 mm)	g/kg				299,0	NC	167,0	0,0	0,0	27,0	0,0	5,0	55,0	0,0	0,0	
Areia Média (0,5 a 0,25 mm)	g/kg				75,0	NC	56,0	0,0	2,0	153,0	54,0	116,0	46,0	0,0	1,0	
Areia Fina (0,25 a 0,125 mm)	g/kg				9,0	NC	12,0	0,0	46,0	150,0	125,0	203,0	93,0	0,0	7,0	
Areia Muito Fina (0,125 a 0,062 mm)	g/kg				0,0	NC	0,0	3,0	93,0	53,0	84,0	183,0	138,0	0,0	9,0	
Silte (0,062 a 0,00394 mm)	g/kg				8,0	NC	42,0	991,0	803,0	614,0	712,0	485,0	668,0	871,0	908,0	
Argila (0,00394 a 0,0002 mm)	g/kg				0,0	NC	0,0	6,0	56,0	3,0	25,0	8,0	0,0	129,0	75,0	
1ª CAMPANHA DE CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO																
Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL											
		Nível 1	Nível 2		M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	
					268023	NC	268022	265933	265932	265930	265869	262701	262700	261465	261467	
METAIS E SEMI METAIS																
Arsênio	mg/kg	5,9	17	1,0	<LQ	NC	<LQ	3,6	1,7	1,3	1,7	<LQ	2,3	2,8	7,5	
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	0,1	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Chumbo	mg/kg	35	91,3	1,0	<LQ	NC	<LQ	7,3	6,8	3,0	3,8	6,3	13,7	13,8	13,3	
Cobre	mg/kg	35,7	197	1,0	9,1	NC	12,3	15,1	22,1	6,4	31,7	20,3	33,6	32,2	36,5	
Cromo	mg/kg	37,3	90	1,0	72,2	NC	112,0	28,2	24,8	11,6	21,8	23,0	37,4	32,8	32,6	
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	0,05	<LQ	NC	<LQ	0,052	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Níquel	mg/kg	18	35,9	1,0	32,1	NC	24,5	12,4	9,9	5,1	10,1	9,2	10,9	14,0	16,5	
Zinco	mg/kg	123	315	1,0	11,5	NC	11,5	44,3	30,7	31,0	22,7	30,1	35,1	52,9	43,4	
TRIBUTILESTANHO																
Tributilestano	µg/kg	-	-	1,0	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
PESTICIDAS ORGANOCLORADOS																
4,4 -DDD	µg/kg	3,54	8,51	0,13	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
4,4 -DDE	µg/kg	1,42	6,75	0,13	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
4,4 -DDT	µg/kg	1,19	4,77	0,13	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
alfa - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
alfa-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
beta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
delta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Dieldrin	µg/kg	2,85	6,67	0,18	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Endrin	µg/kg	2,67	62,4	0,18	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
gama - BHC (lindano)	µg/kg	0,94	1,38	0,088	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
gama-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
BIFENILAS POLICLORADAS (PCB's)																
PCB's	µg/kg	34,1	277	3,5	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
HIROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HAPs)																
2-Metilnaftaleno	µg/kg	20,2	201	0,29	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Acenafteno	µg/kg	6,71	88,9	0,29	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Acenaftileno	µg/kg	5,87	128	0,29	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Antraceno	µg/kg	46,9	245	0,29	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Benzo (a) Antraceno	µg/kg	31,7	385	0,29	<LQ	NC	<LQ	<LQ	1,28	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Benzo (a) Pireno	µg/kg	31,9	782	0,29	<LQ	NC	<LQ	3,40	1,89	<LQ	2,98	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Criseno	µg/kg	57,1	862	0,29	<LQ	NC	<LQ	<LQ	1,09	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Dibenzo (a,h) Antraceno	µg/kg	6,22	135	0,29	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Fenantreno	µg/kg	41,9	515	0,29	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Fluoranteno	µg/kg	111	2.355	0,29	<LQ	NC	<LQ	<LQ	1,04	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Fluoreno	µg/kg	21,2	144	0,29	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Naftaleno	µg/kg	34,6	391	0,29	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Pireno	µg/kg	53	875	0,29	<LQ	NC	<LQ	<LQ	0,80	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Somatória de HPAs	µg/kg	1.000	-	2,6	<LQ	NC	<LQ	3,40	12,30	<LQ	3,52	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NUTRIENTES																
Carbono Orgânico Total	%	10	0,05	0,15	NC	0,16	1,79	1,96	1,15	1,31	3,65	1,42	1,91	1,77		
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4.800	3,2	280,0	NC	162,0	832,0	681,0	1.220,0	933,0	827,0	678,0	582,0	59,7		
Fósforo Total	mg/kg	2.000	1,0	79,9	NC	81,9	598,0	488,0	270,0	201,0	225,0	373,0	1.140,0	1.460,0		

LEGENDA	
Valor	Acima do Nível 2 ou Valor Alerta*
Valor	Entre Nível 1 e 2
Valor	Abaixo do Nível 1 ou Valor Alerta*
Valor	Nível não definido pela Resolução CONAMA 454/12
<LQ	Menor que o Limite de Quantificação
NC	Não Coletado

Tabela 5.1.5-7 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos J01 ao J12 – 1ª Campanha

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL												
		Nível 1	Nível 2		J01	J02	J03	J04	J05	J06	J07	J08	J09	J10	J11	J12	
		249928	249930		NC	251167	251169	251171	251172	252978	252979	252991	252992	252995			
DADOS FÍSICO-QUÍMICOS																	
Data de Coleta	-				21/08/17	21/08/17	NC	22/08/17	22/08/17	22/08/17	22/08/17	23/08/17	23/08/17	23/08/17	23/08/17		
Temperatura	° C				NA	NA	NC	28,6	30,7	31,9	29,9	29,5	29,4	28,6	29,7	29,3	
pH	-				NA	NA	NC	5,6	5,3	5,3	6,2	6,0	6,6	6,8	6,6	7,0	
Eh	mV				NA	NA	NC	532,0	407,0	454,0	428,0	559,0	433,0	392,0	399,0	436,0	
Porcentagem de Sólidos	%				80,9	88,3	NC	85,1	84,5	82,2	81,4	86,0	84,4	84,6	83,8	85,4	
CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA																	
Areia Muito Grossa (2 a 1 mm)	g/kg				NA	NA	NC	291,0	14,0	73,0	25,0	404,0	284,0	41,0	71,0	620,0	
Areia Grossa (1 a 0,5 mm)	g/kg				NA	NA	NC	514,0	251,0	402,0	242,0	374,0	493,0	329,0	507,0	268,0	
Areia Média (0,5 a 0,25 mm)	g/kg				NA	NA	NC	187,0	665,0	499,0	579,0	212,0	211,0	531,0	404,0	106,0	
Areia Fina (0,25 a 0,125 mm)	g/kg				NA	NA	NC	8,0	70,0	26,0	151,0	10,0	12,0	98,0	18,0	6,0	
Areia Muito Fina (0,125 a 0,062 mm)	g/kg				NA	NA	NC	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	
Silte (0,062 a 0,00394 mm)	g/kg				NA	NA	NC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Argila (0,00394 a 0,0002 mm)	g/kg				NA	NA	NC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
1ª CAMPANHA DE CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO																	
Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL												
		Nível 1	Nível 2		J01	J02	J03	J04	J05	J06	J07	J08	J09	J10	J11	J12	
		249928	249930		NC	251167	251169	251171	251172	252978	252979	252991	252992	252995			
METAIS E SEMI METAIS																	
Arsênio	mg/kg	5,9	17	1,0	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	0,1	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Chumbo	mg/kg	35	91,3	1,0	4,9	2,0	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,0
Cobre	mg/kg	35,7	197	1,0	8,0	5,1	NC	5,5	1,1	1,2	1,6	1,3	1,6	<LQ	<LQ	<LQ	1,3
Cromo	mg/kg	37,3	90	1,0	101,0	139,0	NC	103,0	17,9	37,8	45,5	58,4	75,2	17,8	28,6	64,7	
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	0,05	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
Níquel	mg/kg	18	35,9	1,0	24,3	24,5	NC	24,3	6,3	10,4	8,2	8,1	11,3	5,3	9,8	7,1	
Zinco	mg/kg	123	315	1,0	15,6	11,1	NC	9,3	5,2	5,6	4,1	5,5	4,0	3,1	4,5	5,1	
TRIBUTILESTANHO																	
Tributilestano	µg/kg	-	-	1,0	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
PESTICIDAS ORGANOCLORADOS																	
4,4-DDD	µg/kg	3,54	8,51	0,13	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
4,4-DDE	µg/kg	1,42	6,75	0,13	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
4,4-DDT	µg/kg	1,19	4,77	0,13	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
alfa - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
alfa-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
beta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
delta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dieldrin	µg/kg	2,85	6,67	0,18	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Endrin	µg/kg	2,67	62,4	0,18	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
gamma - BHC (lindano)	µg/kg	0,94	1,38	0,088	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
gamma-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
BIFENILAS POLICLORADAS (PCB's)																	
PCB's	µg/kg	34,1	277	3,5	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HAPs)																	
2-Metilnaftaleno	µg/kg	20,2	201	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acenafteno	µg/kg	6,71	88,9	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acenaftileno	µg/kg	5,87	128	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Antraceno	µg/kg	46,9	245	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) Antraceno	µg/kg	31,7	385	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) Pireno	µg/kg	31,9	782	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Criseno	µg/kg	57,1	862	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dibenzo (a,h) Antraceno	µg/kg	6,22	135	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantreno	µg/kg	41,9	515	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,35	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluoranteno	µg/kg	111	2.355	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,33	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluoreno	µg/kg	21,2	144	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Naftaleno	µg/kg	34,6	391	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Pireno	µg/kg	53	875	0,29	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,31	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Somatória de HPAs	µg/kg	1.000	-	2,6	<LQ	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NUTRIENTES																	
Carbono Orgânico Total	%	10	0,05	0,70	0,27	NC	0,10	0,07	0,08	0,06	0,09	0,10	0,05	0,05	0,09		
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4.800	3,2	221,0	173,0	NC	72,8	11,6	187,0	177,0	69,3	86,0	71,8	26,0	120,0		
Fósforo Total	mg/kg	2.000	1,0	217,0	110,0	NC	118,0	45,3	39,5	49,4	54,3	36,7	19,4	29,7	51,7		

LEGENDA	
Valor	Acima do Nível 2 ou Valor Alerta*
Valor	Entre Nível 1 e 2
Valor	Abaixo do Nível 1 ou Valor Alerta*
Valor	Nível não definido pela Resolução CONAMA 454/12
<LQ	Menor que o Limite de Quantificação
NA	Não Analisado
NC	Não Coletado

Tabela 5.1.5-8 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos J13 ao J25 – 1ª Campanha

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL												
		Nível 1	Nível 2		J13	J14	J15	J16	J17	J18	J19	J20	J21	J22	J23	J24	J25
		254129	254130		254131	254132	254134	255350	255352	255353	255357	257326	257332	257333	257335		
DADOS FÍSICO-QUÍMICOS																	
Data de Coleta	-				24/08/17	24/08/17	24/08/17	24/08/17	24/08/17	25/08/17	25/08/17	25/08/17	25/08/17	28/08/17	28/08/17	28/08/17	28/08/17
Temperatura	°C				28,2	29,6	30,4	29,1	29,3	30,1	29,7	29,5	29,5	31,1	30,3	30,0	30,5
pH	-				6,4	6,9	6,8	7,3	7,2	7,4	7,3	5,9	7,4	7,2	7,2	7,2	7,2
Eh	mV				426,0	462,0	425,0	433,0	382,0	429,0	313,0	313,0	446,0	520,0	430,0	388,0	441,0
Porcentagem de Sólidos	%				82,8	82,8	82,1	81,4	82,6	81,2	82,7	68,8	85,1	80,6	81,9	82,7	80,2
CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA																	
Areia Muito Grossa (2 a 1 mm)	g/kg				289,0	294,0	92,0	0,0	753,0	620,0	125,0	0,0	435,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Areia Grossa (1 a 0,5 mm)	g/kg				533,0	335,0	383,0	213,0	165,0	185,0	244,0	0,0	408,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Areia Média (0,5 a 0,25 mm)	g/kg				173,0	295,0	464,0	645,0	82,0	177,0	320,0	0,0	151,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Areia Fina (0,25 a 0,125 mm)	g/kg				5,0	75,0	61,0	142,0	0,0	18,0	185,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Areia Muito Fina (0,125 a 0,062 mm)	g/kg				0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Silte (0,062 a 0,00394 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	101,0	808,0	0,0	864,0	950,0	846,0	986,0
Argila (0,00394 a 0,0002 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	189,0	0,0	136,0	50,0	154,0	14,0
1ª CAMPANHA DE CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO																	
Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL												
		Nível 1	Nível 2		J13	J14	J15	J16	J17	J18	J19	J20	J21	J22	J23	J24	J25
		254129	254130		254131	254132	254134	255350	255352	255353	255357	257326	257332	257333	257335		
METAIS E SEMI METAIS																	
Arsênio	mg/kg	5,9	17	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	0,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Chumbo	mg/kg	35	91,3	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,2	<LQ	9,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	mg/kg	35,7	197	1,0	1,4	<LQ	1,4	1,4	<LQ	<LQ	24,6	<LQ	1,0	<LQ	1,3	1,1	
Cromo	mg/kg	37,3	90	1,0	77,9	36,8	34,7	33,0	24,8	20,2	11,0	19,3	40,8	49,0	35,8	44,9	49,1
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	0,05	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	mg/kg	18	35,9	1,0	7,6	7,9	4,4	8,3	2,1	4,8	3,6	8,0	12,0	11,1	11,8	15,4	14,6
Zinco	mg/kg	123	315	1,0	8,5	8,7	9,7	12,3	6,0	5,4	5,1	26,4	5,5	4,1	4,1	3,7	4,5
TRIBUTILESTANHO																	
Tributilestano	µg/kg	-	-	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
PESTICIDAS ORGANOCLORADADOS																	
4,4-DDD	µg/kg	3,54	8,51	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
4,4-DDE	µg/kg	1,42	6,75	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
4,4-DDT	µg/kg	1,19	4,77	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
alfa - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
alfa-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
beta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
delta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dieldrin	µg/kg	2,85	6,67	0,18	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Endrin	µg/kg	2,67	62,4	0,18	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
gama - BHC (lindano)	µg/kg	0,94	1,38	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
gama-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
BIFENILAS POLICLORADAS (PCB's)																	
PCB's	µg/kg	34,1	277	3,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HAPs)																	
2-Metilnaftaleno	µg/kg	20,2	201	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acenafteno	µg/kg	6,71	88,9	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,51
Acenaftileno	µg/kg	5,87	128	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Antraceno	µg/kg	46,9	245	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,18
Benzo (a) Antraceno	µg/kg	31,7	385	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) Pireno	µg/kg	31,9	782	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Criseno	µg/kg	57,1	862	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dibenzo (a,h) Antraceno	µg/kg	6,22	135	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantreno	µg/kg	41,9	515	0,29	0,35	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	31,50
Fluoranteno	µg/kg	111	2.355	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,66
Fluoreno	µg/kg	21,2	144	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,03
Naftaleno	µg/kg	34,6	391	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Pireno	µg/kg	53	875	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,40
Somatória de HPAs	µg/kg	1.000	-	2,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	40,30
CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NUTRIENTES																	
Carbono Orgânico Total	%	10	0,05	0,34	0,09	0,46	<LQ	0,06	0,05	0,08	3,29	0,06	0,10	0,07	0,05	0,10	
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4.800	3,2	68,5	49,4	102,0	55,3	19,3	71,5	121,0	352,0	85,9	45,7	74,7	57,1	76,5	
Fósforo Total	mg/kg	2.000	1,0	44,1	34,9	26,3	21,7	21,0	29,2	22,1	59,5	41,1	34,7	27,0	21,6	36,6	

LEGENDA	
Valor	Acima do Nível 2 ou Valor Alerta*
Valor	Entre Nível 1 e 2
Valor	Abaixo do Nível 1 ou Valor Alerta*
Valor	Nível não definido pela Resolução CONAMA 454/12
<LQ	Menor que o Limite de Quantificação

Tabela 5.1.5-9 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos J26 ao J33 – 1ª Campanha

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL							
		Nível 1	Nível 2		J26	J27	J28	J29	J30	J31	J32	J33
					260258	260256	260253	260251	258865	258862	258860	258858
DADOS FÍSICO-QUÍMICOS												
Data de Coleta	-				30/08/17	30/08/17	30/08/17	30/08/17	29/08/17	29/08/17	29/08/17	29/08/17
Temperatura	°C				30,4	30,2	30,1	29,7	30,5	30,7	31,5	30,5
pH	-				7,1	7,3	7,4	7,3	7,2	7,2	7,1	7,2
Eh	mV				379,0	378,0	392,0	382,0	408,0	397,0	430,0	472,0
Porcentagem de Sólidos	%				81,0	80,7	81,5	83,4	83,3	84,3	85,6	86,1
CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA												
Areia Muito Grossa (2 a 1 mm)	g/kg				81,0	167,0	75,0	41,0	0,0	478,0	0,0	0,0
Areia Grossa (1 a 0,5 mm)	g/kg				472,0	387,0	538,0	371,0	0,0	153,0	0,0	0,0
Areia Média (0,5 a 0,25 mm)	g/kg				412,0	409,0	365,0	535,0	0,0	135,0	0,0	0,0
Areia Fina (0,25 a 0,125 mm)	g/kg				35,0	37,0	22,0	53,0	0,0	44,0	0,0	0,0
Areia Muito Fina (0,125 a 0,062 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0
Silte (0,062 a 0,00394 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	989,0	18,0	62,0	914,0
Argila (0,00394 a 0,0002 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	160,0	938,0	86,0
1ª CAMPANHA DE CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO												
Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL							
		Nível 1	Nível 2		J26	J27	J28	J29	J30	J31	J32	J33
					260258	260256	260253	260251	258865	258862	258860	258858
METAIS E SEMI METAIS												
Arsênio	mg/kg	5,9	17	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	0,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Chumbo	mg/kg	35	91,3	1,0	1,2	<LQ	1,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	mg/kg	35,7	197	1,0	15,4	12,5	14,5	14,0	10,0	9,3	7,7	5,9
Cromo	mg/kg	37,3	90	1,0	52,3	41,2	55,5	22,1	70,0	62,2	33,3	31,3
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	0,05	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	mg/kg	18	35,9	1,0	21,3	12,3	16,4	9,2	15,3	12,1	15,2	11,6
Zinco	mg/kg	123	315	1,0	9,0	11,7	12,1	7,6	35,2	36,9	46,1	28,7
TRIBUTILESTANHO												
Tributilestanho	µg/kg	-	-	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
PESTICIDAS ORGANOCLORADOS												
4,4 - DDD	µg/kg	3,54	8,51	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
4,4 - DDE	µg/kg	1,42	6,75	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
4,4 - DDT	µg/kg	1,19	4,77	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
alfa - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
alfa - Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
beta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
delta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dieldrin	µg/kg	2,85	6,67	0,18	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Endrin	µg/kg	2,67	62,4	0,18	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
gama - BHC (lindano)	µg/kg	0,94	1,38	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
gama - Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
BIFENILAS POLICLORADAS (PCB's)												
PCB's	µg/kg	34,1	277	3,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HAPs)												
2-Metilnaftaleno	µg/kg	20,2	201	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acenafteno	µg/kg	6,71	88,9	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,58
Acenaftileno	µg/kg	5,87	128	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,51
Antraceno	µg/kg	46,9	245	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,77
Benzo (a) Antraceno	µg/kg	31,7	385	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,69
Benzo (a) Pireno	µg/kg	31,9	782	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,04
Criseno	µg/kg	57,1	862	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,66
Dibenzo (a,h) Antraceno	µg/kg	6,22	135	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	7,32
Fenantreno	µg/kg	41,9	515	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,80
Fluoranteno	µg/kg	111	2.355	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,15
Fluoreno	µg/kg	21,2	144	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,54
Naftaleno	µg/kg	34,6	391	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,32
Pireno	µg/kg	53	875	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,26
Somatória de HPAs	µg/kg	1.000	-	2,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	49,00
CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NUTRIENTES												
Carbono Orgânico Total	%	10		0,05	0,06	0,05	0,05	0,12	<LQ	<LQ	<LQ	0,07
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4.800		3,2	66,5	184,0	87,5	77,4	93,9	61,0	118,0	71,3
Fósforo Total	mg/kg	2.000		1,0	9,8	13,5	18,6	7,2	38,4	17,8	9,6	7,0

LEGENDA	
Valor	Acima do Nível 2 ou Valor Alerta*
Valor	Entre Nível 1 e 2
Valor	Abaixo do Nível 1 ou Valor Alerta*
Valor	Nível não definido pela Resolução CONAMA 454/12
<LQ	Menor que o Limite de Quantificação

Tabela 5.1.5-10 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos M01 ao M12 – 2ª Campanha

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL											
		Nível 1	Nível 2		M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12
					9787	9789	9791	9792	6491	6490	6487	6484	6481	5013	NC	NC
DADOS FÍSICO-QUÍMICOS																
Data de Coleta	-				11/01/18	11/01/18	11/01/18	11/01/18	09/01/18	09/01/18	09/01/18	09/01/18	09/01/18	07/01/18	NC	NC
Temperatura	°C				29,0	29,4	33,2	31,2	29,2	28,7	29,1	29,9	30,1	29,2	NC	NC
pH	-				6,7	6,5	6,5	6,5	6,2	5,9	5,7	5,6	5,6	6,7	NC	NC
Eh	mV				547,0	607,0	517,0	496,0	613,0	597,0	585,0	599,0	648,0	699,0	NC	NC
Porcentagem de Sólidos	%				81,2	81,1	80,1	82,5	81,5	82,1	82,1	82,4	82,4	84,1	NC	NC
CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA																
Areia Muito Grossa (2 a 1 mm)	g/kg				10,0	74,0	439,0	264,0	138,0	98,0	1,0	102,0	121,0	158,0	NC	NC
Areia Grossa (1 a 0,5 mm)	g/kg				547,0	690,0	475,0	613,0	369,0	457,0	95,0	472,0	626,0	302,0	NC	NC
Areia Média (0,5 a 0,25 mm)	g/kg				442,0	235,0	85,0	122,0	482,0	428,0	627,0	413,0	216,0	446,0	NC	NC
Areia Fina (0,25 a 0,125 mm)	g/kg				1,0	1,0	1,0	1,0	11,0	17,0	268,0	13,0	37,0	92,0	NC	NC
Areia Muito Fina (0,125 a 0,062 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	2,0	NC	NC
Silte (0,062 a 0,00394 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NC	NC
Argila (0,00394 a 0,0002 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NC	NC

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL											
		Nível 1	Nível 2		M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12
					9787	9789	9791	9792	6491	6490	6487	6484	6481	5013	NC	NC
METAIS E SEMI METAIS																
Arsênio	mg/kg	5,9	17	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	0,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Chumbo	mg/kg	35	91,3	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Cobre	mg/kg	35,7	197	1,0	15,8	15,5	10,4	10,8	12,6	16,8	14,8	11,0	9,3	17,4	NC	NC
Cromo	mg/kg	37,3	90	1,0	1,4	1,5	21,5	37,2	3,0	2,2	1,8	2,4	1,9	11,8	NC	NC
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	0,05	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Níquel	mg/kg	18	35,9	1,0	<LQ	<LQ	5,1	5,4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,4	3,6	NC	NC
Zinco	mg/kg	123	315	1,0	7,4	9,8	9,1	7,7	71,6	61,7	45,5	53,3	42,5	14,8	NC	NC
TRIBUTILESTANHO																
Tributilestanho	µg/kg	-	-	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
PESTICIDAS ORGANOCLORADADOS																
4,4 -DDD	µg/kg	3,54	8,51	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
4,4 -DDE	µg/kg	1,42	6,75	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
4,4 -DDT	µg/kg	1,19	4,77	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
alfa - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
alfa-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
beta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
delta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Dieldrin	µg/kg	2,85	6,67	0,18	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Endrin	µg/kg	2,67	62,4	0,18	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
gama - BHC (lindano)	µg/kg	0,94	1,38	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
gama-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
BIFENILAS POLICLORADAS (PCB's)																
PCB's	µg/kg	34,1	277	3,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HAPs)																
2-Metilnaftaleno	µg/kg	20,2	201	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Acenafteno	µg/kg	6,71	88,9	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Acenaftileno	µg/kg	5,87	128	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Antraceno	µg/kg	46,9	245	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Benzo (a) Antraceno	µg/kg	31,7	385	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Benzo (a) Pireno	µg/kg	31,9	782	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Criseno	µg/kg	57,1	862	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Dibenzo (a,h) Antraceno	µg/kg	6,22	135	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Fenantreno	µg/kg	41,9	515	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,38	<LQ	NC	NC
Fluoranteno	µg/kg	111	2.355	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Fluoreno	µg/kg	21,2	144	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Naftaleno	µg/kg	34,6	391	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Pireno	µg/kg	53	875	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
Somatória de HAPs	µg/kg	1.000	-	2,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NC	NC
CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NUTRIENTES																
Carbono Orgânico Total	%	10		0,05	0,08	0,09	0,13	0,29	2,17	2,12	5,69	1,97	3,43	0,16	NC	NC
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4.800		3,2	33,0	37,4	83,0	37,1	208,0	208,0	137,0	85,9	111,0	64,1	NC	NC
Fósforo Total	mg/kg	2.000		1,0	15,3	17,7	35,3	36,1	23,2	21,0	12,6	24,0	30,9	15,4	NC	NC

LEGENDA	
Valor	Acima do Nível 2 ou Valor Alerta*
Valor	Entre Nível 1 e 2
Valor	Abaixo do Nível 1 ou Valor Alerta*
Valor	Nível não definido pela Resolução CONAMA 454/12
<LQ	Menor que o Limite de Quantificação
NC	Não Coletado

Tabela 5.1.5-11 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos M13 ao M23 – 2ª Campanha

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL										
		Nível 1	Nível 2		M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23
					NC	5021	NC	5030	5032	8055	8052	11378	11379	11380	11381
DADOS FÍSICO-QUÍMICOS															
Data de Coleta	-				NC	08/01/18	NC	08/01/18	08/01/18	10/01/18	10/01/18	12/01/18	12/01/18	12/01/18	12/01/18
Temperatura	° C				NC	28,8	NC	30,6	29,4	30,6	29,0	29,4	32,9	29,8	29,0
pH	-				NC	6,6	NC	6,7	6,8	6,5	6,6	6,4	6,2	6,4	6,5
Eh	mV				NC	647,0	NC	725,0	593,0	609,0	234,0	48,0	129,0	91,0	3,0
Porcentagem de Sólidos	%				NC	84,8	NC	82,1	79,2	78,9	74,5	38,8	32,3	25,8	18,6
CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA															
Areia Muito Grossa (2 a 1 mm)	g/kg				NC	157,0	NC	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	321,0	0,0	0,0
Areia Grossa (1 a 0,5 mm)	g/kg				NC	488,0	NC	289,0	19,0	92,0	32,0	0,0	283,0	0,0	0,0
Areia Média (0,5 a 0,25 mm)	g/kg				NC	315,0	NC	628,0	305,0	628,0	317,0	8,0	78,0	0,0	1,0
Areia Fina (0,25 a 0,125 mm)	g/kg				NC	40,0	NC	65,0	625,0	268,0	409,0	42,0	74,0	1,0	10,0
Areia Muito Fina (0,125 a 0,062 mm)	g/kg				NC	0,0	NC	0,0	50,0	12,0	97,0	41,0	66,0	8,0	15,0
Silte (0,062 a 0,00394 mm)	g/kg				NC	0,0	NC	0,0	1,0	0,0	145,0	897,0	178,0	830,0	868,0
Argila (0,00394 a 0,0002 mm)	g/kg				NC	0,0	NC	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	161,0	106,0
METALS E SEMI METALS															
Arsênio	mg/kg	5,9	17	1,0	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,5	4,6	<LQ	4,3
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	0,1	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Chumbo	mg/kg	35	91,3	1,0	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	9,7	10,2	11,0	11,3
Cobre	mg/kg	35,7	197	1,0	NC	20,4	NC	10,7	16,4	13,9	18,6	32,2	30,9	37,3	39,6
Cromo	mg/kg	37,3	90	1,0	NC	25,9	NC	<LQ	1,7	8,6	7,6	27,8	22,2	36,3	34,6
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	0,05	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,083	0,164	0,057	0,078
Níquel	mg/kg	18	35,9	1,0	NC	5,6	NC	<LQ	<LQ	1,6	1,2	10,3	6,3	14,5	13,8
Zinco	mg/kg	123	315	1,0	NC	14,8	NC	14,1	13,3	9,3	9,6	34,0	23,2	40,6	37,8
TRIBUTILESTANHO															
Tributilestano	µg/kg	-	-	1,0	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
PESTICIDAS ORGANOCLORADADOS															
4,4 -DDD	µg/kg	3,54	8,51	0,13	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
4,4-DDE	µg/kg	1,42	6,75	0,13	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
4,4-DDT	µg/kg	1,19	4,77	0,13	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
alfa - BHC	µg/kg	-	-	0,088	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
alfa-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
beta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
delta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dieldrin	µg/kg	2,85	6,67	0,18	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Endrin	µg/kg	2,67	62,4	0,18	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
gama - BHC (lindano)	µg/kg	0,94	1,38	0,088	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
gama-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
BIFENILAS POLICLORADAS (PCB's)															
PCB's	µg/kg	34,1	277	3,5	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HAPs)															
2-Metilnaftaleno	µg/kg	20,2	201	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acenafteno	µg/kg	6,71	88,9	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acenaftileno	µg/kg	5,87	128	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Antraceno	µg/kg	46,9	245	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) Antraceno	µg/kg	31,7	385	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) Pireno	µg/kg	31,9	782	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Criseno	µg/kg	57,1	862	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dibenzo (a,h) Antraceno	µg/kg	6,22	135	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantreno	µg/kg	41,9	515	0,29	NC	0,45	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluoranteno	µg/kg	111	2.355	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluoreno	µg/kg	21,2	144	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Naftaleno	µg/kg	34,6	391	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Pireno	µg/kg	53	875	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Somatória de HAPs	µg/kg	1.000	-	2,6	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NUTRIENTES															
Carbono Orgânico Total	%	10		0,05	NC	0,41	NC	0,11	2,03	0,52	0,28	2,89	8,36	1,94	1,71
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4.800		3,2	NC	103,0	NC	84,2	58,3	99,2	160,0	2.080,0	1.310,0	674,0	534,0
Fósforo Total	mg/kg	2.000		1,0	NC	26,4	NC	9,1	12,6	20,3	35,3	377,0	415,0	621,0	976,0

LEGENDA	
Valor	Acima do Nível 2 ou Valor Alerta*
Valor	Entre Nível 1 e 2
Valor	Abaixo do Nível 1 ou Valor Alerta*
Valor	Nível não definido pela Resolução CONAMA 454/12
<LQ	Menor que o Limite de Quantificação
NC	Não Coletado

Tabela 5.1.5-12 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos J01 ao J12 – 2ª Campanha

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL											
		Nível 1	Nível 2		J01	J02	J03	J04	J05	J06	J07	J08	J09	J10	J11	J12
					NC	13461	NC	13462	13467	13469	13227	13232	13233	13245	13247	13250
DADOS FÍSICO-QUÍMICOS																
Data de Coleta	-				NC	14/01/18	NC	14/01/18	14/01/18	14/01/18	15/01/18	15/01/18	15/01/18	15/01/18	15/01/18	15/01/18
Temperatura	° C				NC	29,0	NC	31,1	29,3	29,2	29,3	29,3	29,8	28,6	29,4	28,8
pH	-				NC	6,9	NC	7,0	7,1	6,9	6,8	6,7	6,8	6,7	6,4	6,4
Eh	mV				NC	543,0	NC	552,0	556,0	541,0	669,0	766,0	671,0	693,0	474,0	581,0
Porcentagem de Sólidos	%				NC	86,5	NC	78,7	84,6	83,5	84,1	85,4	84,2	83,1	83,4	84,0
CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA																
Areia Muito Grossa (2 a 1 mm)	g/kg				NC	192,0	NC	502,0	152,0	71,0	165,0	49,0	298,0	13,0	22,0	139,0
Areia Grossa (1 a 0,5 mm)	g/kg				NC	353,0	NC	427,0	601,0	456,0	464,0	534,0	479,0	251,0	523,0	524,0
Areia Média (0,5 a 0,25 mm)	g/kg				NC	372,0	NC	71,0	224,0	448,0	338,0	404,0	217,0	637,0	444,0	315,0
Areia Fina (0,25 a 0,125 mm)	g/kg				NC	56,0	NC	0,0	23,0	25,0	33,0	13,0	6,0	98,0	11,0	22,0
Areia Muito Fina (0,125 a 0,062 mm)	g/kg				NC	1,0	NC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
Silte (0,062 a 0,00394 mm)	g/kg				NC	26,0	NC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Argila (0,00394 a 0,0002 mm)	g/kg				NC	0,0	NC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL											
		Nível 1	Nível 2		J01	J02	J03	J04	J05	J06	J07	J08	J09	J10	J11	J12
					NC	13461	NC	13462	13467	13469	13227	13232	13233	13245	13247	13250
METAIS E SEMI METAIS																
Arsênio	mg/kg	5,9	17	1,0	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	0,1	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Chumbo	mg/kg	35	91,3	1,0	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	mg/kg	35,7	197	1,0	NC	11,7	NC	9,0	9,4	10,8	8,0	9,1	8,2	6,2	5,8	8,6
Cromo	mg/kg	37,3	90	1,0	NC	64,5	NC	3,0	2,2	1,7	9,2	4,0	2,0	5,3	1,7	2,0
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	0,05	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	mg/kg	18	35,9	1,0	NC	13,7	NC	<LQ	<LQ	<LQ	1,9	<LQ	<LQ	1,3	<LQ	1,4
Zinco	mg/kg	123	315	1,0	NC	34,4	NC	35,1	32,3	40,0	6,5	7,2	13,4	5,6	13,3	18,5
TRIBUTILESTANHO																
Tributilestanho	µg/kg	-	-	1,0	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
PESTICIDAS ORGANOCLORADOS																
4,4 -DDD	µg/kg	3,54	8,51	0,13	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
4,4-DDE	µg/kg	1,42	6,75	0,13	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
4,4-DDT	µg/kg	1,19	4,77	0,13	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
alfa - BHC	µg/kg	-	-	0,088	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
alfa-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
beta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
delta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dieldrin	µg/kg	2,85	6,67	0,18	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Endrin	µg/kg	2,67	62,4	0,18	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
gama - BHC (lindano)	µg/kg	0,94	1,38	0,088	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
gama-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
BIFENILAS POLICLORADAS (PCB's)																
PCB's	µg/kg	34,1	277	3,5	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HAPs)																
2-Metilnaftaleno	µg/kg	20,2	201	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acenafteno	µg/kg	6,71	88,9	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acenaftileno	µg/kg	5,87	128	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Antraceno	µg/kg	46,9	245	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) Antraceno	µg/kg	31,7	385	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) Pireno	µg/kg	31,9	782	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Criseno	µg/kg	57,1	862	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dibenzo (a,h) Antraceno	µg/kg	6,22	135	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantreno	µg/kg	41,9	515	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluoranteno	µg/kg	111	2.355	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluoreno	µg/kg	21,2	144	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Naftaleno	µg/kg	34,6	391	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Pireno	µg/kg	53	875	0,29	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Somatória de HAPs	µg/kg	1.000	-	2,6	NC	<LQ	NC	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NUTRIENTES																
Carbono Orgânico Total	%	10		0,05	NC	0,26	NC	0,09	0,08	0,05	0,07	0,08	0,10	0,05	0,06	0,27
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4.800		3,2	NC	123,0	NC	35,7	34,5	480,0	26,0	28,8	25,2	44,3	24,3	53,4
Fósforo Total	mg/kg	2.000		1,0	NC	48,4	NC	34,3	20,3	17,3	21,7	25,5	17,5	16,7	22,2	44,6

LEGENDA	
Valor	Acima do Nível 2 ou Valor Alerta*
Valor	Entre Nível 1 e 2
Valor	Abaixo do Nível 1 ou Valor Alerta*
Valor	Nível não definido pela Resolução CONAMA 454/12
<LQ	Menor que o Limite de Quantificação
NA	Não Analisado
NC	Não Coletado

Tabela 5.1.5-13 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos J13 ao J25 – 2ª Campanha

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL												
		Nível 1	Nível 2		J13	J14	J15	J16	J17	J18	J19	J20	J21	J22	J23	J24	J25
					14242	14243	14244	18865	18864	18863	18862	18244	18243	15688	15691	15695	15697
DADOS FÍSICO-QUÍMICOS																	
Data de Coleta	-				16/01/18	16/01/18	16/01/18	21/01/18	21/01/18	21/01/18	19/01/18	19/01/18	17/01/18	17/01/18	17/01/18	17/01/18	
Temperatura	°C				29,7	29,6	30,8	32,6	29,7	30,4	30,5	30,2	31,8	32,3	30,9	30,4	
pH	-				6,4	6,8	6,8	5,5	5,7	5,8	5,7	6,9	7,0	6,7	6,5	6,7	
Eh	mV				580,0	605,0	605,0	725,0	704,0	651,0	506,0	769,0	413,0	651,0	649,0	651,0	
Porcentagem de Sólidos	%				81,7	84,6	83,2	82,1	85,2	85,2	83,0	83,9	86,8	81,0	82,1	81,1	
CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA																	
Areia Muito Grossa (2 a 1 mm)	g/kg				431,0	145,0	89,0	129,0	106,0	155,0	12,0	81,0	121,0	61,0	64,0	13,0	156,0
Areia Grossa (1 a 0,5 mm)	g/kg				338,0	579,0	412,0	391,0	438,0	459,0	201,0	502,0	463,0	416,0	600,0	283,0	709,0
Areia Média (0,5 a 0,25 mm)	g/kg				220,0	228,0	462,0	450,0	440,0	349,0	548,0	389,0	384,0	464,0	324,0	617,0	135,0
Areia Fina (0,25 a 0,125 mm)	g/kg				11,0	48,0	37,0	30,0	16,0	37,0	159,0	28,0	32,0	58,0	12,0	86,0	0,0
Areia Muito Fina (0,125 a 0,062 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
Silte (0,062 a 0,00394 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Argila (0,00394 a 0,0002 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

LEGENDA	
Valor ≥ 750	
750 < Valor ≤ 500	
500 < Valor ≤ 250	
250 < Valor ≤ 100	
Valor < 100	

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL												
		Nível 1	Nível 2		J13	J14	J15	J16	J17	J18	J19	J20	J21	J22	J23	J24	J25
					14242	14243	14244	18865	18864	18863	18862	18244	18243	15688	15691	15695	15697
METAIS E SEMI METAIS																	
Arsênio	mg/kg	5,9	17	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	0,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Chumbo	mg/kg	35	91,3	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	mg/kg	35,7	197	1,0	11,6	10,2	10,6	8,5	12,0	10,4	10,8	11,5	12,9	12,3	13,2	13,2	11,5
Cromo	mg/kg	37,3	90	1,0	56,8	1,9	1,8	1,4	21,6	31,6	17,7	1,3	19,0	2,1	3,1	1,4	1,9
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	0,05	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	mg/kg	18	35,9	1,0	11,0	<LQ	<LQ	<LQ	6,1	8,7	7,9	<LQ	5,2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Zinco	mg/kg	123	315	1,0	30,6	33,1	30,0	12,4	14,8	14,8	11,8	12,8	16,3	53,1	42,4	35,6	30,6
TRIBUTILESTANHO																	
Tributilestano	µg/kg	-	-	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
PESTICIDAS ORGANOCLORADOS																	
4,4 -DDD	µg/kg	3,54	8,51	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
4,4-DDE	µg/kg	1,42	6,75	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
4,4-DDT	µg/kg	1,19	4,77	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
alfa - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
alfa-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
beta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
delta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dieldrin	µg/kg	2,85	6,67	0,18	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Endrin	µg/kg	2,67	62,4	0,18	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
gama - BHC (lindano)	µg/kg	0,94	1,38	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
gama-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
BIFENILAS POLICLORADAS (PCB's)																	
PCB's	µg/kg	34,1	277	3,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HAPs)																	
2-Metinaftaleno	µg/kg	20,2	201	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acenafteno	µg/kg	6,71	88,9	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acenaftileno	µg/kg	5,87	128	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Antraceno	µg/kg	46,9	245	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) Antraceno	µg/kg	31,7	385	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) Pireno	µg/kg	31,9	782	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Criseno	µg/kg	57,1	862	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dibenzo (a,h) Antraceno	µg/kg	6,22	135	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantreno	µg/kg	41,9	515	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluoranteno	µg/kg	111	2.355	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluoreno	µg/kg	21,2	144	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Naftaleno	µg/kg	34,6	391	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Pireno	µg/kg	53	875	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Somatória de HAPs	µg/kg	1.000	-	2,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NUTRIENTES																	
Carbono Orgânico Total	%	10		0,05	0,08	0,08	0,06	0,06	0,05	0,07	0,11	0,06	0,09	0,06	0,07	0,06	0,07
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4.800		3,2	42,6	34,2	33,0	30,9	42,4	34,6	58,6	41,1	210,0	33,6	21,4	42,5	17,2
Fósforo Total	mg/kg	2.000		1,0	37,8	14,8	18,0	20,0	31,6	28,1	37,6	21,2	22,2	15,6	30,0	11,0	18,1

LEGENDA	
Valor	Acima do Nível 2 ou Valor Alerta*
Valor	Entre Nível 1 e 2
Valor	Abaixo do Nível 1 ou Valor Alerta*
Valor	Nível não definido pela Resolução CONAMA 454/12
<LQ	Menor que o Limite de Quantificação

Tabela 5.1.5-14 - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e granulométricos analisados nas amostras de sedimentos dos pontos J26 ao J33 – 2ª Campanha

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/12		Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL							
		Nível 1	Nível 2		J26	J27	J28	J29	J30	J31	J32	J33
		18242	18240		18239	17272	17271	17268	17267	17262		
DADOS FÍSICO-QUÍMICOS												
Data de Coleta	-				19/01/18	19/01/18	19/01/18	18/01/18	18/01/18	18/01/18	18/01/18	18/01/18
Temperatura	°C				27,9	28,8	28,4	31,0	32,6	29,6	29,6	28,6
pH	-				6,6	6,8	6,7	6,3	6,3	6,4	6,4	6,7
Eh	mV				650,0	648,0	754,0	671,0	674,0	679,0	797,0	689,0
Porcentagem de Sólidos	%				84,7	84,6	87,9	83,9	84,2	83,1	84,1	83,1
CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA												
Areia Muito Grossa (2 a 1 mm)	g/kg				24,0	43,0	569,0	384,0	152,0	182,0	120,0	40,0
Areia Grossa (1 a 0,5 mm)	g/kg				395,0	403,0	313,0	293,0	566,0	423,0	405,0	400,0
Areia Média (0,5 a 0,25 mm)	g/kg				547,0	499,0	110,0	291,0	276,0	372,0	429,0	517,0
Areia Fina (0,25 a 0,125 mm)	g/kg				34,0	55,0	8,0	32,0	6,0	23,0	46,0	43,0
Areia Muito Fina (0,125 a 0,062 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Silte (0,062 a 0,00394 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Argila (0,00394 a 0,0002 mm)	g/kg				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
METAIS E SEMI METAIS												
Arsênio	mg/kg	5,9	17	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	0,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Chumbo	mg/kg	35	91,3	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	mg/kg	35,7	197	1,0	9,6	8,9	10,2	11,0	9,2	9,8	9,5	10,5
Cromo	mg/kg	37,3	90	1,0	27,8	1,9	47,9	1,5	1,6	3,1	1,3	16,4
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	0,05	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	mg/kg	18	35,9	1,0	6,3	<LQ	7,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	5,1
Zinco	mg/kg	123	315	1,0	8,7	14,8	13,8	13,1	10,6	20,0	9,5	9,6
TRIBUTILESTANHO												
Tributilestanho	µg/kg	-	-	1,0	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
PESTICIDAS ORGANOCLORADOS												
4,4 -DDD	µg/kg	3,54	8,51	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
4,4-DDE	µg/kg	1,42	6,75	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
4,4-DDT	µg/kg	1,19	4,77	0,13	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
alfa - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
alfa-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
beta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
delta - BHC	µg/kg	-	-	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dieldrin	µg/kg	2,85	6,67	0,18	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Endrin	µg/kg	2,67	62,4	0,18	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
gama - BHC (lindano)	µg/kg	0,94	1,38	0,088	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
gama-Clordano	µg/kg	-	-	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
BIFENILAS POLICLORADAS (PCB's)												
PCB's	µg/kg	34,1	277	3,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HAPs)												
2-Metilnaftaleno	µg/kg	20,2	201	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acenafteno	µg/kg	6,71	88,9	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acenaftileno	µg/kg	5,87	128	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Antraceno	µg/kg	46,9	245	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) Antraceno	µg/kg	31,7	385	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Benzo (a) Pireno	µg/kg	31,9	782	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Criseno	µg/kg	57,1	862	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Dibenzo (a,h) Antraceno	µg/kg	6,22	135	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fenantreno	µg/kg	41,9	515	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluoranteno	µg/kg	111	2.355	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluoreno	µg/kg	21,2	144	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Naftaleno	µg/kg	34,6	391	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Pireno	µg/kg	53	875	0,29	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Somatória de HAPs	µg/kg	1.000	-	2,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NUTRIENTES												
Carbono Orgânico Total	%	10		0,05	0,06	0,06	0,10	0,06	0,07	0,07	0,07	0,05
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4.800		3,2	23,0	41,9	16,1	27,6	30,1	31,7	21,5	21,9
Fósforo Total	mg/kg	2.000		1,0	23,2	21,1	39,7	14,3	17,7	19,6	22,9	13,5

LEGENDA	
Valor	Acima do Nível 2 ou Valor Alerta*
Valor	Entre Nível 1 e 2
Valor	Abaixo do Nível 1 ou Valor Alerta*
Valor	Nível não definido pela Resolução CONAMA 454/12
<LQ	Menor que o Limite de Quantificação

Tabela 5.1.5-15 - Resultados das medições de turbidez da coluna d'água nos pontos a montante da UHE Tucuruí

MONTANTE									
Primeira campanha - Estação seca					Segunda campanha - Estação chuvosa				
M01	S	03/09/2017	10:40	2,6	M01	S	11/01/2018	10:38	48,4
	M		NC	NC		M		10:26	47,0
	F		10:25	3,2		F		10:15	49,5
M02	S	03/09/2017	11:37	2,7	M02	S	11/01/2018	11:43	49,3
	M		NC	NC		M		11:33	54,2
	F		11:27	2,7		F		11:25	53,4
M03	S	03/09/2017	12:52	2,0	M03	S	11/01/2018	12:55	42,6
	M		12:45	2,6		M		12:42	42,6
	F		12:31	2,6		F		12:30	41,8
M04	S	03/09/2017	14:47	2,5	M04	S	11/01/2018	15:12	48,0
	M		14:32	2,8		M		14:59	45,4
	F		14:25	3,0		F		14:49	49,8
M05	S	03/09/2017	15:55	3,3	M05	S	09/01/2018	16:26	48,5
	M		15:45	1,7		M		16:16	42,1
	F		15:30	2,7		F		16:05	34,1
M06	S	03/09/2017	16:55	2,6	M06	S	09/01/2018	15:10	43,7
	M		16:45	4,7		M		14:58	39,6
	F		16:35	8,1		F		14:43	46,4
M07	S	04/09/2017	09:25	2,6	M07	S	09/01/2018	NC	NC
	M		NC	NC		M		12:13	41,9
	F		09:15	2,3		F		NC	NC
M08	S	04/09/2017	10:41	3,1	M08	S	09/01/2018	11:41	50,4
	M		10:30	1,7		M		11:28	50,6
	F		10:15	3,5		F		11:18	38,8
M09	S	04/09/2017	12:03	2,0	M09	S	09/01/2018	10:20	49,8
	M		11:51	2,9		M		10:10	47,9
	F		11:35	3,8		F		09:57	39,5
M10	S	04/09/2017	13:08	2,5	M10	S	07/01/2018	10:40	44,6
	M		10:55	2,5		M		10:28	46,9
	F		12:40	3,6		F		10:13	47,5
M11	S	04/09/2017	16:20	3,3	M11	S	07/01/2018	11:58	43,4
	M		16:10	2,9		M		11:48	42,5
	F		16:00	4,0		F		11:40	42,3
M12	S	04/09/2017	17:51	2,8	M12	S	07/01/2018	14:10	40,3
	M		17:43	2,5		M		13:56	42,0
	F		17:35	2,6		F		13:47	40,9
M13	S	06/09/2017	13:20	3,3	M13	S	07/01/2018	15:50	39,8
	M		13:05	3,8		M		15:40	39,2
	F		12:55	8,0		F		15:28	38,8
M14	S	06/09/2017	11:55	2,4	M14	S	08/01/2018	10:30	42,6
	M		11:45	3,3		M		10:17	42,9
	F		11:35	3,8		F		10:07	44,4
M15	S	06/09/2017	10:22	3,0	M15	S	08/01/2018	12:15	42,8
	M		10:12	4,0		M		12:05	44,9
	F		10:00	3,9		F		11:55	44,9
M16	S	05/09/2017	16:02	4,0	M16	S	08/01/2018	14:40	43,4
	M		15:52	5,1		M		14:32	30,8
	F		15:30	11,6		F		14:19	28,2
M17	S	05/09/2017	13:50	4,7	M17	S	08/01/2018	16:20	37,7
	M		13:38	7,6		M		16:10	36,7
	F		13:28	26,9		F		16:00	38,0
M18	S	05/09/2017	12:53	5,1	M18	S	10/01/2018	12:05	41,4
	M		12:43	6,3		M		11:53	40,1
	F		12:33	9,3		F		11:41	42,8
M19	S	05/09/2017	11:40	3,9	M19	S	10/01/2018	10:58	38,1
	M		11:30	4,6		M		10:40	43,0
	F		11:20	25,9		F		10:28	46,5
M20	S	01/09/2017	14:54	3,9	M20	S	12/01/2018	11:11	25,5
	M		14:40	4,3		M		11:01	24,8
	F		14:30	3,7		F		10:49	24,9
M21	S	01/09/2017	12:25	1,6	M21	S	12/01/2018	13:22	9,1
	M		12:15	2,6		M		13:10	7,4
	F		12:02	1,8		F		12:58	9,1
M22	S	31/08/2017	13:25	1,5	M22	S	12/01/2018	15:25	7,6
	M		13:12	1,3		M		15:15	6,1
	F		12:45	1,9		F		15:00	8,5
M23	S	31/08/2017	16:36	1,1	M23	S	12/01/2018	17:20	4,2
	M		16:20	0,5		M		17:10	3,7
	F		16:05	1,4		F		16:55	6,0

Tabela 5.1.5-16 - Resultados das medições de turbidez da coluna d'água nos pontos a montante da UHE Tucuruí

JUSANTE									
Primeira campanha - Estação seca					Segunda campanha - Estação chuvosa				
J01	S	21/08/2017	11:50	4,9	J01	S	14/01/2018	09:39	3,5
	M		11:30	4,5		M		09:30	3,5
	F		11:15	2,5		F		09:20	3,5
J02	S	21/08/2017	14:35	2,9	J02	S	14/01/2018	10:45	3,8
	M		14:20	2,5		M		10:36	3,8
	F		14:00	2,5		F		10:24	3,8
J03	S	21/08/2017	16:50	2,5	J03	S	14/01/2018	11:40	3,8
	M		16:27	1,9		M		11:27	3,9
	F		16:05	1,6		F		11:15	4,0
J04	S	22/08/2017	09:35	3,4	J04	S	14/01/2018	12:51	3,6
	M		08:40	3,3		M		12:43	3,8
	F		09:10	3,4		F		12:32	3,7
J05	S	22/08/2017	11:07	2,9	J05	S	14/01/2018	15:10	4,2
	M		10:50	3,1		M		14:55	4,0
	F		11:25	2,7		F		14:40	3,9
J06	S	22/08/2017	14:15	3,5	J06	S	14/01/2018	16:04	4,2
	M		13:55	2,9		M		15:00	4,4
	F		13:28	2,7		F		15:40	4,3
J07	S	22/08/2017	15:40	3,0	J07	S	15/01/2018	09:47	3,8
	M		15:20	3,0		M		09:35	3,8
	F		15:00	2,7		F		09:25	3,9
J08	S	22/08/2017	09:40	1,9	J08	S	15/01/2018	10:48	4,2
	M		09:25	2,3		M		10:37	4,1
	F		09:10	2,1		F		10:20	4,2
J09	S	23/08/2017	11:27	5,4	J09	S	15/01/2018	11:46	4,3
	M		11:12	13,5		M		11:34	4,3
	F		11:05	14,8		F		11:20	4,2
J10	S	23/08/2017	16:47	2,5	J10	S	15/01/2018	12:51	4,5
	M		16:35	2,1		M		12:38	4,2
	F		16:24	2,2		F		12:25	4,3
J11	S	23/08/2017	15:50	2,1	J11	S	15/01/2018	14:47	4,6
	M		15:40	2,0		M		14:34	4,4
	F		15:25	2,0		F		14:20	4,3
J12	S	23/08/2017	14:20	2,1	J12	S	15/01/2018	15:50	4,7
	M		14:10	3,1		M		15:35	4,2
	F		14:00	2,4		F		15:20	4,6
J13	S	24/08/2017	10:45	3,5	J13	S	16/01/2018	11:01	3,7
	M		10:30	2,2		M		10:49	3,6
	F		10:05	3,0		F		10:35	3,7
J14	S	24/08/2017	11:40	2,0	J14	S	16/01/2018	11:57	4,0
	M		11:30	2,2		M		11:43	3,8
	F		11:10	2,6		F		11:30	3,8
J15	S	25/08/2017	12:46	2,4	J15	S	16/01/2018	12:48	3,7
	M		12:38	3,0		M		12:37	3,8
	F		12:23	2,3		F		12:24	3,7
J16	S	23/08/2017	14:30	2,8	J16	S	21/01/2018	14:33	4,8
	M		NC	NC		M		NC	NC
	F		14:10	2,2		F		14:15	4,4
J17	S	23/08/2017	NC	NC	J17	S	21/01/2018	13:58	4,9
	M		15:00	2,9		M		NC	NC
	F		NC	NC		F		13:45	5,0
J18	S	25/08/2017	11:00	1,8	J18	S	21/01/2018	12:37	4,7
	M		10:47	2,5		M		12:25	5,1
	F		10:30	2,1		F		12:10	5,0
J19	S	25/08/2017	12:30	1,7	J19	S	21/01/2018	11:39	4,7
	M		12:20	2,3		M		11:25	4,4
	F		11:52	2,6		F		11:10	4,7
J20	S	25/08/2017	14:55	2,4	J20	S	19/01/2018	15:16	5,5
	M		14:40	2,2		M		15:06	5,4
	F		14:25	2,2		F		14:55	5,3
J21	S	25/08/2017	16:00	3,4	J21	S	19/01/2018	14:12	4,0
	M		NC	NC		M		14:00	3,9
	F		15:50	2,5		F		13:50	4,5
J22	S	28/08/2017	11:10	1,6	J22	S	17/01/2018	11:59	4,7
	M		11:00	1,7		M		11:48	4,0

JUSANTE									
Primeira campanha - Estação seca					Segunda campanha - Estação chuvosa				
	F		10:20	1,7		F		11:38	4,4
J23	S	28/08/2017	12:25	1,8	J23	S	17/01/2018	13:20	4,0
	M		12:15	2,0		M		13:10	4,4
	F		12:10	2,1		F		13:00	4,5
J24	S	28/08/2017	13:30	2,0	J24	S	17/01/2018	14:35	4,4
	M		13:15	1,8		M		14:25	5,4
	F		13:05	2,2		F		14:15	4,1
J25	S	28/08/2017	14:35	1,9	J25	S	17/01/2018	15:25	5,3
	M		14:24	2,1		M		15:13	5,0
	F		14:12	2,0		F		15:00	5,1
J26	S	30/08/2017	12:37	1,6	J26	S	19/01/2018	11:24	4,4
	M		12:22	1,7		M		11:14	4,8
	F		12:10	1,6		F		11:03	4,4
J27	S	30/08/2017	11:35	1,6	J27	S	19/01/2018	10:35	4,5
	M		11:20	2,1		M		10:25	4,4
	F		11:12	2,0		F		10:13	4,4
J28	S	30/08/2017	10:21	1,6	J28	S	19/01/2018	09:39	4,2
	M		10:08	1,6		M		09:28	4,2
	F		10:00	1,7		F		09:18	4,5
J29	S	30/08/2017	09:10	1,7	J29	S	18/01/2018	13:35	4,6
	M		08:53	1,7		M		13:24	4,1
	F		08:45	1,8		F		13:10	4,3
J30	S	30/08/2017	13:05	1,6	J30	S	18/01/2018	12:40	5,0
	M		12:53	1,9		M		12:24	4,7
	F		12:48	1,7		F		12:01	4,7
J31	S	29/08/2017	12:10	2,0	J31	S	18/01/2018	11:18	4,8
	M		12:05	1,8		M		11:07	5,1
	F		11:58	1,7		F		10:54	4,7
J32	S	29/08/2017	11:20	1,7	J32	S	18/01/2018	10:20	5,1
	M		11:07	2,5		M		10:10	6,2
	F		10:58	1,8		F		09:58	4,5
J33	S	29/08/2017	09:58	1,6	J33	S	18/01/2018	09:25	5,3
	M		09:45	1,8		M		09:15	5,4
	F		09:30	1,8		F		09:03	4,4

5.1.5.3.1 Parâmetros físicos

5.1.5.3.1.1 Granulometria

A granulometria está intimamente relacionada à avaliação das características mineralógicas que compõem a matriz, de forma a constatar a presença de areia, silte e argila e auxilia no processo de identificação da presença de contaminantes.

Na primeira campanha, realizada na estação seca, a análise granulométrica dos sedimentos indicou que houve variações dos tipos de grãos de acordo com os trechos do rio. Nos trechos a montante, a areia, principalmente as grossas e médias, foi predominante no Trecho 1 (**Figura 5.1.5-6**), do ponto M01 ao M10, e em parte do Trecho 2 (**Figura 5.1.5-6**), no ponto M13 e M15. Não houve coleta de sedimentos nos pontos M11, M12 e M14, uma vez que havia apenas rochas nesses pontos (**Figura 5.1.5-6**). Em todo o Trecho reservatório (**Figura 5.1.5-6**), do ponto M18 ao M23, somado aos pontos M16 e M17 do Trecho 2, houve a predominância do silte nas amostras (**Figura 5.1.5-6**). No trecho 3, a jusante (**Figura 5.1.5-7**), o predomínio foi de areia do ponto J03 até o ponto J19. Nos pontos J01 e J02 não houve coleta, pois havia apenas rochas no local. Os sedimentos dos pontos J20 ao J25 apresentaram predomínio de silte, exceto o ponto J21, cujo predomínio foi areia. Do ponto J26 ao J29, novamente o predomínio foi areia, porém nos demais pontos, J30 ao J33, houve maior variação entre os pontos, sendo o J30 e o J33 siltosos, J31 com predomínio de areia frações mais finas como a argila, e o ponto J32 predominantemente argiloso (**Figura 5.1.5-7**).

Na segunda campanha, realizada na estação chuvosa, diferentemente da primeira campanha, a análise granulométrica dos sedimentos apontou que houve poucas variações dos tipos de grãos. Nos Trechos 1 e 2 e início do Trecho Reservatório a montante da UHE Tucuruí houve predomínio de areia, grossa ou média dependendo do local. Os pontos localizados mais ao centro do Trecho Reservatório, M20 e M23, o predomínio foi de sedimentos siltosos (**Figura 5.1.5-8**), exceto pelo ponto M21 cujo predominância foi de areia com uma parcela menor de silte. Em todo o Trecho 3, a jusante (**Figura 5.1.5-9**), o predomínio foi de areia, média e grossa (**Figura 5.1.5-9**).

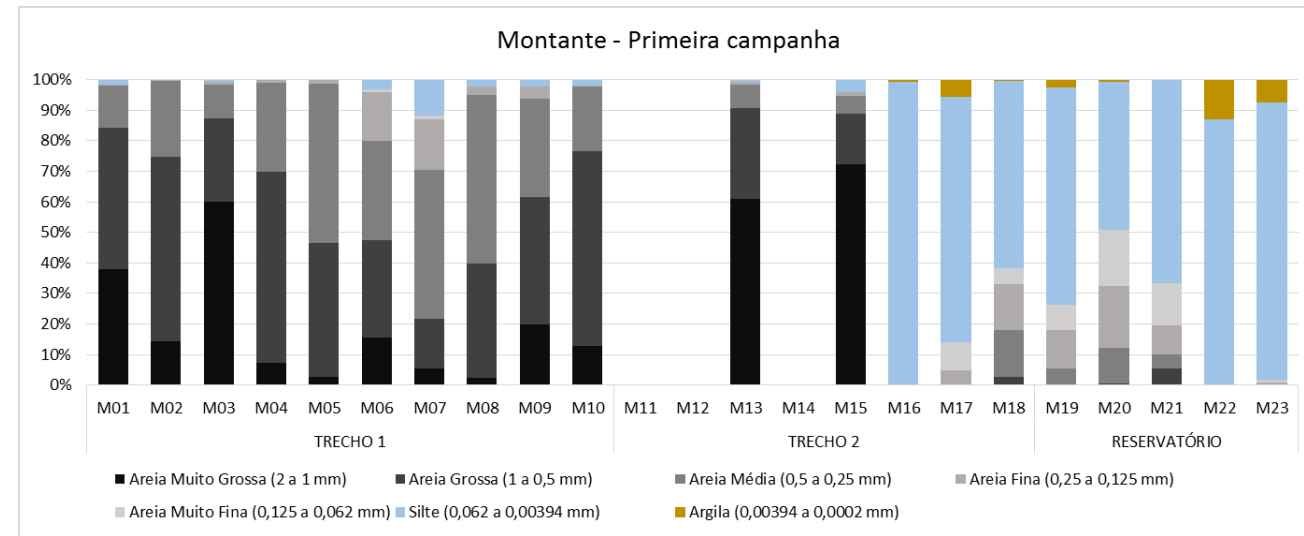
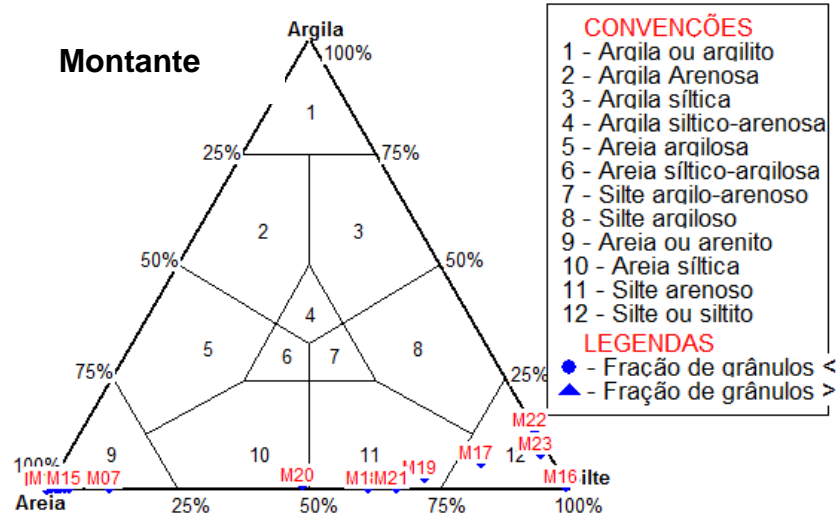


Figura 5.1.5-6 - Resultados da granulometria da 1ª Campanha, a montante da UHE Tucuruí. À esquerda, diagrama de classificação dos sedimentos de Shepard (1954) e à direita, porcentagem de grãos em cada ponto

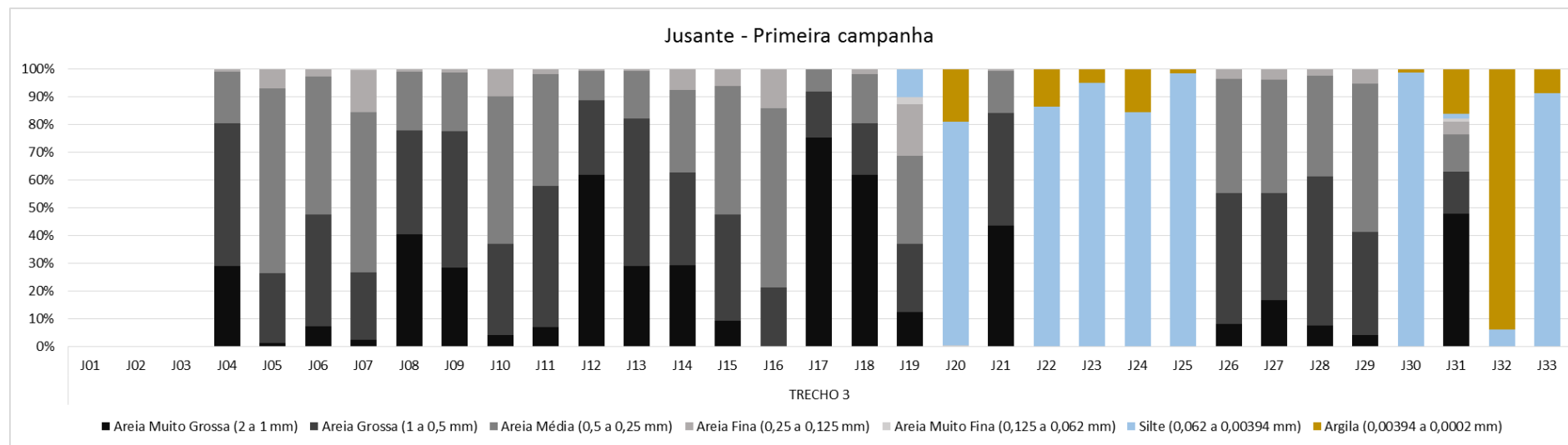
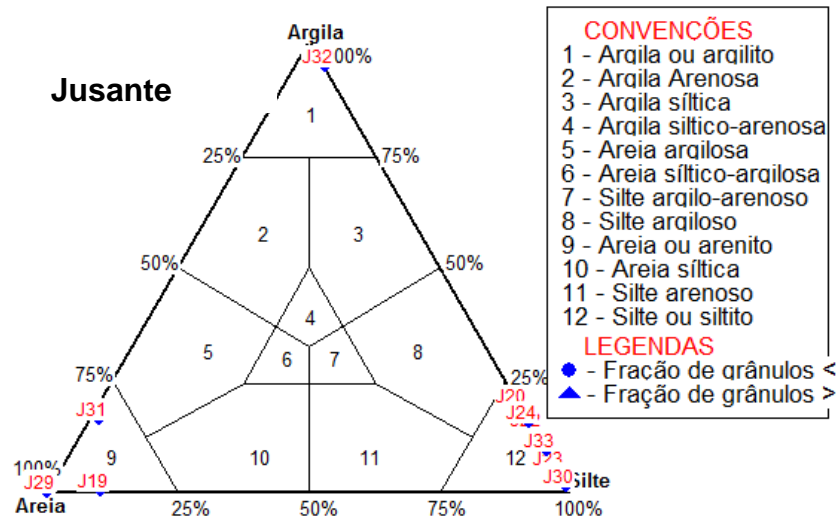


Figura 5.1.5-7 - Resultados da granulometria da 1ª Campanha, a jusante da UHE Tucuruí. À esquerda, diagrama de classificação dos sedimentos de Shepard (1954) e à direita, porcentagem de grãos em cada ponto

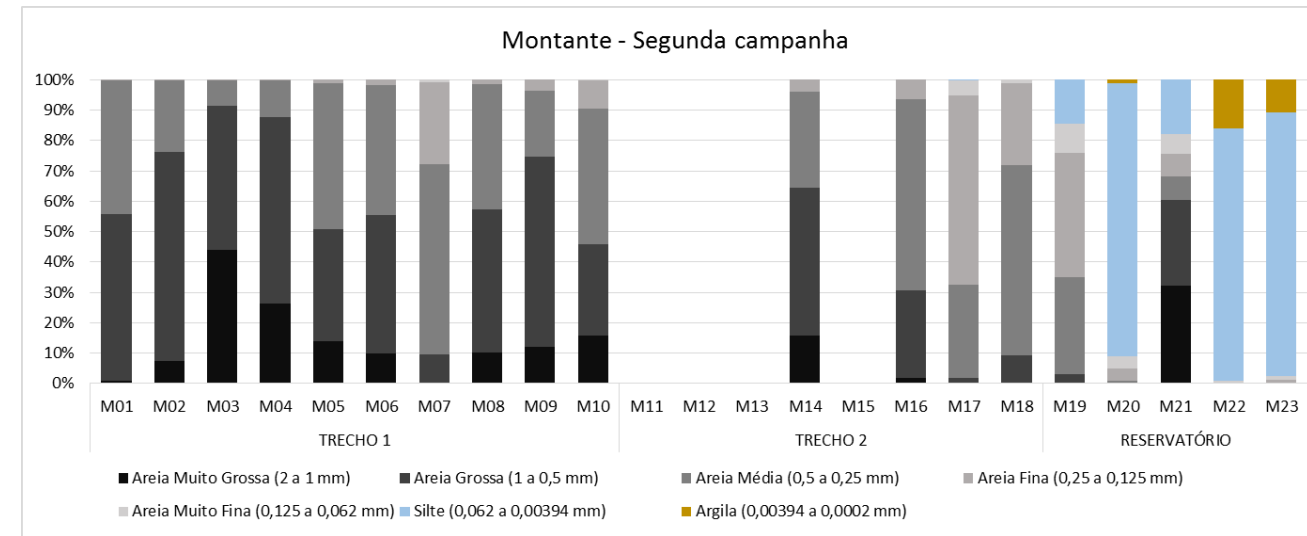
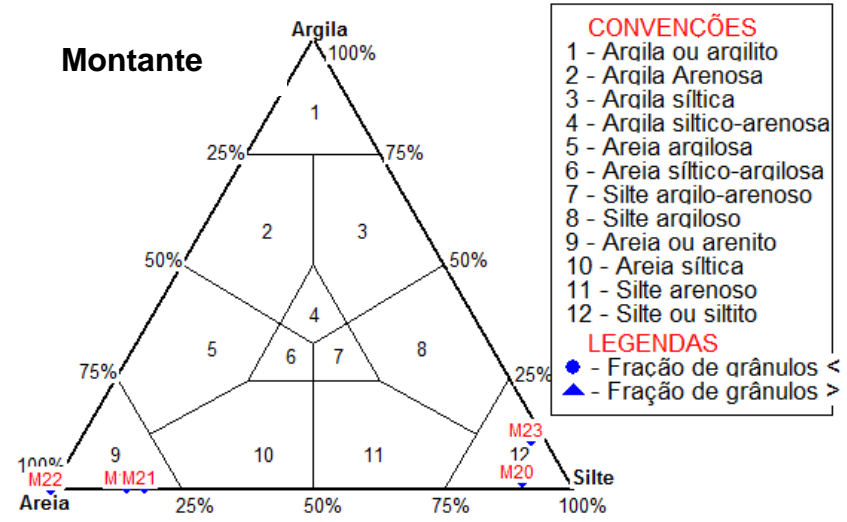


Figura 5.1.5-8 - Resultados da granulometria da 2ª Campanha, a montante da UHE Tucuruí. À esquerda, diagrama de classificação dos sedimentos de Shepard (1954) e à direita, porcentagem de grão em cada ponto

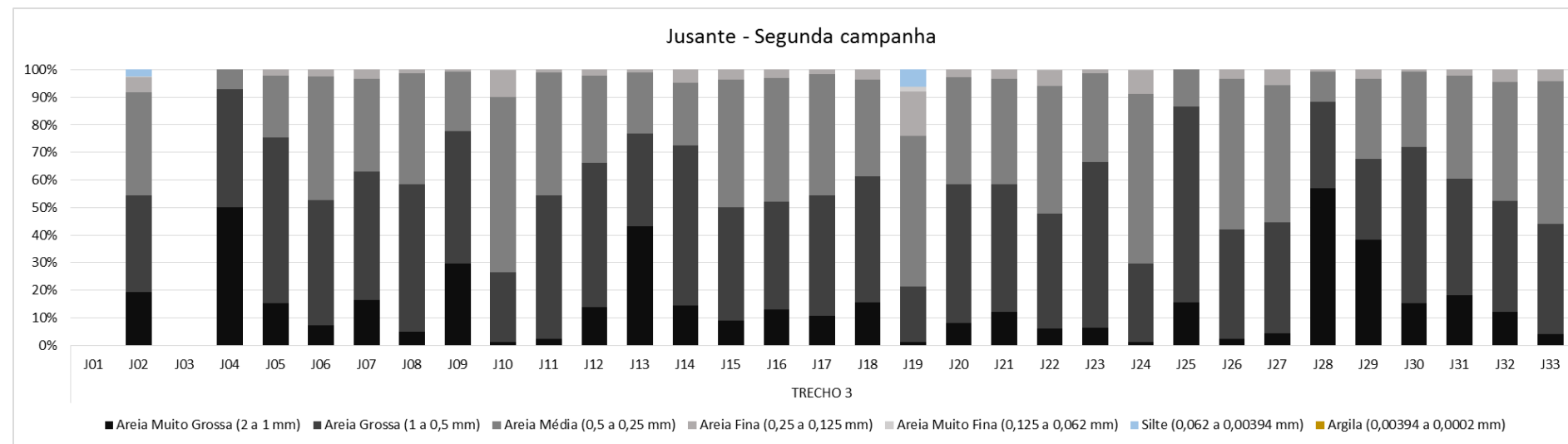
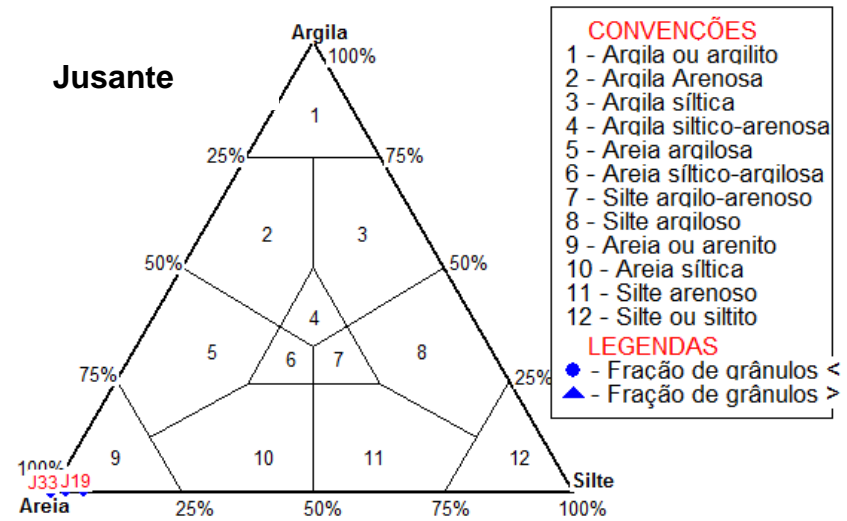


Figura 5.1.5-9 - Resultados da granulometria da 2ª Campanha, a jusante da UHE Tucuruí. À esquerda, diagrama de classificação dos sedimentos de Shepard (1954) e à direita, porcentagem de grão em cada ponto

5.1.5.3.1.2 Porcentagem de sólidos

A porcentagem de sólidos contido nas amostras da primeira campanha, a montante da hidrelétrica, indicou pequena variação ao longo dos Trecho 1 e parte do Trecho 2, com percentuais entre 80 e 90% de sólidos presentes nas amostras. No final do Trecho 2 (ponto M16 ao M18), e no Trecho Reservatório ocorreu uma queda expressiva na porcentagem de sólidos, com percentuais que variaram entre 20 e 60% de sólidos, aproximadamente (**Figura 5.1.5-10**). No Trecho 3, a jusante, houve pequena variação, com percentuais entre 80 a 90% de sólidos presentes nas amostras, exceto pelo ponto J20, cuja porcentagem foi de 68,8% (**Figura 5.1.5-11**).

Os resultados obtidos nas amostras a montante, na segunda campanha, foram semelhantes aos resultados da primeira, com percentuais entre 80 e 90% de sólidos presentes nas amostras do Trecho 1 e parte do Trecho 2, Ponto M16, porém com uma redução muito sutil até o ponto M19, início do Trecho Reservatório, com percentual de 74,5%. No Trecho Reservatório a queda expressiva desta vez ocorre a partir dos pontos M20, com percentuais que variaram entre 15 e 40%, aproximadamente (**Figura 5.1.5-10**). Por outro lado, no Trecho 3, a jusante, os percentuais foram muito semelhantes à primeira campanha, entre 80 a 90% de sólidos presentes nas amostras, exceto no ponto J04, cujo percentual foi de 78,7% (**Figura 5.1.5-11**).

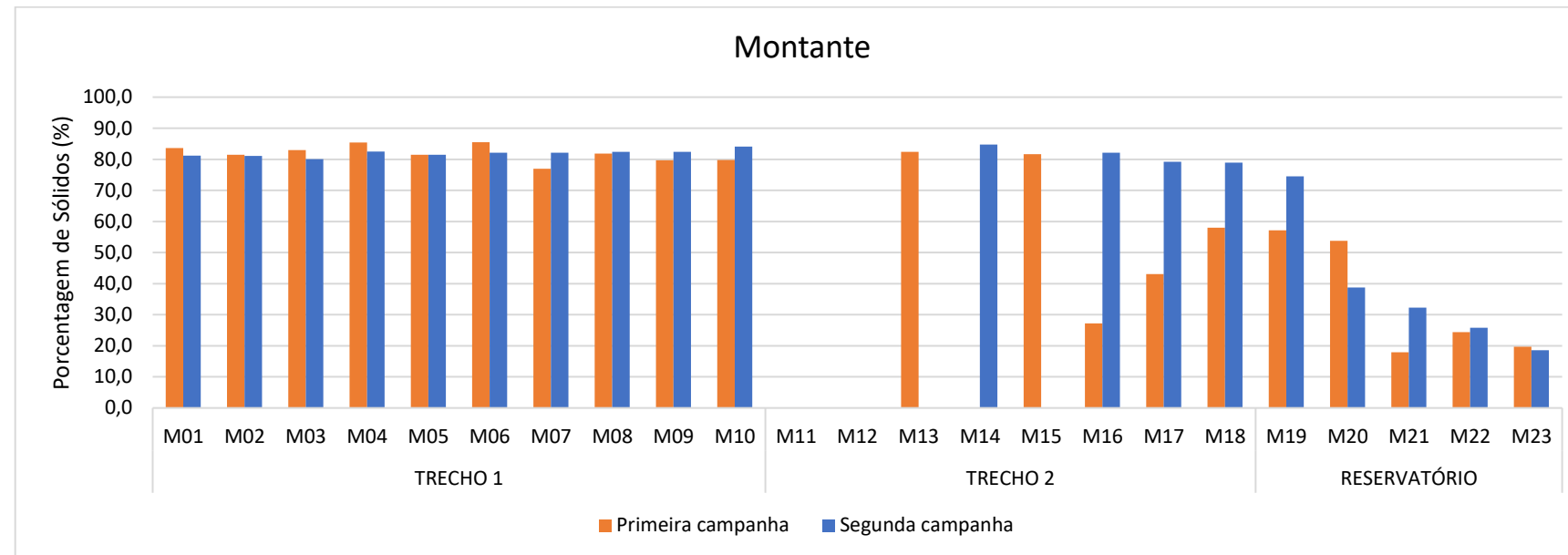


Figura 5.1.5-10 - Porcentagem (%) de sólidos nas amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí.

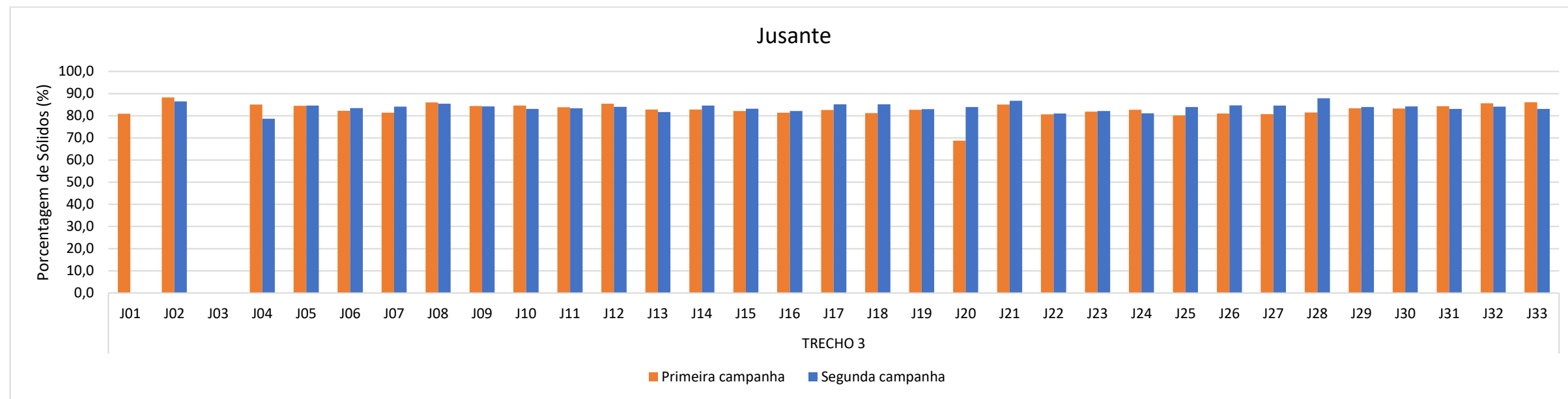


Figura 5.1.5-11 - Porcentagem (%) de sólidos nas amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí

5.1.5.3.1.3 Turbidez

Na primeira campanha, na maioria dos pontos a montante da UHE Tucuruí foram registrados valores baixos de turbidez, nas três camadas da coluna d'água, (superfície, meio e fundo), sendo o valor médio de turbidez 4,2 NTU. Apenas as medições de fundo dos pontos M17 e M19 indicaram valores maiores, 26,9 e 25,9 NTU, respectivamente (**Figura 5.1.5-12**). A jusante, em todos os pontos os valores de turbidez foram ainda mais baixos, quando comparados aos valores de turbidez a montante, com de média 2,6 NTU. Apenas as camadas do meio e do fundo do ponto J09 apresentaram valores de turbidez mais elevados, 13,5 e 14,8 NTU, respectivamente (**Figura 5.1.5-13**).

Na segunda campanha os registros de turbidez obtidos a montante foram consideravelmente maiores, desde o Trecho 1 até a o início do Trecho reservatório, no ponto M19. Os valores médios registrados até o ponto M19 foram de 43,3 NTU, reduzindo para 32,3 NTU no ponto M20 e para 9 NTU nos demais pontos do Trecho Reservatório. Diferentemente da primeira campanha, foi possível identificar um gradiente de estratificação da turbidez na coluna d'água na maioria dos pontos, sendo menos turvo na superfície e mais turvo no fundo (**Figura 5.1.5-12**). Os resultados do trecho a jusante da hidrelétrica foram pouco mais elevados na segunda campanha, com valores de turbidez em torno de 4,4 NTU (**Figura 5.1.5-13**).

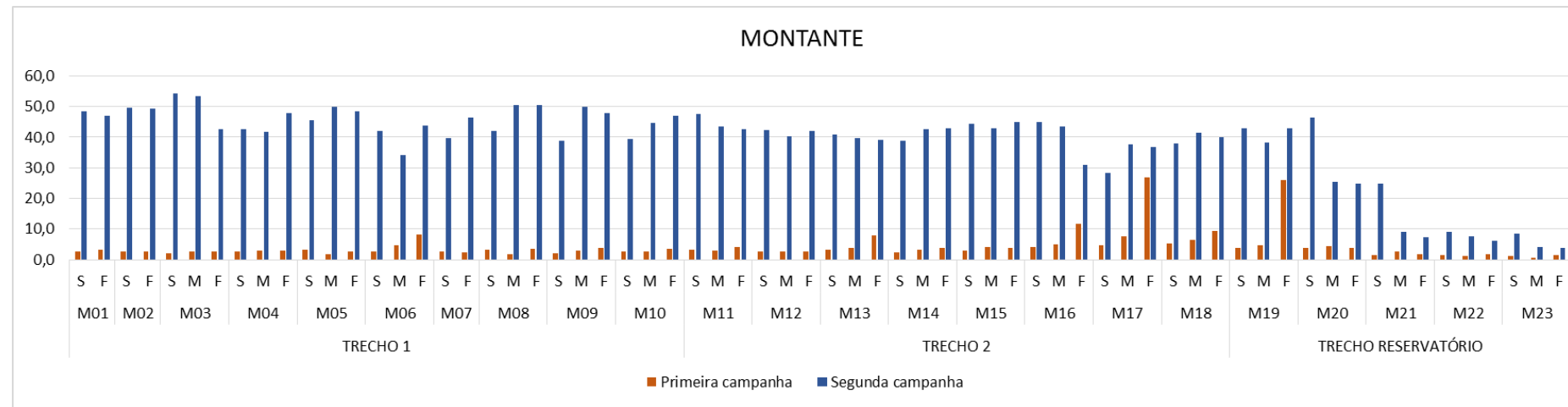


Figura 5.1.5-12 - Turbidez (NTU) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí.

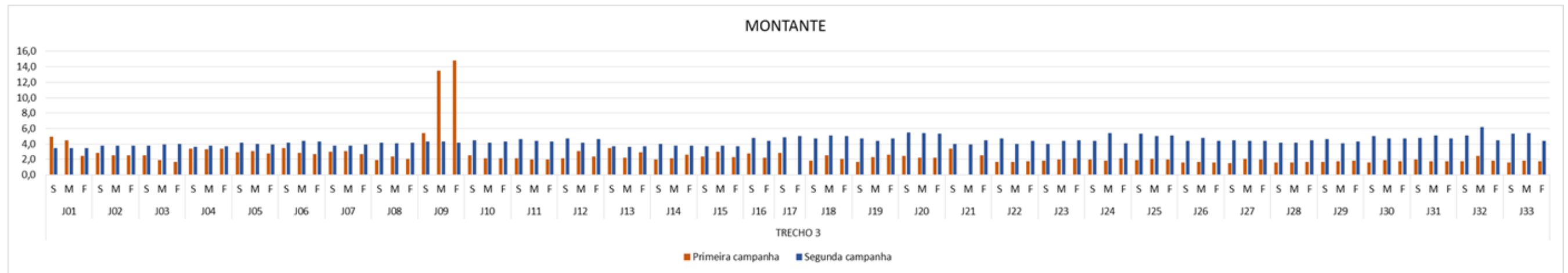


Figura 5.1.5-13 - Turbidez (NTU) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí

5.1.5.3.2 Parâmetros físico-químicos

5.1.5.3.2.1 Temperatura

Na primeira campanha a temperatura média registrada nas amostras de sedimentos nos trechos a montante da hidrelétrica foi 30,4 °C, com pequena variação entre 28,6 e 32,3°C (**Figura 5.1.5-14**). A jusante, no Trecho 3, a temperatura média foi de 29,9 °C, também com pequena variação entre 28,2 a 31,9°C (**Figura 5.1.5-15**).

Na segunda campanha os resultados foram semelhantes aos da primeira, notando-se pequena redução a montante, com uma média de 29,94 °C para os três trechos (**Figura 5.1.5-14**). No trecho 3, a jusante, a temperatura média também foi de 29,99 °C, valor praticamente igual à primeira campanha (**Figura 5.1.5-15**).

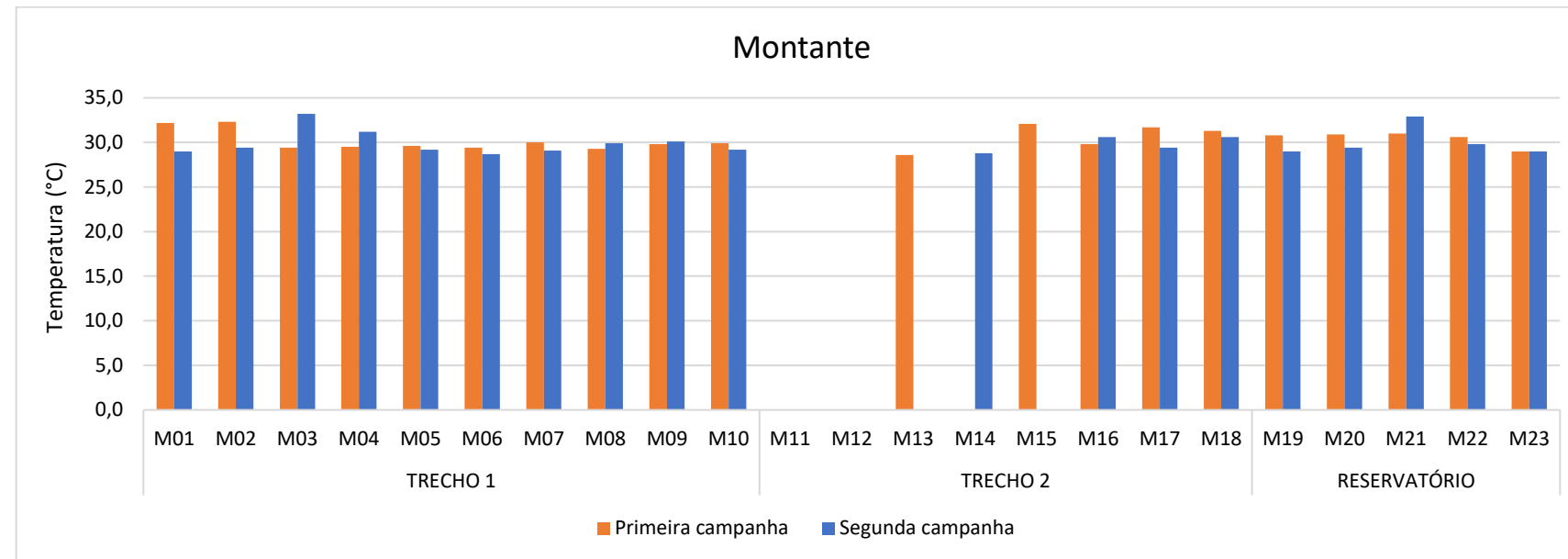


Figura 5.1.5-14 - Temperatura (°C) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí.

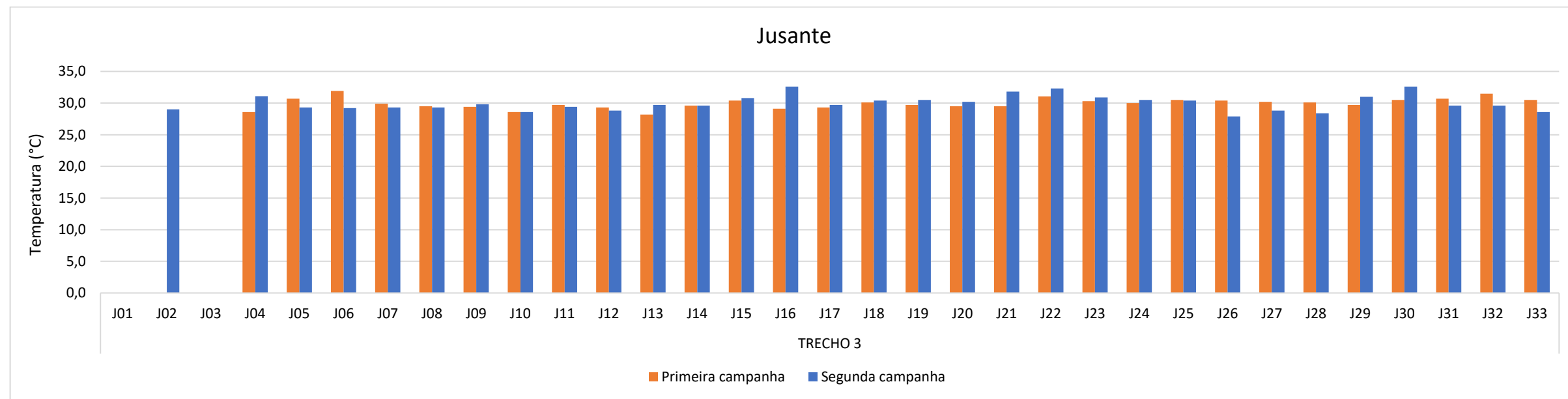


Figura 5.1.5-15 - Temperatura (°C) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí

5.1.5.3.2.2 pH

De maneira geral, o pH dos sedimentos apresentou valores em torno de 7,0 nos trechos a montante da hidrelétrica na primeira campanha, variando entre 6,5 e 7,7 (**Figura 5.1.5-16**). Por outro lado, no Trecho 3 a jusante, houve maior variação, com valores entre 5,0 e 6,0 no início do trecho, entre os pontos J04 e J08, aumentando para valores entre 6,0 e 7,0 entre os pontos J09 e J15 e permanecendo entre 7,0 e 7,5 no demais pontos. O ponto J20 foi a exceção da parte central do trecho, com valor de 5,92 (**Figura 5.1.5-17**).

Na segunda campanha, nos trechos a montante, os valores médios de pH foram mais baixos (6,3), quando comparados a primeira campanha, variando entre 5,6 e 6,8 (**Figura 5.1.5-16**). Da mesma forma ocorreu no Trecho 3, a jusante, cujo valor médio foi de 6,5, variando entre 5,5 e 7,1. Os pontos centrais do trecho, entre J16 e J19, apresentaram valores inferiores a 6,0. Os demais pontos do trecho registraram valores entre 6,3 e 7,1 (**Figura 5.1.5-17**).

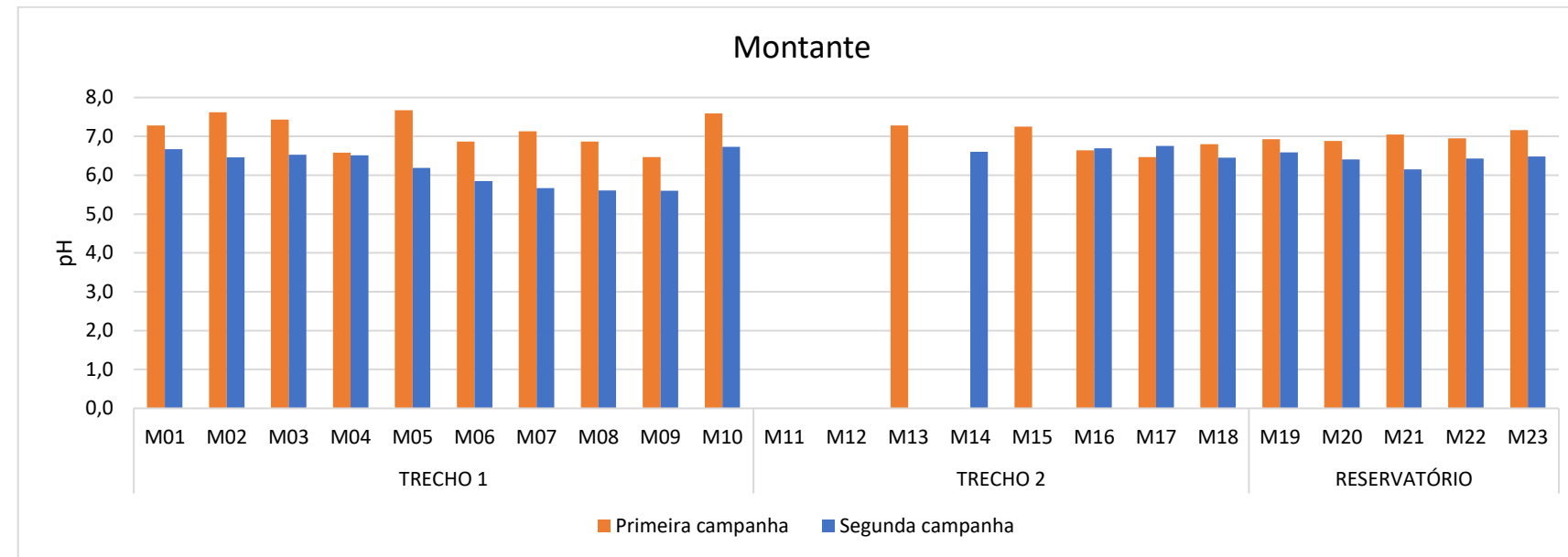


Figura 5.1.5-16 - pH das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí.

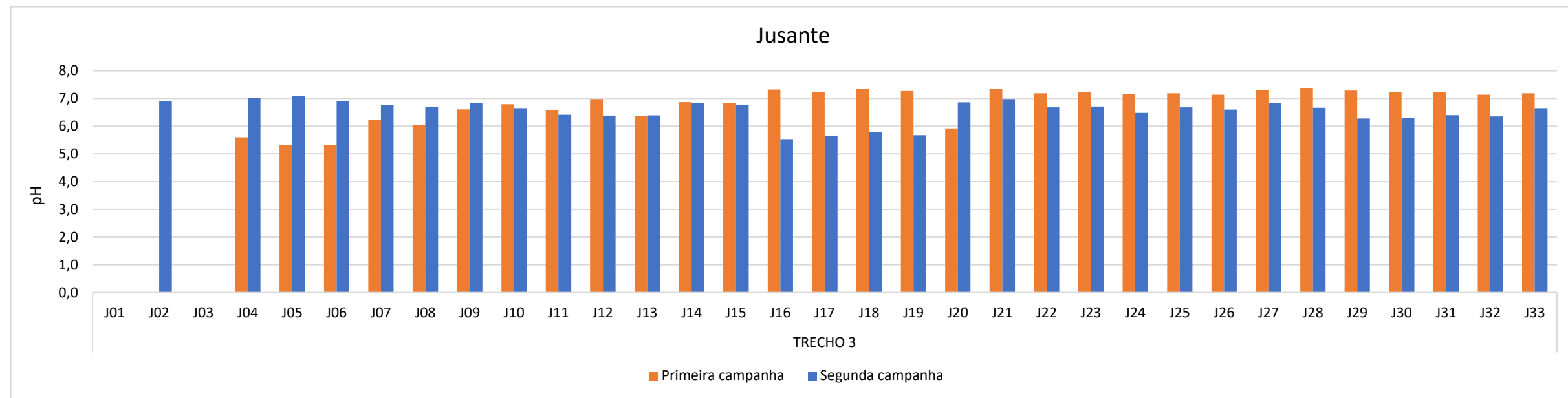


Figura 5.1.5-17 - pH das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí

5.1.5.3.2.3 Potencial redox

O potencial redox na primeira campanha, a montante da UHE Tucuruí, foi caracterizado como moderadamente reduzido em todo o Trecho 1 e parte do Trecho 2 (M11 ao M15), registrando-se valores entre 196 e 388 mV. A partir do ponto M16 a condição dos sedimentos passa para reduzida com valores entre 27 e 88 mV, exceto no ponto M22 cujo valor medido foi 239 mV (**Figura 5.1.5-18**). A jusante, os valores medidos estiveram entre 313 e 559 mV, caracterizando-se como transição entre moderadamente reduzido e oxidado (**Figura 5.1.5-19**).

Na segunda campanha, de maneira geral, os valores de Eh foram superiores aos valores registrados na primeira campanha, estando entre 496 e 725 mV nos Trechos 1 e 2, que os caracteriza como oxidados. No Trecho Reservatório os valores de Eh estiveram entre 3 e 234 mV, na transição entre reduzidos e moderadamente reduzidos (**Figura 5.1.5-18**). A jusante, também foi observada a elevação dos valores de Eh em relação à primeira campanha, com características oxidadas em todos os pontos (**Figura 5.1.5-19**).

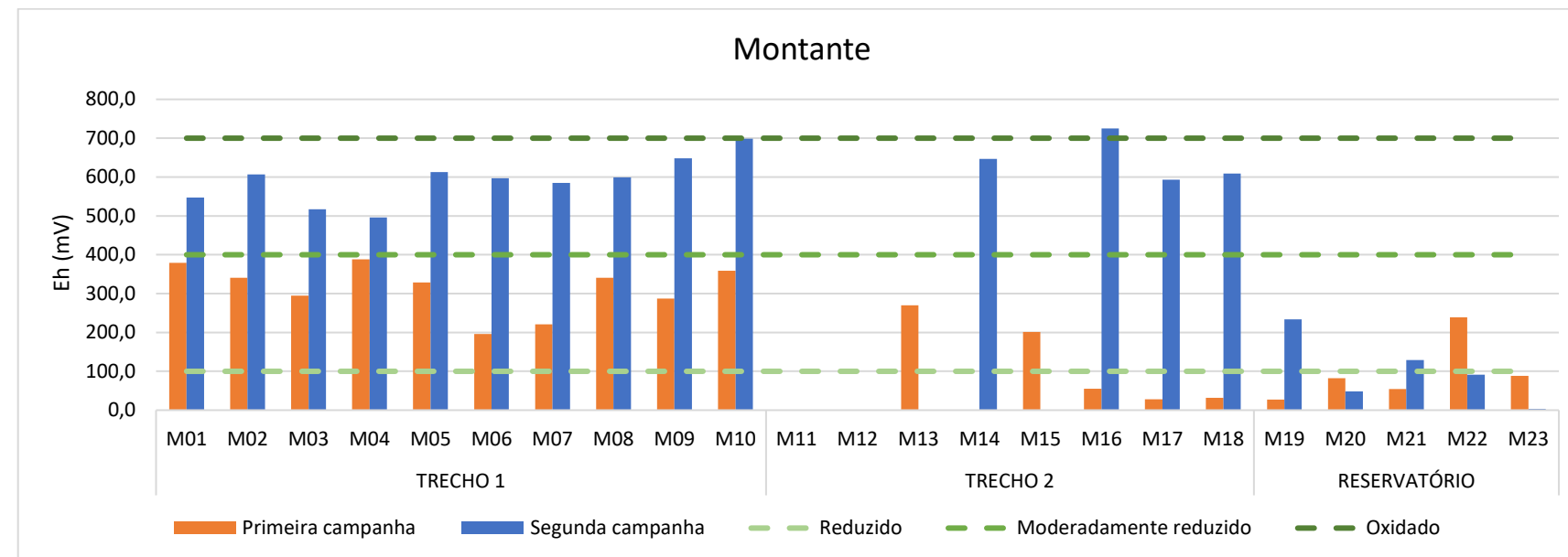


Figura 5.1.5-18 - Eh (mV) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí.

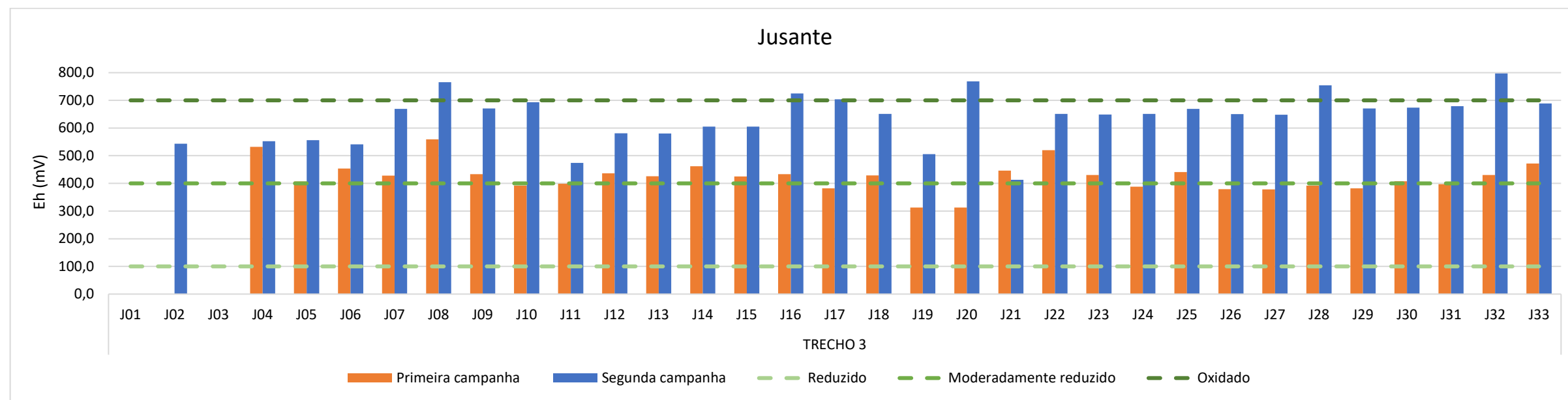


Figura 5.1.5-19 - Eh (mV) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí

5.1.5.3.2.4 Nutrientes

Carbono orgânico total

Os valores de carbono orgânico total (COT) ficaram abaixo do valor orientador da Resolução CONAMA N° 454/2012 (10%) em todos os pontos de amostragem nas duas campanhas realizadas.

Na primeira campanha, a montante da UHE Tucuruí, os valores de carbono orgânico total (COT) foram mais elevados no final do Trecho 2 (1,5%) e em todo o Trecho Reservatório (2%). Os demais pontos apresentaram percentuais muito baixos quando comparados ao limite legal (**Figura 5.1.5-20**). A jusante da hidrelétrica, os valores foram muito baixos também. Apenas no ponto J20 ocorreu o percentual de 3,3% (**Figura 5.1.5-21**).

Na segunda campanha, a montante, no Trecho 1 os percentuais de COT foram mais elevados entre os pontos M5 e M9, variando entre 2,0 e 5,7%. No final do Trecho 2 e em todo o Trecho Reservatório os valores foram ainda mais elevados, com destaque para o ponto M21, cujo resultado foi 8,4%, próximo do limite legal (**Figura 5.1.5-20**). Assim como na primeira campanha, os valores de COT foram muito baixos nos pontos a jusante da hidrelétrica (**Figura 5.1.5-21**).

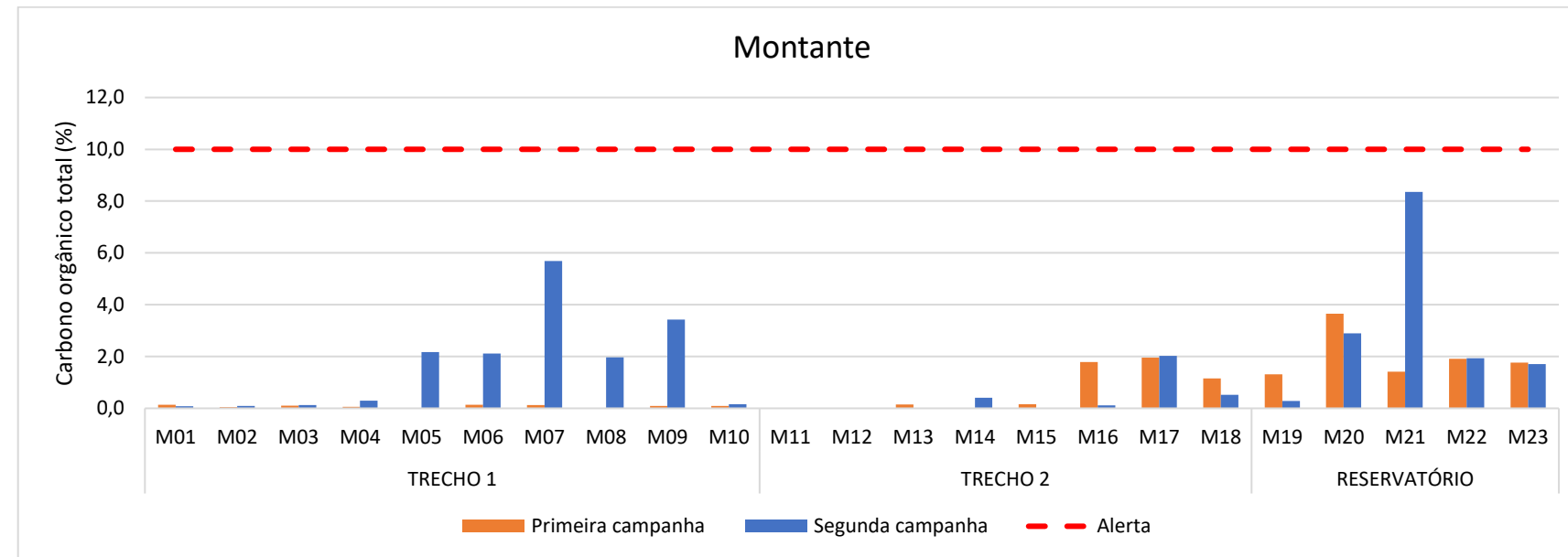


Figura 5.1.5-20 – Carbono orgânico total (%) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí e valor alerta da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha)

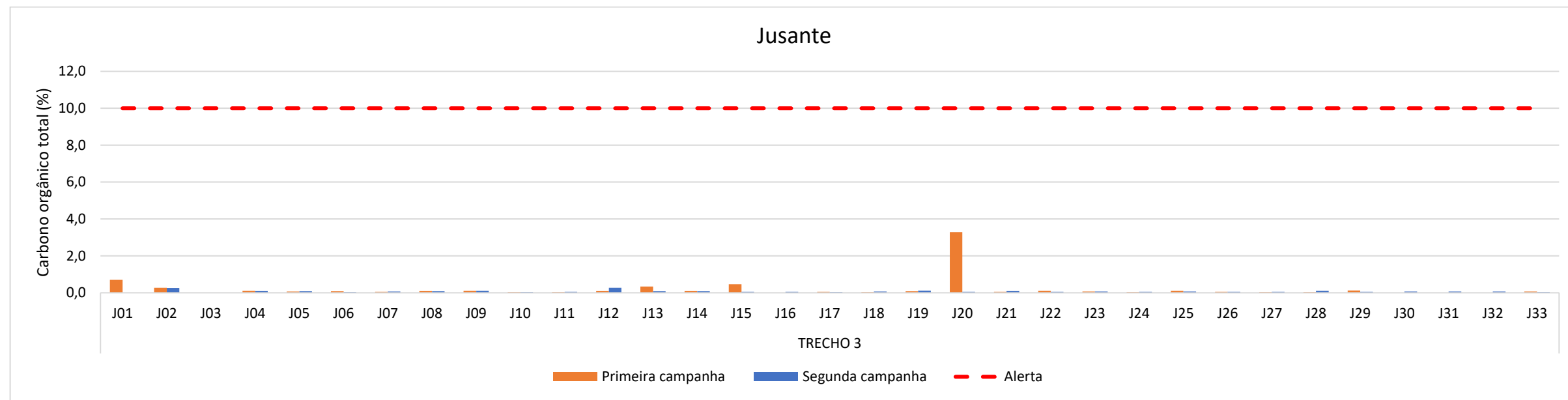


Figura 5.1.5-21 - Carbono orgânico total (%) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí e valor alerta da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha)

Nitrogênio Kjeldahl total

Na primeira campanha o nitrogênio Kjeldahl total ocorreu em concentrações muito baixas nos pontos do Trecho 1 e na maior parte dos pontos do Trecho 2, quando comparada ao limite da Resolução CONAMA N° 454/2012 (4.800 mg/kg). No final do Trecho 2 e no Trecho Reservatório as concentrações foram maiores, próximas de 1.000 mg/kg. Apenas o ponto M23 do Trecho Reservatório a concentração foi baixa, 60 mg/kg (**Figura 5.1.5-22**). No Trecho 3, a jusante, as concentrações foram muito baixas, sendo a maior concentração registrada no ponto J20, 352 mg/kg (**Figura 5.1.5-23**).

Na segunda campanha, a montante, o nitrogênio ocorreu em maiores concentrações apenas nos pontos do Trecho Reservatório, sendo a maior concentração observada no ponto M20, cujo resultado foi 2.080 mg/kg (**Figura 5.1.5-22**). Assim como na primeira campanha, as concentrações em todo o Trecho 3, a jusante, foram baixas em todos os pontos, com concentração média de aproximadamente 56 mg/kg. O ponto J06 teve maior concentração, com valor de 480 mg/kg (**Figura 5.1.5-23**).

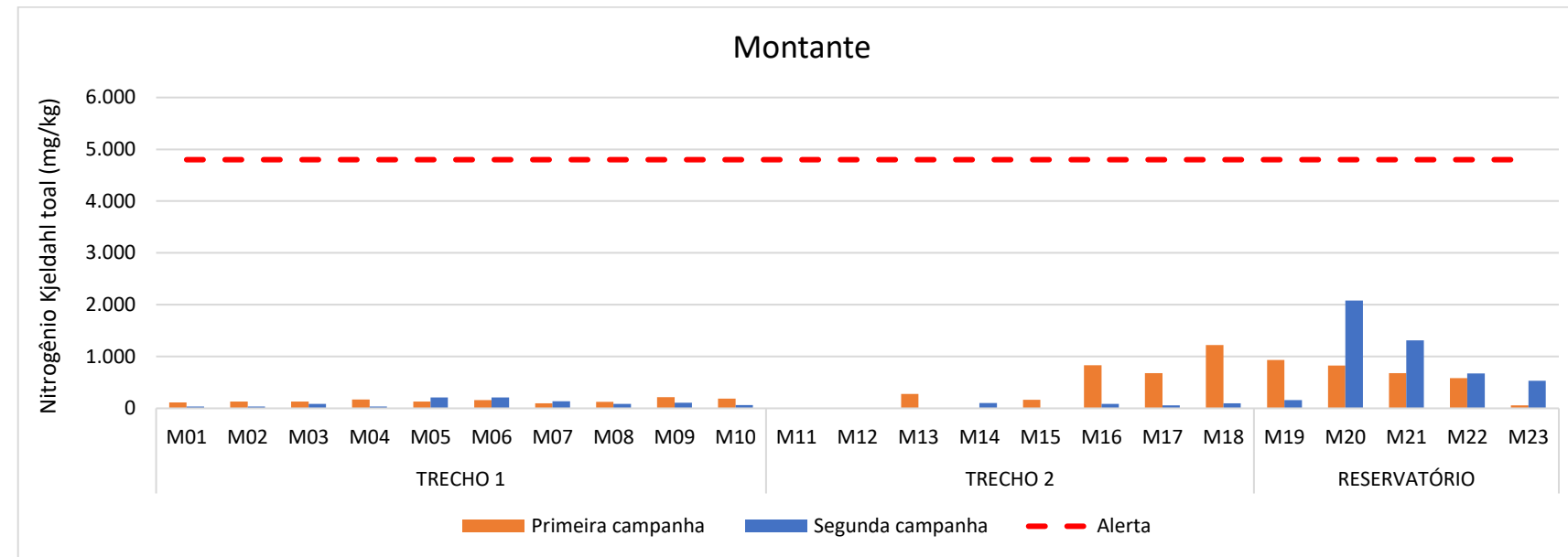


Figura 5.1.5-22 - Concentração de Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí e valor alerta da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha)

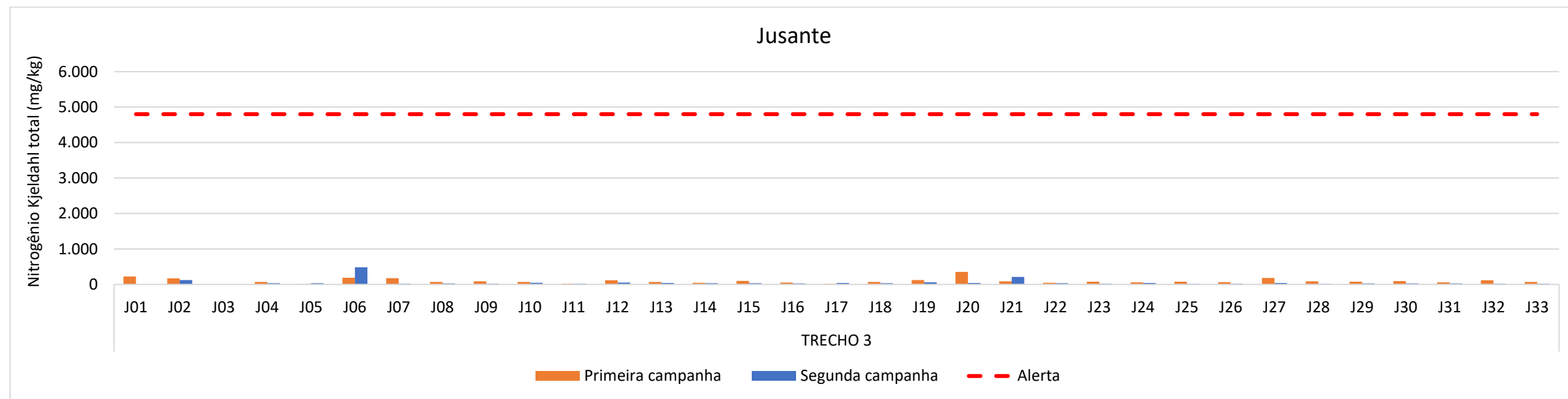


Figura 5.1.5-23 - Concentração de Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí e valor alerta da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha)

Fósforo total

O fósforo total também ocorreu em baixas concentrações no Trecho 1 e em parte do Trecho 2 na primeira campanha, quando comparado ao limite da Resolução CONAMA N° 454/2012 (2.000 mg/kg). As concentrações foram mais elevadas no final do Trecho 2 e no Trecho Reservatório, aproximadamente 450 e 680 mg/kg, respectivamente. Destaca-se os dois últimos pontos do Trecho Reservatório, M22 e M23, cujo os valores foram mais próximos do limite legal, 1.140 e 1.460 mg/kg (**Figura 5.1.5-24**). A jusante, Trecho 3, houve ocorrência de fósforo em todos os pontos, porém em concentrações muito inferiores ao limite legal (**Figura 5.1.5-25**).

Na segunda campanha, a montante da hidrelétrica, as concentrações de fósforo foram muito abaixo do valor orientador em todo o Trecho 1 e 2, apresentando maiores concentrações apenas no Trecho Reservatório, com valor médio de 485 mg/kg. O ponto M23 apresentou maior concentração, 976 mg/kg (**Figura 5.1.5-24**). Assim como na primeira campanha, no Trecho 3 a jusante, houve ocorrência de fósforo em todos os pontos, porém em concentrações muito inferiores ao limite legal (**Figura 5.1.5-25**).

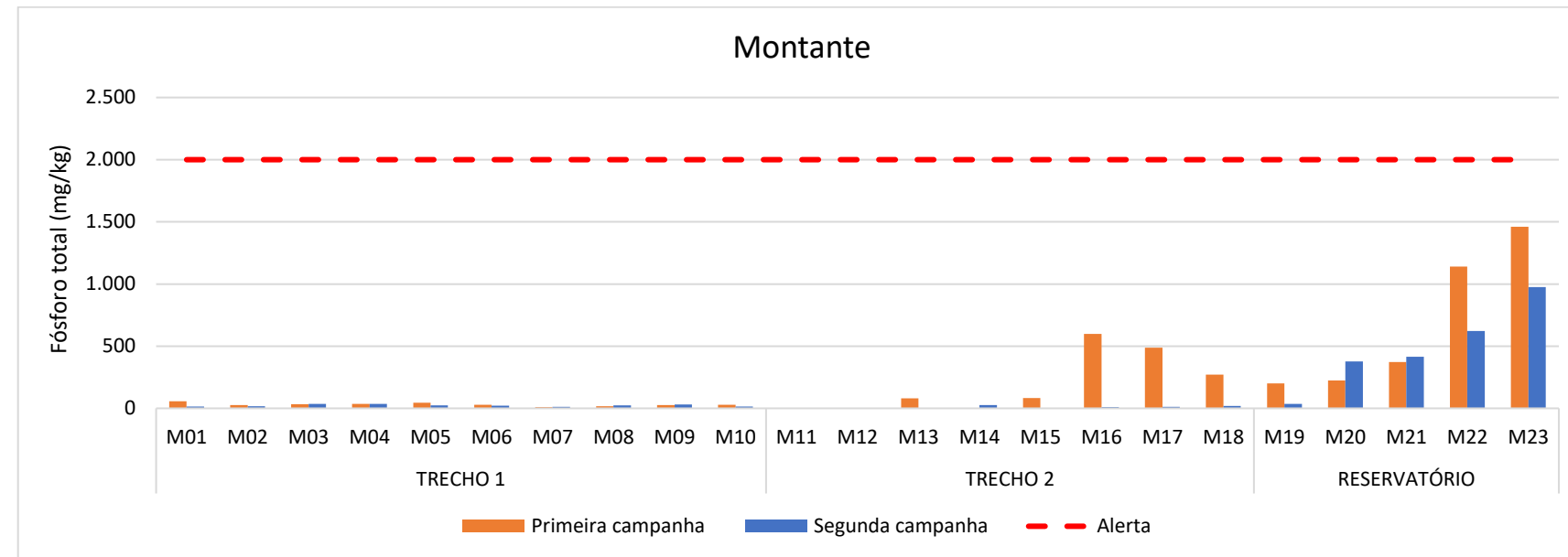


Figura 5.1.5-24 - Concentração de Fósforo total (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí e valor alerta da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha)

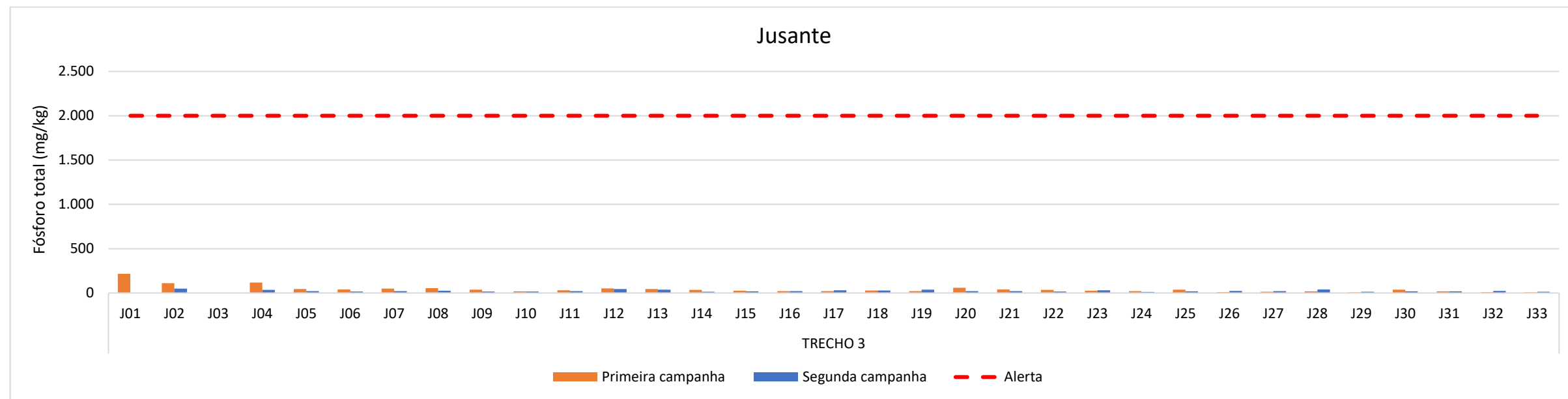


Figura 5.1.5-25 - Concentração de Fósforo total (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí e valor alerta da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha)

5.1.5.3.2.5 Metais

Arsênio

O arsênio foi encontrado no final do Trecho 2 e em todo o Trecho Reservatório na primeira campanha, a montante da hidrelétrica. A concentração no ponto M16 foi de 3,6 mg/kg, próximo do nível 1 da Resolução CONAMA N° 454/2012, cuja concentração limite é 5,9 mg/kg. O ponto M23 foi único ponto que excedeu o limite nível 1 da resolução, com concentração 7,5 mg/kg (**Figura 5.1.5-26**). A jusante, o arsênio foi observado apenas no ponto J20, com concentração de 2,4 mg/kg, inferior ao limite legal (**Figura 5.1.5-27**).

Na segunda campanha, a montante da hidrelétrica, o arsênio ocorreu apenas no Trecho Reservatório, com concentrações próximas ao nível 1 nos pontos M21 e M23, 4,64 e 4,27 mg/kg, respectivamente (**Figura 5.1.5-26**). A jusante, no Trecho 3, o arsênio não foi quantificado nos pontos amostrais (**Figura 5.1.5-27**).

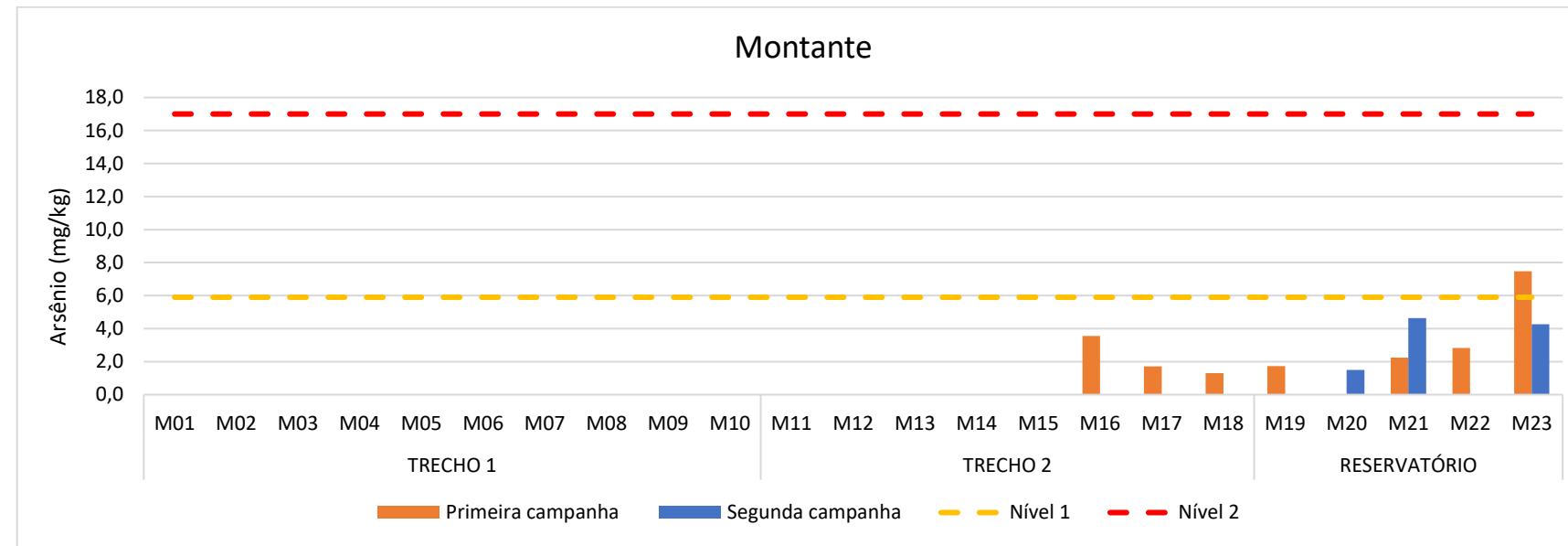


Figura 5.1.5-26 - Concentração de Arsênio (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente

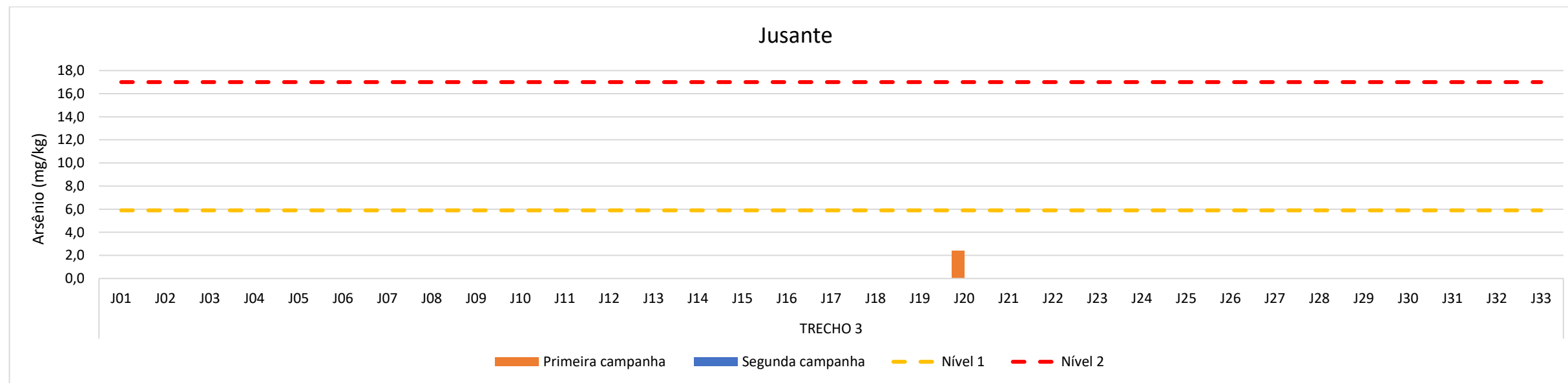


Figura 5.1.5-27 - Concentração de Arsênio (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente

Chumbo

O chumbo também foi encontrado no final do Trecho 2 e em todo o Trecho Reservatório, na primeira campanha a montante da hidrelétrica, com concentrações médias de 5,7 e 10,2 mg/kg, respectivamente, inferiores ao limite legal (35 mg/kg) (**Figura 5.1.5-28**). A jusante, no Trecho 3, apenas em alguns pontos houve a ocorrência do chumbo, porém em concentrações inferiores ao limite legal. O ponto J20 teve a maior concentração, 9,3 mg/kg (**Figura 5.1.5-29**).

Na segunda campanha, a montante da hidrelétrica, o chumbo ocorreu apenas no Trecho Reservatório, com concentrações abaixo ao nível 1. A concentração média no trecho foi 10,5 mg/kg (**Figura 5.1.5-28**). A jusante, Trecho 3, o chumbo não foi quantificado nos pontos amostrais (**Figura 5.1.5-29**).

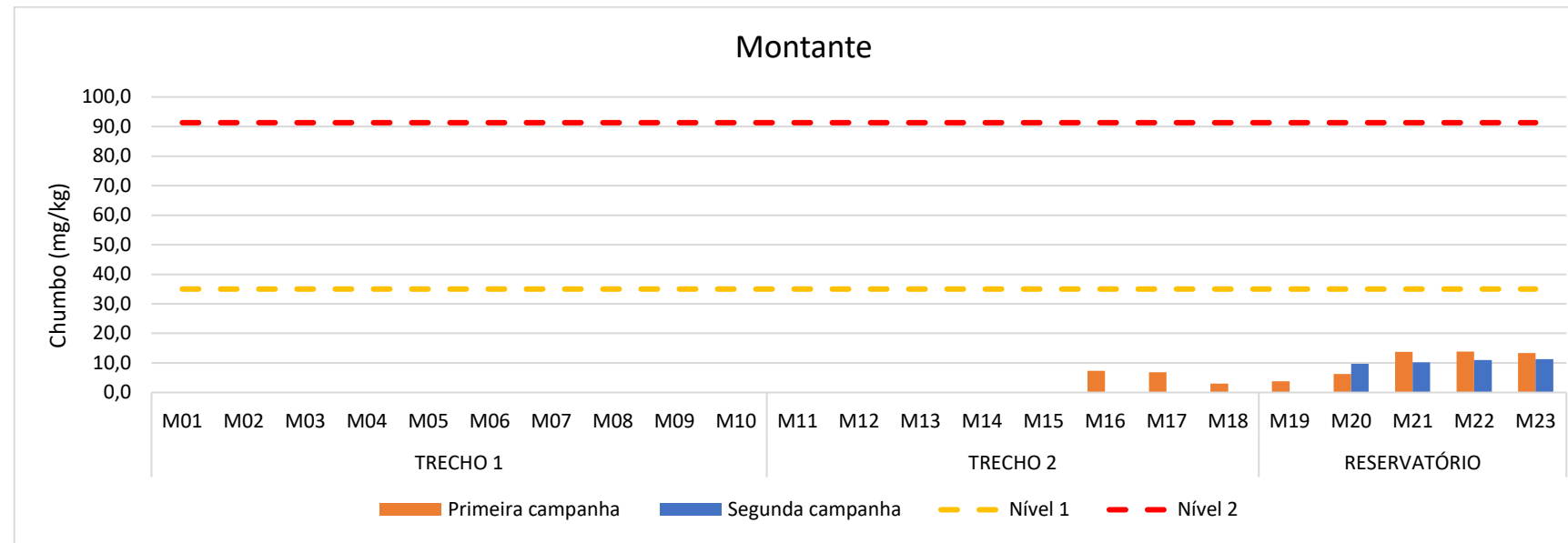


Figura 5.1.5-28 - Concentração de Chumbo (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente

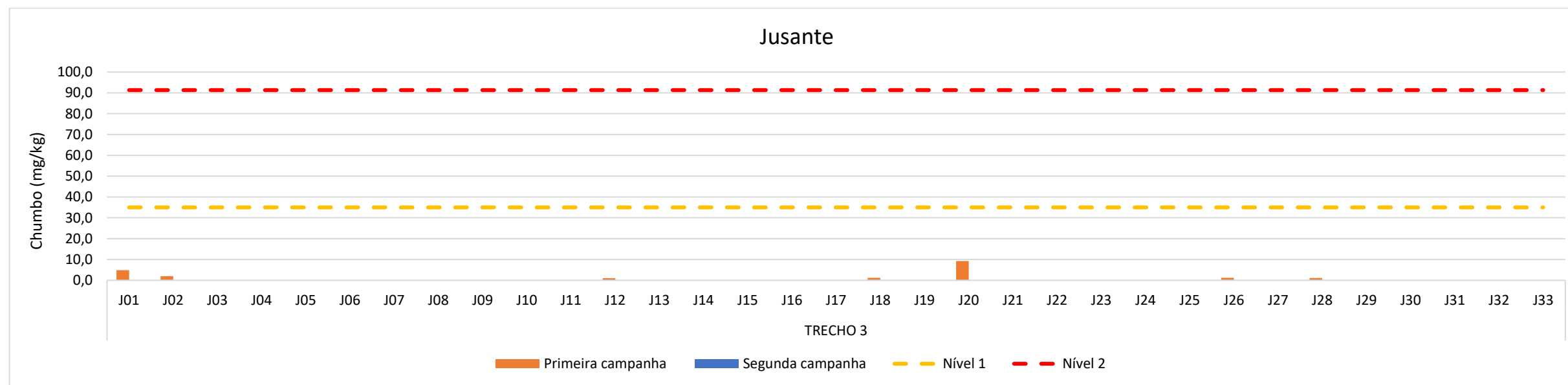


Figura 5.1.5-29 - Concentração de Chumbo (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente

Cobre

O cobre ocorreu em praticamente todos os pontos dos trechos a montante da hidrelétrica na primeira campanha. As concentrações médias do Trechos 1, 10,6 mg/kg, e Trecho 2, 13,0 mg/kg foram inferiores ao nível 1 da resolução, cuja concentração é 35,7 mg/kg, exceto no ponto M23, cuja concentração foi de 36,5 mg/kg. Já no Trecho Reservatório as concentrações foram próximas ao limite nível 1, com concentração média 30,9 mg/kg (**Figura 5.1.5-30**). A jusante, Trecho 3, o cobre foi observado em quase todos os pontos amostrais, contudo em concentrações inferiores ao limite nível 1. A maior concentração registrada ocorreu no ponto J20, cujo valor foi 24,6 mg/kg (**Figura 5.1.5-31**).

Assim como na primeira campanha, o cobre foi observado em quase todos os pontos amostrais na segunda campanha, em concentrações inferiores ao limite nível 1 nos Trechos 1 e 2, valores médios 13,4 e 15,4 mg/kg, respectivamente, e concentrações próximas ao limite nível 1 no Trecho Reservatório, média 31,7 mg/kg. Destacam-se os pontos M22 e M23, cuja as concentrações excederam o limite nível 1, 37,3 e 39,6 mg/kg, respectivamente (**Figura 5.1.5-30**). A jusante, Trecho 3, o cobre foi observado em todos os pontos amostrais, mas em concentrações inferiores ao limite nível (**Figura 5.1.5-31**).

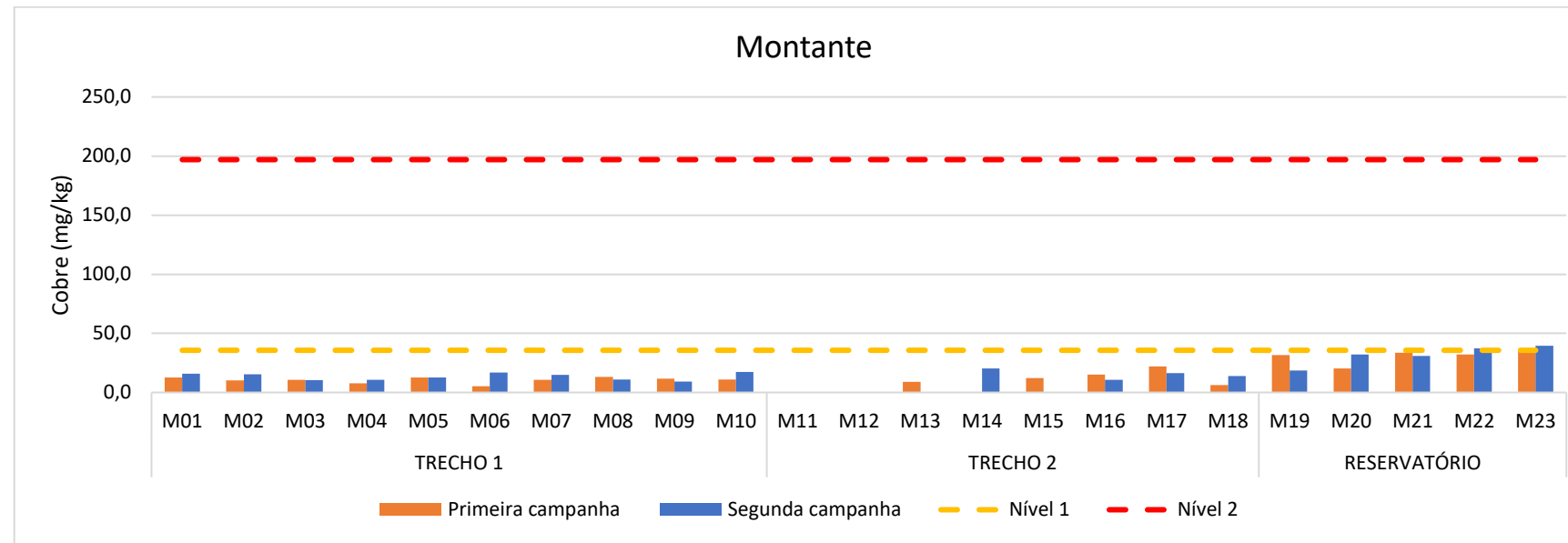


Figura 5.1.5-30 - Concentração de Cobre (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente

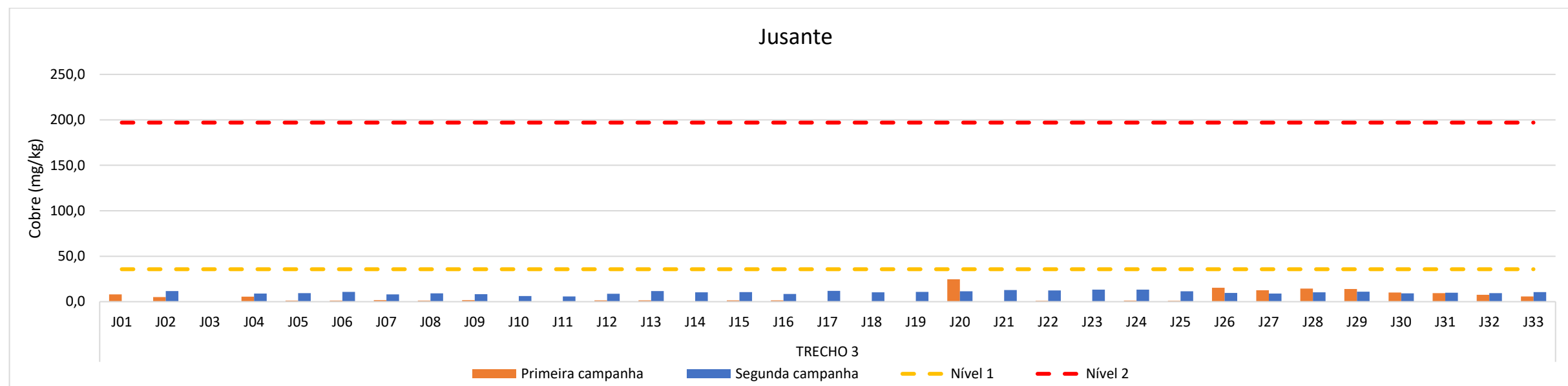


Figura 5.1.5-31 - Concentração de Cobre (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente

Cromo

O cromo foi quantificado em todos os pontos dos Trechos 1, 2 e Trecho Reservatório, a montante da hidrelétrica na primeira campanha. As maiores concentrações foram observadas no Trecho 1, com valores que superaram o limite nível 1 (37,3 mg/kg) em 6 pontos amostrais M03, M04, M05, M06, M08 e M10, e com valores que superaram o nível 2 (90 mg/kg) nos pontos M01 e M02, cuja as concentrações foram de 167,0 e 96,0 mg/kg, respectivamente. No Trecho 2 as concentrações superaram o nível 1 nos pontos M13 (72,2 mg/kg) e M21 (37,4 mg/kg) e o nível 2, no ponto M15 (112,0 mg/kg). As concentrações de cromo dos pontos do Trecho Reservatório não superaram o limite nível 1, mas foram próximas nos pontos M22 e M23 (**Figura 5.1.5-32**). Em todos os pontos do Trecho 3, a jusante da hidrelétrica, foram quantificados o cromo, sendo que em parte dos pontos as concentrações superaram o limite nível 1 e em 3 pontos amostrais, J01, J02 e J04, os valores foram superiores ao limite nível 2 da resolução, cuja as concentrações foram 101,0, 139,0 e 103,0 mg/kg, respectivamente (**Figura 5.1.5-33**).

Na segunda campanha, a montante, o cromo foi quantificado na maioria dos pontos dos Trechos 1, 2 e Trecho Reservatório, porém em concentrações abaixo do limite nível 1 da resolução. Apenas nos pontos M04 do Trecho 1 e M22 e M23 do Trecho Reservatório as concentrações foram próximas do limite nível 1 (**Figura 5.1.5-32**). A jusante, Trecho 3, o cromo foi quantificado em todos os pontos, mas nesta campanha apenas nos pontos J02, J13 e J28 ocorreram concentrações superiores ao limite nível 1, com concentrações de 64,5, 56,8 e 47,9 mg/kg, respectivamente (**Figura 5.1.5-33**).

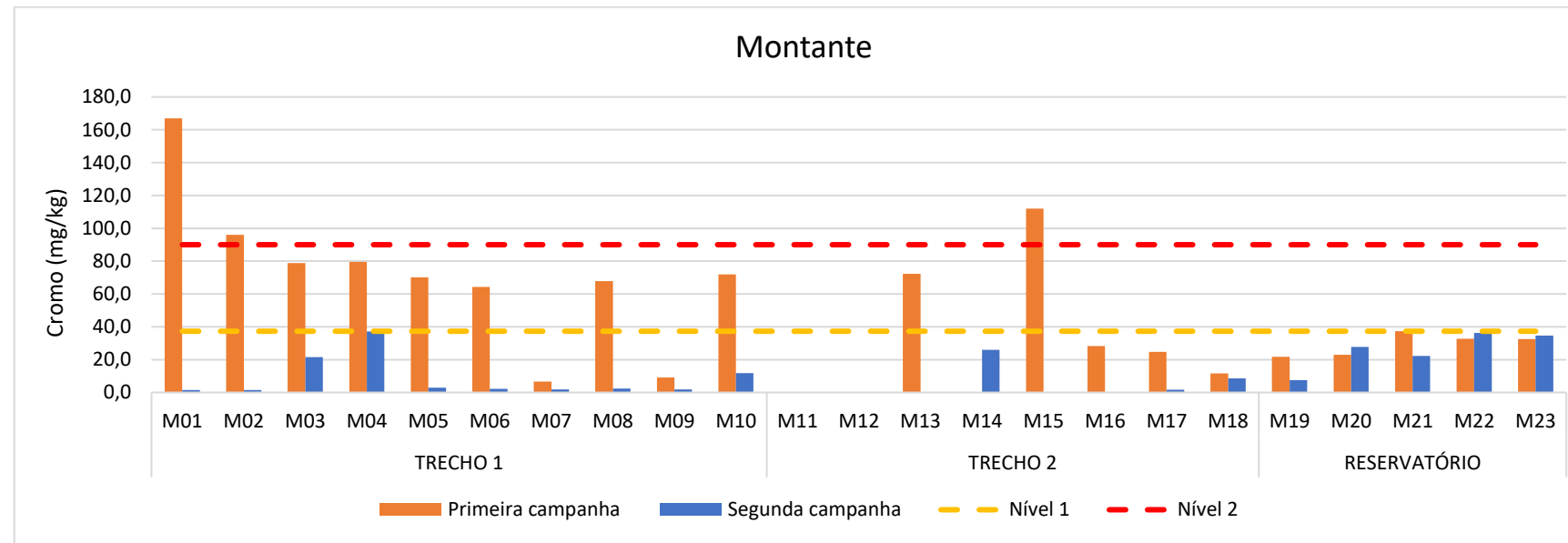


Figura 5.1.5-32 - Concentração de Cromo (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente

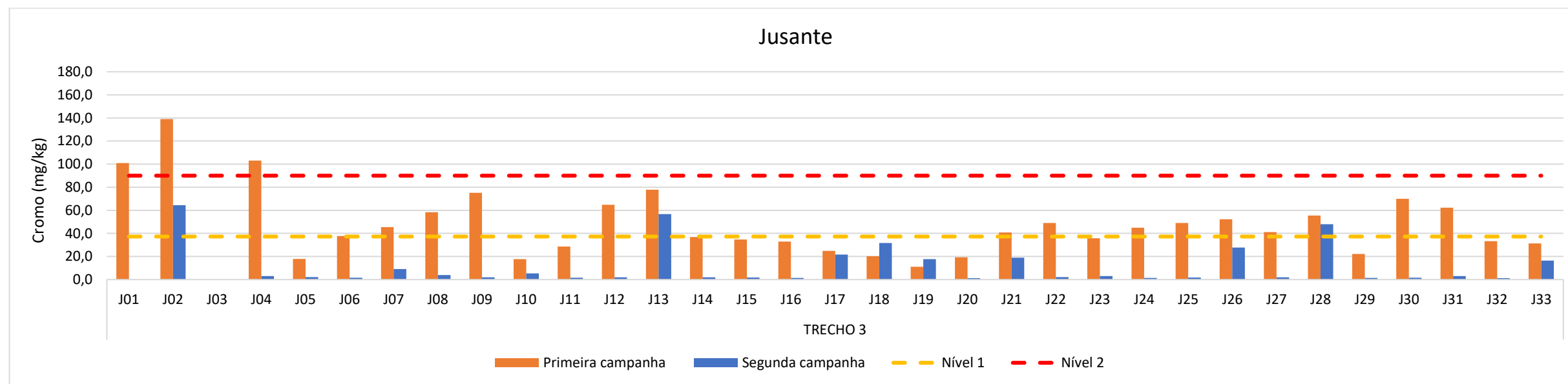


Figura 5.1.5-33 - Concentração de Cromo (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente

Mercúrio

O mercúrio foi quantificado em apenas um ponto (M17), no Trecho 2, a montante da hidrelétrica na primeira campanha. A concentração foi 0,052 mg/kg, valor inferior ao limite nível 1 da resolução, cuja concentração é 0,170 mg/kg (**Figura 5.1.5-34**). A jusante, Trecho 3, o mercúrio não foi quantificado em nenhum ponto (**Figura 5.1.5-35**).

Na segunda campanha o mercúrio foi quantificado apenas no Trecho reservatório, sendo a maior concentração observada no ponto M21, com valor de 0,164 mg/kg, próximo ao limite nível 1 (0,17 mg/kg) (**Figura 5.1.5-34**). Assim como na primeira campanha, não houve concentrações de mercúrio detectadas no Trecho 3, a jusante da hidrelétrica (**Figura 5.1.5-35**).

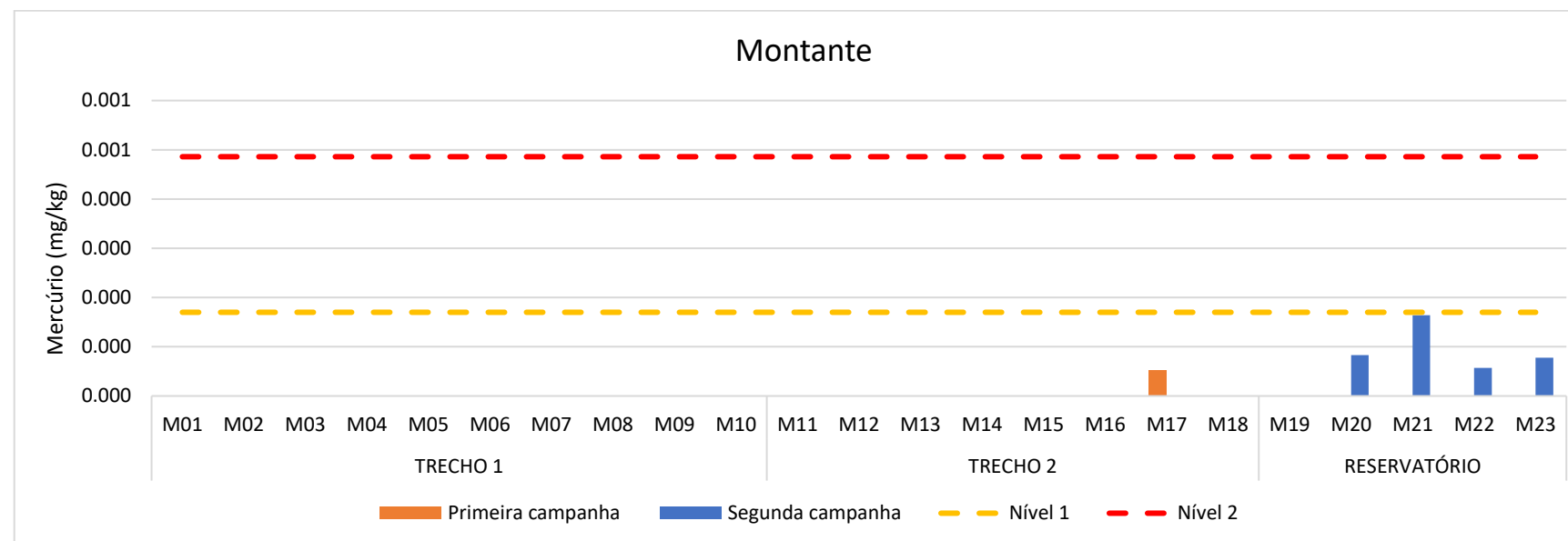


Figura 5.1.5-34 - Concentração de Mercúrio (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente

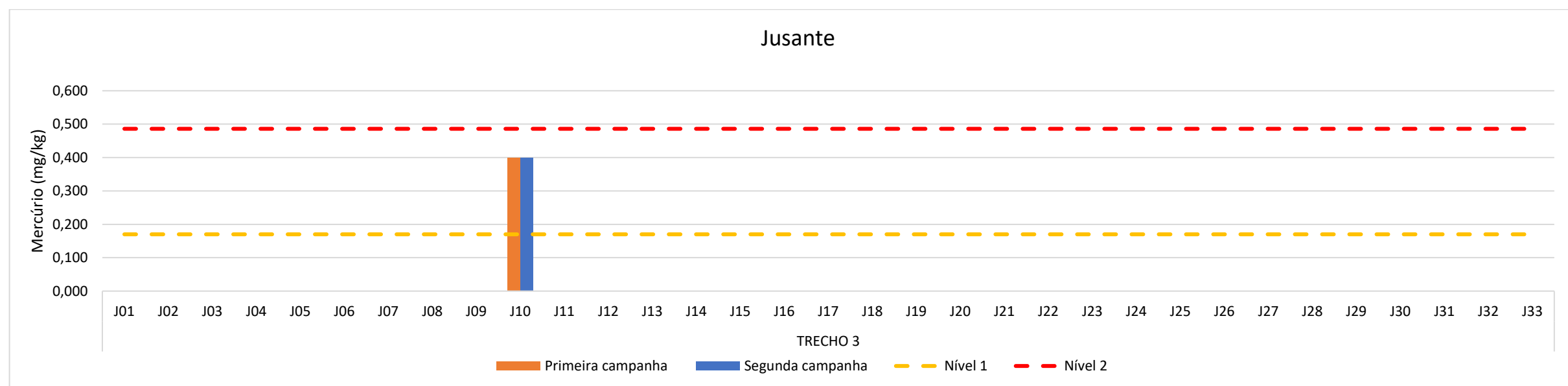


Figura 5.1.5-35 - Concentração de Mercúrio (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente

Níquel

O níquel foi quantificado em todos os pontos amostrados dos Trechos 1, 2 e Reservatório na primeira campanha, com valores próximos do limite nível 1 (18 mg/kg) nos pontos M22 e M23 do Trecho Reservatório e superiores ao limite nível 1 no ponto M13 e M15, cuja as concentrações foram 32,1 e 24,5 mg/kg, respectivamente (**Figura 5.1.5-36**). A jusante, o níquel foi quantificado em todos os pontos, superando o limite nível 1 nos pontos J01, J02, J04 e J26, com concentrações de 24,3, 24,5, 24,3 e 21,3 mg/kg, respectivamente (**Figura 5.1.5-37**).

Na segunda campanha o níquel também foi quantificado em todos os trechos, porém não em todos os pontos amostrados. As maiores concentrações foram observadas nos pontos M22 e M23 do Trecho Reservatório, 14,5, e 13,8 mg/kg, contudo abaixo do limite nível 1 (**Figura 5.1.5-36**). A jusante, Trecho 3, o níquel foi quantificado em parte dos pontos ao longo de todo o trecho, mas com concentrações inferiores ao limite nível 1. A maior concentração observada foi 13,7 mg/kg no ponto J02 (**Figura 5.1.5-37**).

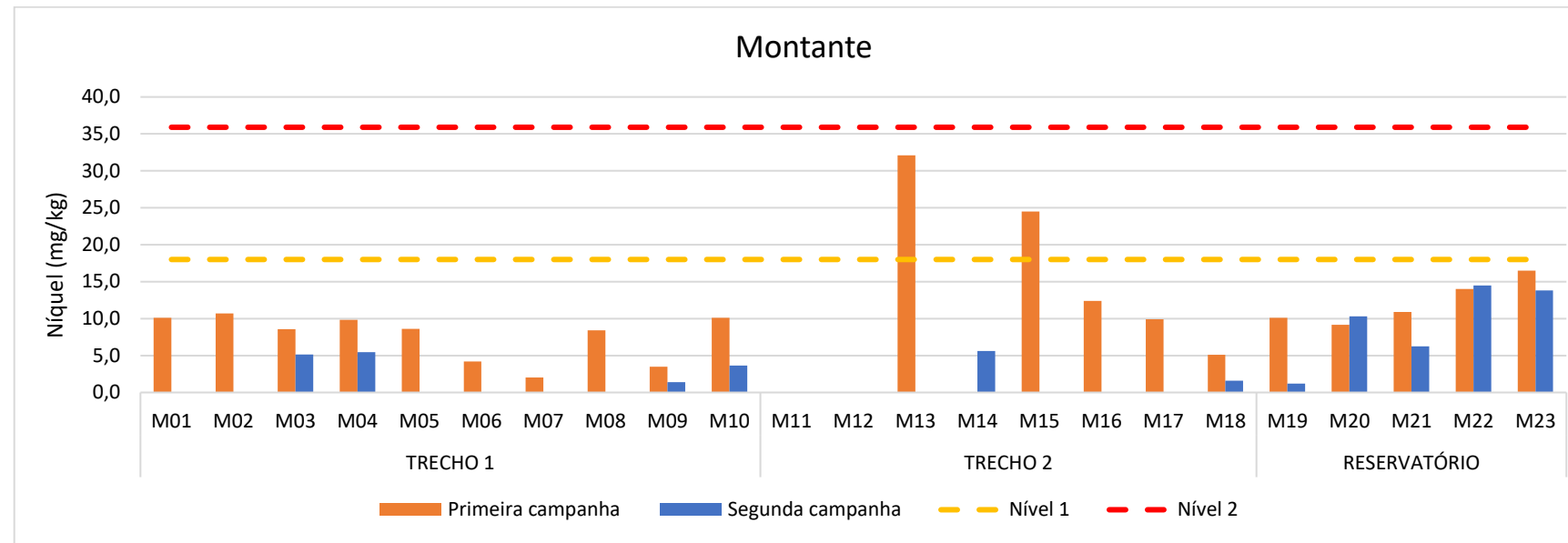


Figura 5.1.5-36 - Concentração de Níquel (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente

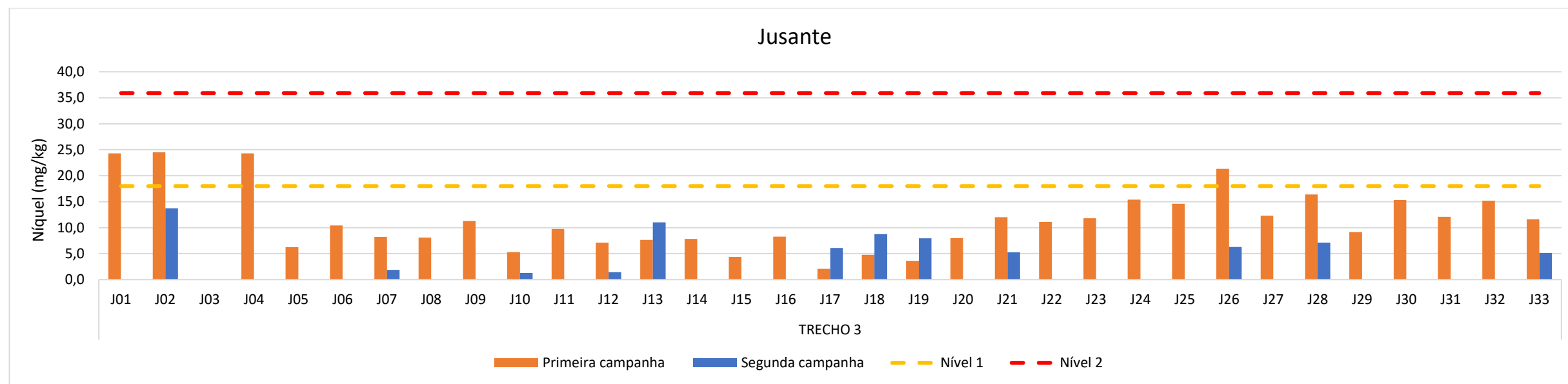


Figura 5.1.5-37 - Concentração de Níquel (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente

Zinco

O zinco foi quantificado em todos os pontos amostrados dos Trechos 1, 2 e Reservatório na primeira campanha, mas em concentrações inferiores ao limite nível 1 da resolução (123 mg/kg) (**Figura 5.1.5-38**). O mesmo ocorreu no Trecho 3 a jusante (**Figura 5.1.5-39**).

Na segunda campanha, o zinco foi quantificado em todos os pontos amostrados dos trechos a montante da hidrelétrica, porém nesta campanha as concentrações no Trecho 1, pontos M05, M06, M07, M08 e M09, foram maiores do que na campanha anterior, ainda assim inferiores ao limite nível 1 da resolução (**Figura 5.1.5-38**). A jusante, Trecho 3, o zinco foi quantificado novamente em todos os pontos amostrados, contudo as concentrações foram maiores do que os valores registrados na primeira campanha, todos abaixo do limite nível 1 (**Figura 5.1.5-39**).

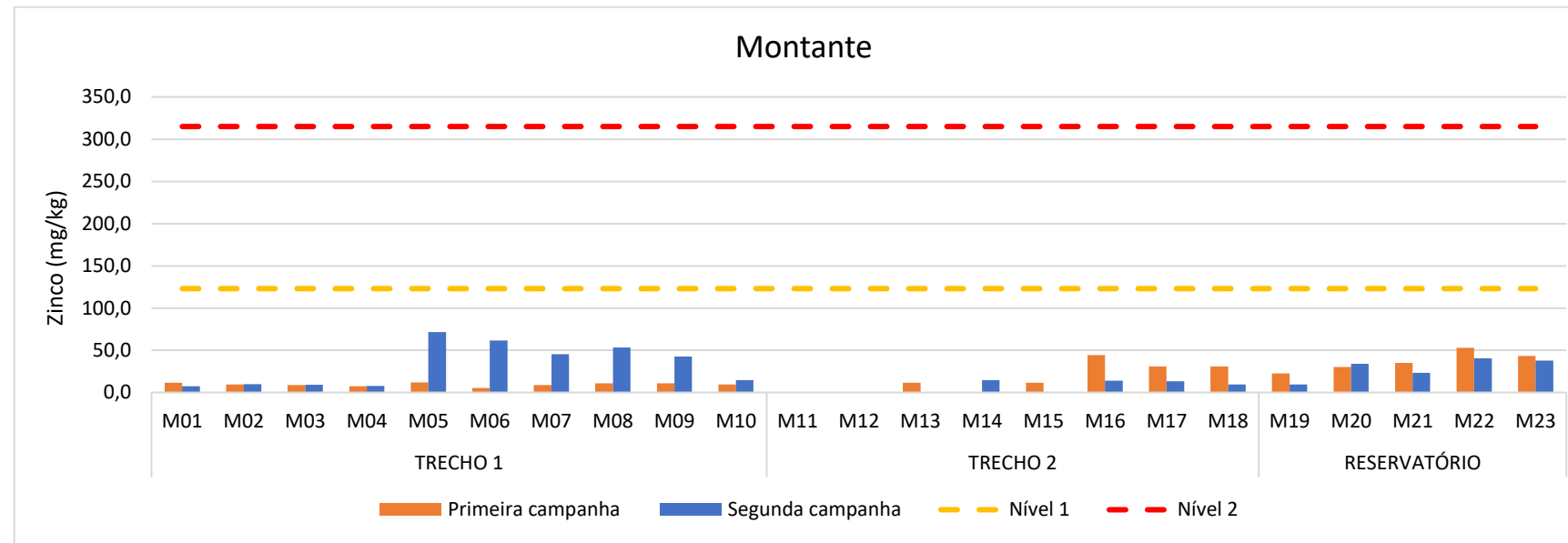


Figura 5.1.5-38 - Concentração de Zinco (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente

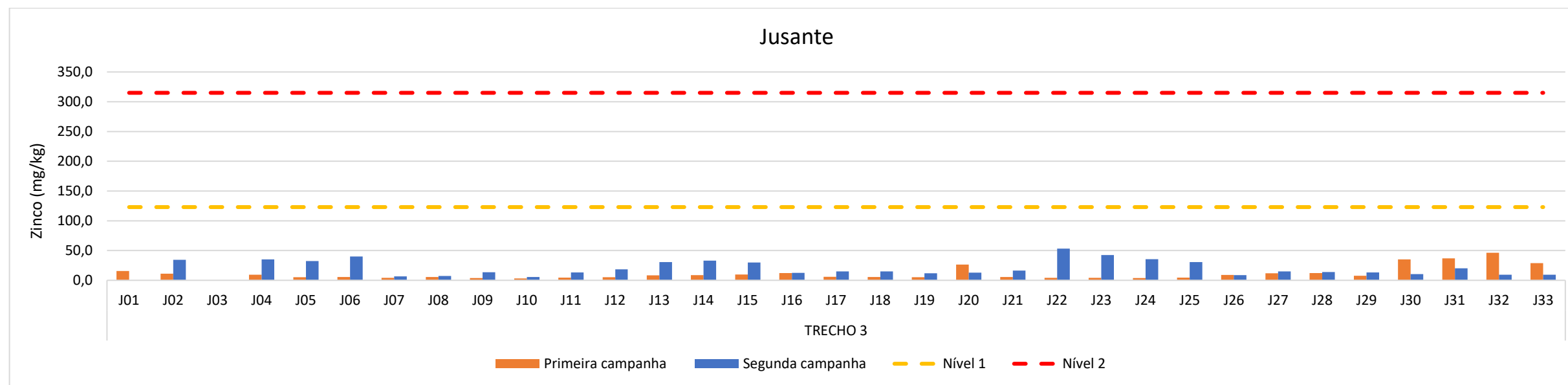


Figura 5.1.5-39 - Concentração de Zinco (mg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí. As linhas tracejadas amarela e vermelha representam os níveis 1 e 2 da CONAMA N° 454/2012, respectivamente

5.1.5.3.2.6 Tributilestanho, Pesticidas organoclorados e Bifenilas policloradas (PCB's)

O tributilestanho, os pesticidas organoclorados e as bifenilas policloradas (PCB's) não foram detectadas em nenhuma amostra e em nenhum trecho nas duas campanhas realizadas.

5.1.5.3.2.7 Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs)

Os HAPs foram quantificados apenas nos pontos M16, M17 e M19 a montante da hidrelétrica na primeira campanha. O benzo (a) pireno foi encontrado nos três pontos mencionados, mas em concentrações inferiores ao limite nível 1 da Resolução CONAMA N° 454/2012 (31,9 mg/kg). A maior concentração observada foi 3,40 mg/kg no ponto M16. Os HAPs benzo (a) antraceno, Criseno, Fluoranteno e Pireno também foram quantificados no ponto M17, em concentrações abaixo dos limites nível 1. A jusante, Trecho 3, os HAPs foram quantificados nos pontos J08, J13, J25 e J33. O fenantreno foi quantificado nos quatro pontos mencionados. O fluoranteno e o pireno foram quantificados nos pontos J08, J25 e J33. O acenafteno, antraceno e fluoreno foram quantificados nos pontos J25 e J33. Os demais HAPs, acenaftileno, benzo (a) antraceno, benzo (a) pireno, criseno, dibenzo (a,h) antraceno e o naftaleno foram quantificados no ponto J33. Com exceção do dibenzo (a,h) antraceno, que superou o limite nível 1 da resolução (6,22 µg/kg) pois apresentou a concentração de 7,32 µg/kg, todos os demais HAPs dos grupos A e B, assim como a somatória dos HAPs (**Figura 5.1.5-41**), estiveram abaixo dos limites nível 1.

Na segunda campanha apenas o fenantreno foi quantificado nos pontos M09 e M14, a montante da hidrelétrica, com concentrações de 0,38 e 0,45 µg/kg, respectivamente. Os valores foram abaixo do limite nível 1, cuja concentração é 111 µg/kg. Não foram quantificados HAPs no Trecho 3 a jusante da hidrelétrica.

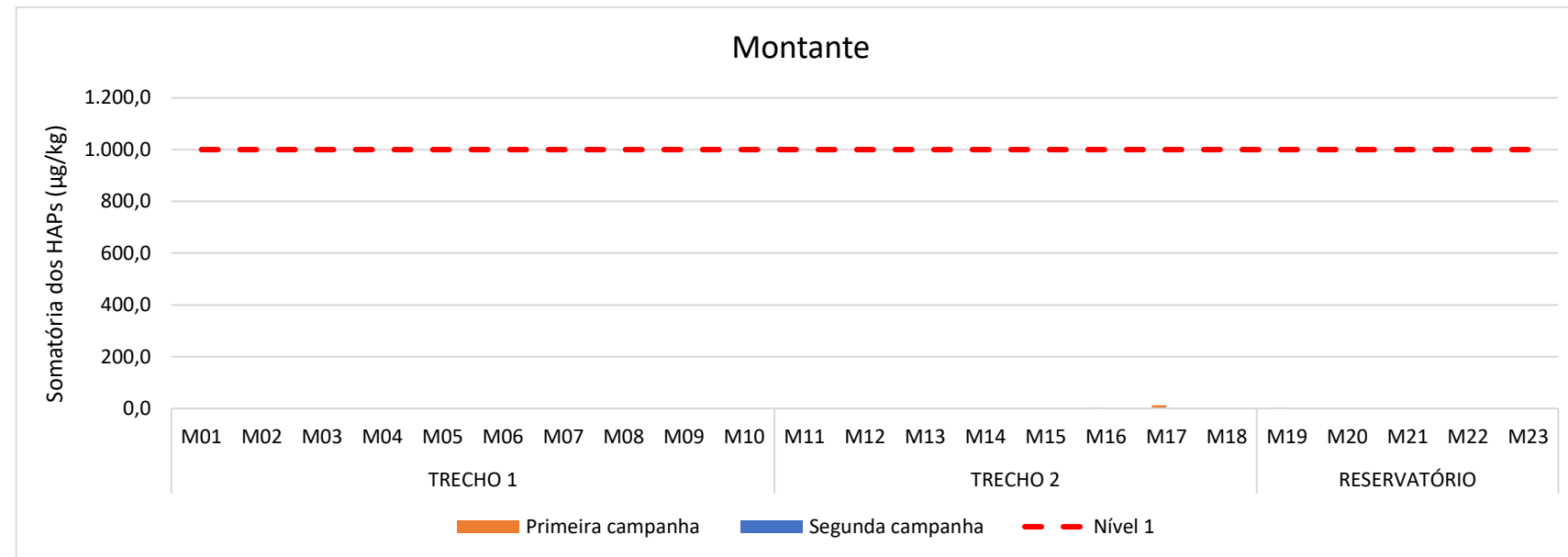


Figura 5.1.5-40 - Somatória dos HAPs (µg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a montante da UHE Tucuruí e nível 1 da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha)

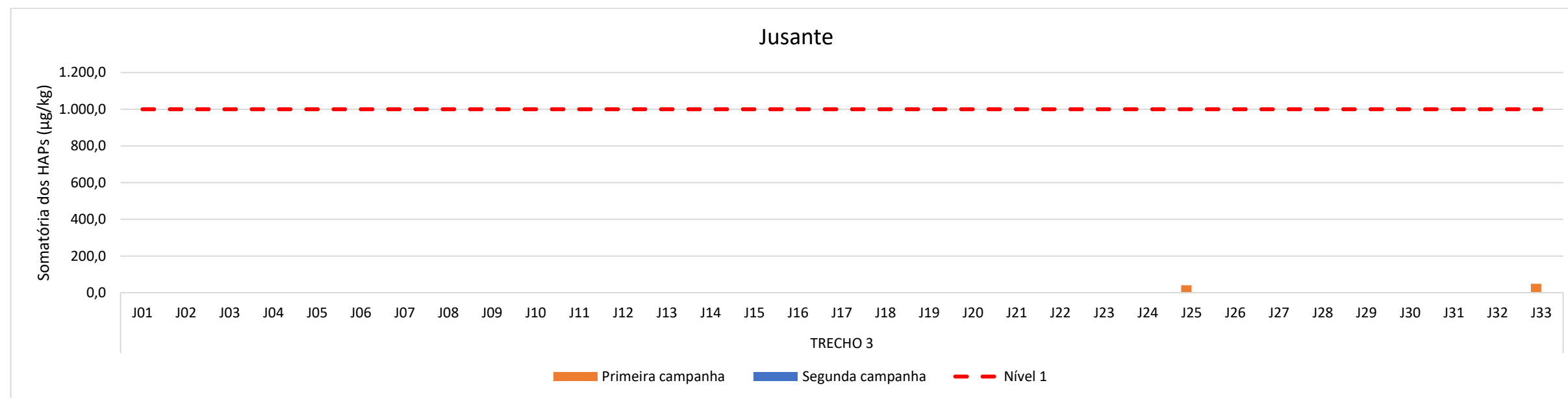


Figura 5.1.5-41 - Somatória dos HAPs (µg/kg) das amostras de sedimento dos pontos a jusante da UHE Tucuruí e nível 1 da CONAMA N° 454/2012 (linha tracejada vermelha)

5.1.5.3.2.8 Ecotoxicologia nos sedimentos

Das amostras da primeira campanha coletadas na época de vazão do Rio Tocantins, somente 8 foram submetidas aos ensaios ecotoxicológicos. De acordo com os resultados obtidos no ensaio, as amostras do trecho a montante M01, M15 e M23 causaram efeito tóxico aos exemplares de *Hyalella azteca*. A amostra do Ponto M02 não foi tóxica, ou seja, não houve efeito adverso aos organismos nas condições de ensaio. Já as amostras M01 e M15 causaram efeito crônico, ou seja, afetaram o crescimento dos organismos, enquanto que a amostra do Ponto M23 causou efeito agudo, ou seja, causou mortalidade aos organismos expostos, nas condições de ensaio.

No trecho Jusante as amostras dos Pontos J02 e J04 causaram efeito agudo aos exemplares de *Hyalella azteca*. Já as amostras dos Pontos J01 e J33 causaram efeito crônico aos organismos expostos (**Tabela 5.1.5-17** e **Figura 5.1.5-42**).

Tabela 5.1.5-17 - Resultados do ensaio ecotoxicológico com sedimentos integrais e *Hyalella azteca* da primeira campanha

Amostras	% de mortalidade	Crescimento (mm)				Média	Resultado	
		Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4			
Controle	0	4,49	4,52	4,51	4,49	4,5025		
Montante	M01	0	2,48	2,48	2,45	2,31	2,43	Tóxico crônico
	M02	0	–	–	–	–	–	Não tóxico
	M15	0	2,52	2,48	2,43	2,5	2,4825	Tóxico crônico
	M23	100	–	–	–	–	–	Tóxico agudo
jusante	J01	0	2,52	2,49	2,51	2,48	2,5	Tóxico crônico
	J02	100	–	–	–	–	–	Tóxico agudo
	J04	100	–	–	–	–	–	Tóxico agudo
	J33	0	2,47	2,47	2,5	2,51	2,4875	Tóxico crônico

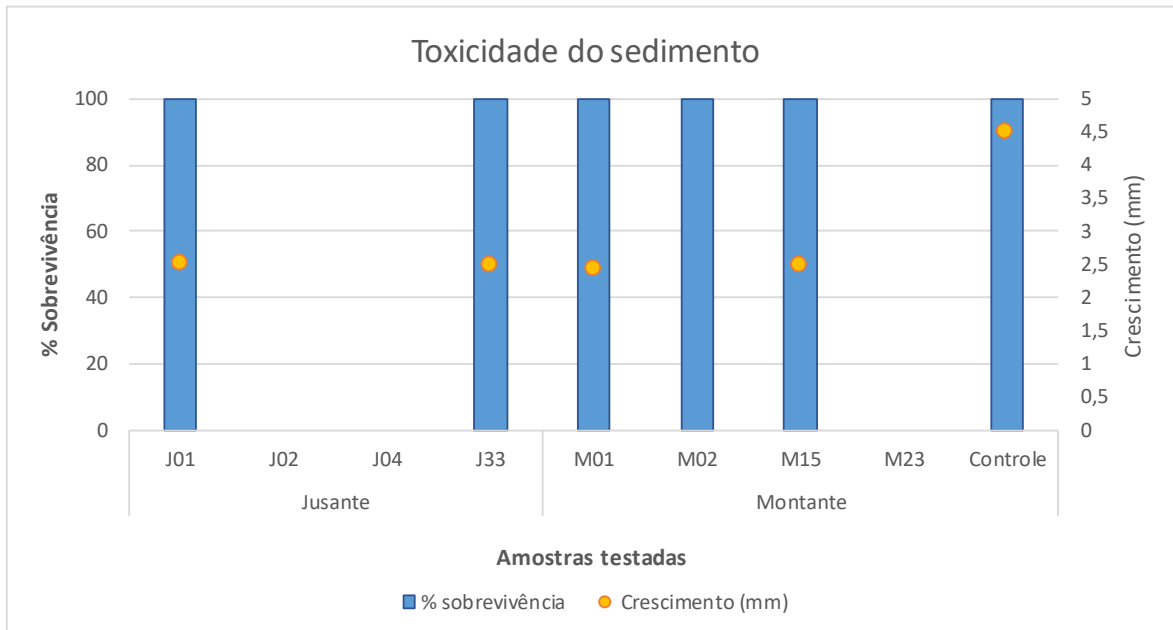


Figura 5.1.5-42 - Percentual de sobrevivência e crescimento em milímetros (mm) obtido nas amostras e no controle

Como as amostras submetidas aos ensaios ecotoxicológicos foram selecionadas com base no Artigo 12º da resolução CONAMA Nº 454/2012, nestas amostras foram quantificados contaminantes como cromo e níquel que na sua maioria estiveram biodisponíveis por meio da fração sólida dos sedimentos, causando efeito agudo e crônico.

Na segunda campanha realizada, na estação chuvosa do rio Tocantins as análises químicas do sedimento não evidenciaram valores de contaminantes acima do proposto pelo artigo 12º da resolução CONAMA Nº 454/2012, portanto nenhuma amostra foi submetida ao ensaio ecotoxicológico

5.1.5.4 Discussão

De acordo com os resultados da granulometria ficou evidente as diferenças nas distribuições dos grãos entre as estações seca e chuvosa. Os resultados são explicados por processos erosivos complexos produzidos na bacia hidrográfica, que dependem da energia do fluxo de transporte dos sedimentos e que variam no tempo e no espaço.

Na primeira campanha, período de menor vazão (**Item 5.1.6.1-3**), houve maior variação granulométrica dos sedimentos ao longo dos trechos a montante da

hidrelétrica, com predomínio de grãos mais grossos como areia, nos Trechos 1 e 2, que são ambientes lóticos; e sedimentos finos, silte e argila, no final do Trecho 2 e em todo o Trecho Reservatório, que são ambientes lênticos.

Essa variação apresentada é comum em locais com barragens, onde são alteradas as características hidráulicas do trecho a montante do barramento, diminuindo a velocidade da corrente e aumentando a área inundada. Com a redução da velocidade das correntes, diminui também a velocidade de transporte de partículas em suspensão, resultando em maior deposição ao longo do reservatório. As partículas com maior diâmetro são depositadas na entrada do reservatório e as de menores diâmetros adentram o reservatório (CABRAL *et al.*, 2009 *apud* BRAGA, 2017). Resultados semelhantes aos deste estudo foram demonstrados por BRAGA (2017) na hidrelétrica de Caçu em Goiás, onde houve predomínio de areia próximo à entrada do reservatório, em função da velocidade de escoamento da água, e redução no tamanho da fração na transição entre o ambiente de rio e o reservatório, com predomínio de silte e argila reservatório à dentro.

Essa condição mencionada acima é corroborada pelo estudo de modelagem de transporte dos sedimentos, que demonstra a influência do reservatório de Tucuruí no trecho do Pedral em uma simulação de 18 anos, intervalo de 2000 a 2017 (**Anexo 5.1-VII**). O reservatório eleva o nível d'água e reduz a energia específica em uma dada seção transversal, reduzindo significativamente a capacidade de transporte de sedimentos, o que resulta, portanto, em deposição.

A jusante da UHE Tucuruí, Trecho 3, pode ser caracterizado como ambiente lótico, com presença de sedimentos arenosos e rochas na área entre Tucuruí e Baião. Como explicado na metodologia de coleta, optou-se por realizar as coletas em locais próximos aos pontos, geralmente dentro de um raio de até 30 m, em alguns casos próximos às margens. A granulometria dos pontos J20 ao J25 indicaram predomínio de sedimentos finos, majoritariamente silte, exceto no ponto J21, cuja fração predominante foi areia. Esses resultados mostram que existe heterogeneidade nas seções do rio, e que em alguns pontos cuja a amostragem ocorreu próximo às margens, possivelmente houve interferência do solo das margens na composição dos sedimentos, com presença de silte ou argila, assim como alguns tributários que deságuam ao longo do Trecho 3.

Na segunda campanha, período de maior vazão, foi observado ao longo dos trechos a montante da UHE Tucuruí um padrão de distribuição granulométrica semelhante à primeira campanha, com predomínio de sedimentos arenosos nos Trechos 1 e 2, porém, desta vez, com predomínio de areia estendendo até o ponto M19 do Trecho Reservatório. Estes resultados indicam que, provavelmente, os pontos M16, M17, M18 e M19 estão em uma área de transição entre os ambientes lótico e o lântico, sofrendo maior influência do fluxo das águas na estação chuvosa, em função da velocidade e do aumento do transporte dos sedimentos. Com isso, infere-se que os sedimentos finos presentes nos pontos M16 e M17, na estação seca, possivelmente adentraram no reservatório durante a estação chuvosa.

Este mesmo comportamento mencionado acima pôde ser observado no Trecho 3, a jusante da UHE Tucuruí. Pontos que na estação seca foram caracterizados com predomínio de grãos finos como silte, nos pontos J20, J22, J23, J24, J25 e J33 e argila no ponto J32, na estação chuvosa ocorreu predomínio de sedimentos arenosos. É importante salientar a heterogeneidade nas seções do rio, porém os resultados indicam que possivelmente parte dos sedimentos finos foram transportados com a mudança do regime do rio.

Os valores de turbidez mostraram que há dois cenários distintos a montante da UHE Tucuruí: 1º - Baixa turbidez em todos os trechos durante a estação seca e o 2º - Turbidez mais elevada no Trecho 1 e 2, durante a estação chuvosa, cerca de 9 vezes maior, com considerável redução no Trecho Reservatório. Por outro lado, a jusante, também houve aumento da turbidez na estação chuvosa, porém em menor magnitude.

As diferenças observadas a montante podem ser explicadas pelo volume de chuva que ocorreu na região no mês de janeiro/18, cujo acumulado mensal foi de 185 mm. Nos meses que antecederam a campanha, os acumulados mensais foram de 358,2 mm em nov/17 e 220,4 mm em dez/17, cenário distinto da estação seca, que apresentou acumulados mensais de 8,2 mm em jun/17, 12,8 mm em jul/17, 18,8 mm em ago/17 e 6,6 mm em set/17 (INMET, 2018). As águas das chuvas promovem o carreamento dos solos da bacia hidrográfica, mantendo as partículas mais finas em suspensão que são transportadas pelas águas pluviais até o rio, e levadas pela correnteza até ambientes lânticos, que ao adentrar no reservatório

tendem a sedimentar ocorrendo uma redução da turbidez assim como foi observado por BRAGA (2017), próximo ao barramento da UHE Caçu. As barragens geralmente possuem características semelhantes, pois são locais com maior profundidade e largura e menor velocidade de escoamento da água, o que proporciona a sedimentação da fração fina.

A jusante, as chuvas ou mesmo a correnteza parecem exercer menor influência no aumento da turbidez, provavelmente devido às fontes de sedimentos da região ou pela própria retenção dos sedimentos na barragem.

As temperaturas registradas nos sedimentos estão relacionadas com a temperatura da coluna d'água. As diferenças observadas na estação seca e na chuvosa correspondem aos registros históricos contidos no Portal da Qualidade das Águas da Agência Nacional de Águas (ANA, 2018). As temperaturas registradas ocorreram em torno de 30 °C, na estação seca, e 29 °C na estação chuvosa (com pequena variação de 1 e 2 °C entre os anos de 2011 e 2017) (ANA, 2018), valores semelhantes foram registrados nos sedimentos, durante as duas campanhas realizadas neste estudo.

Assim como para a turbidez e temperatura, a dinâmica sazonal regula os demais parâmetros físico-químicos, como o pH e o potencial redox. Na estação seca a variação de pH apresentada neste estudo foi de 6,5 a 7,7 a montante; e 5,3 e 7,4 a jusante. Na chuvosa a variação foi de 5,6 e 6,8 a montante; e de 5,5 e 7,1 a jusante. A chuva foi determinante para o aumento da vazão e na quantidade de água que drena pela bacia. Segundo HORBE *et al.* (2013), em estudo realizado no Rio Madeira, o efeito diluidor provocado pela água da chuva e o aumento da área inundada permite maior interação da água com a vegetação e o solo. Tais fatores contribuem para o aumento da disponibilidade de coloides, detritos e ácidos orgânicos, que podem resultar na redução do pH na estação chuvosa.

Os processos de oxi-redução também são afetados pelo regime hidrológico. De maneira geral, os valores de potencial redox nos trechos com características lólicas foram maiores na estação chuvosa do que na estação seca. Os sedimentos que eram moderadamente reduzidos na estação seca se tornaram oxidados na estação chuvosa. Isso se deve, provavelmente, ao aumento do fluxo de água do rio, que

oxigenou os sedimentos e elevou o potencial redox dos pontos dos Trecho 1 e 2. Por outro lado, nos pontos localizados dentro do reservatório, essa variação sazonal não foi observada, sendo a condição reduzida dos sedimentos mantida durante as duas estações do ano. Esses pontos estão localizados em ambiente lântico, portanto, há predomínio de grãos finos com características anaeróbicas e que tendem a preservar a matéria orgânica.

O percentual de carbono orgânico total apresentou variações a montante da UHE Tucuruí. Foram registrados percentuais em torno de 3% em pontos próximos às cidades de Marabá e Itupiranga na estação chuvosa, indicando que o lixiviamento e a drenagem das águas pluviais carregam essa carga orgânica para o rio. Também foi observado variações dos percentuais de carbono em pontos no reservatório, algo em torno de 2% na estação seca e 3% na estação chuvosa, chegando a atingir 8,4%. Esse acúmulo da carga orgânica no reservatório também foi observado com relação a presença de nitrogênio Kjeldahl total e o fósforo total, que apresentaram concentrações próximas de 600 e 700 mg/kg, chegando a atingir 930 e 1460 mg/kg, respectivamente, na estação seca. As concentrações do nitrogênio foram pouco maiores na estação chuvosa, com valores em torno de 900 mg/kg e máximo de 2080 mg/kg. Em relação ao fósforo houve redução na estação chuvosa, com valores em torno de 500 mg/kg e máximo de 976 mg/kg. Contudo, é importante destacar que as concentrações dos parâmetros citados não superaram os limites da resolução CONAMA N° 454/2012, com destaque para os Trechos 1 e 2, cujo os valores foram muito abaixo dos limites legais. Valores mais elevados ocorreram nos pontos do reservatório, mesmo assim abaixo dos limites. No Trecho 3, a jusante da UHE Tucuruí, os percentuais de carbono e as concentrações de nitrogênio e fósforo estiveram, em sua maioria, próximos ao limite de quantificação do método analítico nas duas estações.

Estes três parâmetros mencionados são considerados pela CETESB (2009) indicadores de poluição nos corpos hídricos por esgotos sanitários. A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada em 2008 pelo IBGE gerou em 2011 o Atlas de Saneamento (IBGE, 2008; 2011), cujo os dados desses estudos revelam a ausência de rede coletora de esgoto em todas as cidades ribeirinhas e próximas ao Rio Tocantins nos trechos entre Marabá e a barragem de Tucuruí. Mais

recentemente, o site G1 do Pará reportou em janeiro do 2017 os transtornos aos moradores de Marabá relativos à falta de saneamento (G1 PA, 2017), já que o município apresenta apenas 31,8% de esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2017a). O município de Itupiranga apresenta menos de 9% de esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2017b). Desta forma, tais fatos indicam provável influência dos esgotos das cidades sobre a qualidade das águas do rio, corroborando com os resultados apresentados neste estudo.

Dentre os metais analisados, o arsênio, o chumbo e o mercúrio ocorreram em poucos pontos na estação seca e chuvosa, a montante da UHE Tucuruí. A jusante, as ocorrências foram ainda menores e o mercúrio não foi quantificado em nenhuma amostra. Houve a presença do arsênio acima do limite do nível 1 da Resolução em apenas um ponto dentro do reservatório. Em cumprimento ao artigo 12º da Resolução CONAMA Nº 454/2012 foi realizado ensaio de ecotoxicidade nessa amostra.

O arsênio ocorre naturalmente em ambientes terrestres e aquáticos como contribuição do intemperismo e erosão de solos e rochas, erupções vulcânicas e queima de florestas. Áreas de depósito de metais preciosos podem apresentar em concentrações elevadas. Fontes antropogênicas incluem as atividades de mineração, uso de pesticidas, preservantes de madeira, entre outras atividades (ATSDR, 2000).

O cádmio não foi quantificado em nenhuma amostra nas duas estações. Os demais metais analisados como o cobre, cromo, níquel e zinco, ocorreram na maioria dos pontos nas estações seca e chuvosa, tanto a montante quanto a jusante. No entanto, as alterações na qualidade dos sedimentos provocadas por concentrações acima dos limites nível 1 da resolução ficaram mais evidentes na estação seca, sendo o cobre acima do limite em um ponto a montante, o cromo em 8 pontos a montante e 15 a jusante, e o níquel em 2 pontos a montante e 4 a jusante. Na estação chuvosa as alterações ocorreram em menor frequência, sendo o cobre em 2 pontos a montante e o cromo em 3 pontos a jusante. Dentre os resultados apresentados, somente na estação seca se destacam as concentrações de cromo acima do limite nível 2 em 3 pontos a montante e em 3 pontos a jusante.

Em função da presença desses metais em concentrações acima dos limites do nível 2 na primeira campanha, os ensaios de ecotoxicidade também foram realizados em cumprimento ao artigo 12º da resolução. Na estação seca, as amostras coletadas a montante M01 e M15 apresentaram valores de cromo acima do nível 2, além disso o ensaio ecotoxicológico indicou que os teores e/ ou as condições destes elementos nos sedimentos possuem potencial tóxico crônico aos organismos bentônicos. No caso da amostra M23 cujo os teores de arsênio e cobre estiveram acima no nível 1, esta apresentou um potencial tóxico agudo, pois ocorreu mortalidade de 100% dos organismos expostos. Enquanto que o valor de cromo quantificado na amostra do Pontos M02, mesmo acima do nível 2, não apresentou potencial tóxico nas condições de ensaio. Tais efeitos podem ter sido devido a mistura destes compostos presentes nos sedimentos, aliado às condições ambientais que os tornaram biodisponíveis aos organismos teste. Para o trecho jusante as amostras J02 e J04 que apresentaram valores de cromo acima do nível 2 e níquel acima do nível 1, ambas indicaram potencial tóxico agudo, pois houve mortalidade de 100% dos organismos nas duas amostras testadas. Na amostra J01 as condições de contaminação para o cromo e o níquel foram semelhantes, no entanto foi observado um potencial tóxico menos drástico, semelhante ao observado na amostra do Ponto J33, onde foi quantificado teores de dibenzo (a, h) antraceno pouco acima do nível 1.

Segundo ALEGRE (2009), em estudo realizado no rio Tietê, no trecho montante a cidade de São Paulo, em amostras coletadas após o descarte da ETE de Suzano, houve toxicidade aguda para *Hyallela* sp em amostras de sedimentos com teores de metais como cobre, cromo, níquel e cádmio entre os níveis 1 e 2. Outro estudo realizado por ARAÚJO (2005), também evidenciou a toxicidade aguda para *Hyallela* em sedimentos contaminados por metais, como em amostras do rio Tietê na região de Barra Bonita contaminadas com cádmio e níquel, no rio Atibainha próximo a Nazaré Paulista com cádmio e na represa de Guarapiranga contaminada com chumbo, cromo e cobre.

Os metais pesados podem ocorrer sob diferentes formas: ligados ao material em suspensão, dissolvidos na coluna d'água, ligados ao sedimento de fundo e dissolvidos na água intersticial dos sedimentos. Os processos físicos e químicos

como bioturbação, adsorção, desorção, difusão e mobilização, associados à parâmetros como o Eh, pH, salinidade e concentração de complexos orgânicos e inorgânicos são responsáveis pela interação dos metais no ambiente (Calmano & Forstner 1983 *apud* Loureiro *et al.*, 2012). A dimensão das partículas é um dos fatores mais importantes na adsorção dos metais, pois a porção fina (< 63 µm) é eletricamente ativa e possui grande superfície específica para adsorver os metais (Souza *et al.*, 2015). É conhecido que os metais têm grande afinidade com sedimentos finos, contudo suas concentrações são controladas por processos como o transporte e a deposição dos metais nos sedimentos (MARX & KAMBER, 2014 *apud* Souza *et al.*, 2015). A própria Resolução CONAMA N° 454/2012 em seu artigo 7º dispensa de análises químicas amostras compostas por sedimentos grossos, como areia.

No entanto, o fator tamanho do grão não foi preponderante para a presença dos metais nas amostras, uma vez que estes metais, em especial, o cobre, o cromo e o níquel estiveram distribuídos ao longo dos trechos a montante e a jusante da UHE Tucuruí, presentes tanto em amostras com predomínio de areia quanto em amostras com predomínio de silte ou argila.

O cobre tem como principal fonte de contaminação os rejeitos de indústrias químicas e metalúrgicas, bem como à aplicação de pesticidas, herbicidas e fertilizantes (CESAR *et al.*, 2011). O cromo, por sua vez, também está presente nos rejeitos industriais e urbanos (TRINDADE *et al.*, 2012), bem como na produção de ligas metálicas, fertilizantes, tintas, pigmentos, preservativos para madeira, entre outros usos (CETESB, 2009). Outra fonte importante é a indústria do couro (CETESB, 2009), onde 20% do cromo utilizado no preparo do couro é despejado como efluente (FEIKES, 1989). O níquel e seus compostos são utilizados em galvanoplastia, na fabricação de aço inoxidável, manufatura de baterias, pigmentos, entre outros usos (CETESB, 2009). Na agricultura o níquel também é bastante utilizado, em particular, nas monoculturas de soja (TRINDADE *et al.*, 2012).

Como mencionado, diversas são as fontes destes metais, o que torna difícil indicar possíveis fontes pontuais. No entanto, as atividades econômicas desenvolvidas na região, aliada às fragilidades das cidades no que diz respeito à coleta e tratamento

dos esgotos e efluentes, podem resultar na alteração da qualidade dos sedimentos nos trechos amostrados.

De acordo com PENA *et al.* (2014), a economia do município de Marabá está baseada na Indústria Siderúrgica e o principal foco é a produção de ferro, aço e seus derivados. A produção de ferro-gusa, a produção de forjados de aço e de metais não-ferrosos e suas ligas, e a produção de laminados longos de aço são consideradas atividades de maior concentração no município. Outra atividade importante, que teve alto crescimento, foi a fabricação de calçados de couro.

Dentre os HAPs, apenas o dibenzo (a,h) antraceno excedeu o limite nível 1 da resolução. Os HAPs têm a sua origem na combustão incompleta da matéria orgânica, influenciada principalmente por fatores como temperatura e pressão. Incêndios florestais e de campos, assim como a queima de combustível fóssil, são fontes de HAPs no meio ambiente, porém, as maiores emissões de HAPs provêm de processos industriais ligados à produção de aço e de alumínio, da exaustão de incineradores de rejeito e por resíduos sólidos industriais (PAGE *et al.*, 1999 *apud* Meire *et al.*, 2007). O dibenzo (a,h) antraceno é composto por cinco anéis de benzeno fundidos, produzidos pela combustão incompleta da matéria orgânica. É encontrado principalmente na exaustão de gasolina, fumaça de tabaco, fuligem e certos produtos alimentícios. Há evidências suficientes de efeitos carcinogênicos em animais e provável efeito em humanos (NIH, 2018).

Assim como mencionado para os metais, algumas atividades presentes na região podem resultar em possível alteração na qualidade dos sedimentos pela presença do dibenzo (a,h) antraceno, porém é importante destacar que este HAP ocorreu apenas em um ponto dentro do reservatório e que a somatória dos HAPs nesse ponto não excedeu o limite proposto pela resolução CONAMA N° 454/2012.

- Estimativa da taxa de assoreamento

No Trecho 1 (entre Marabá e Itupiranga), de acordo com o projeto básico de dragagem (UFPA/DNIT, 2017), estimou-se um volume a ser dragado de 3.320.000 m³. Pelo fato desse trecho estar em equilíbrio dinâmico, se todo o material dragado for mantido dentro do sistema, como está previsto em projeto, não haverá impactos no balanço geral do sistema, e ele se manterá em equilíbrio sedimentar.

Recomenda-se que se considere na escolha das áreas de bota-fora no projeto executivo, áreas com vocação para deposição para que nos períodos de cheia este sedimento não retorne à calha e gere maiores necessidades de dragagem.

A análise de pós projeto proposta para o Trecho 2 considerou a geometria do canal fluvial considerando o volume de rocha a ser derrocado. Tendo em vista que não houve remoção ou adição de sedimentos no sistema dentro desse trecho, o resultado obtido condiz com o esperado, não há impacto no transporte de sedimentos e conseqüentemente no assoreamento.

No Trecho 3 (Tucuruí à Baião) foi estimado um volume a ser dragado de 2.354.000 m³, o qual será lançado dentro do próprio rio, ou seja, não haverá retirada de sedimentos de dentro do próprio sistema. Além disso, verifica-se com base na curva-chave de sedimentos e dados de vazão que há um aporte médio anual de sedimentos de aproximadamente 1.500.000 toneladas. Esse volume refere-se à carga de sedimentos em suspensão. O sedimento que será dragado, que é o sedimento de fundo, corresponde a aproximadamente 20% desse valor. Dessa maneira, verifica-se que o valor aportado é bastante inferior ao que será dragado. Infere-se, portanto, que após a dragagem de implantação prevista, não serão necessárias dragagem de manutenção. Além disso, tendo em vista a redução significativa de aporte de sedimentos no trecho, em virtude da retenção observada na barragem, a autodragagem do sistema acontecerá naturalmente ao longo dos anos, e será apenas adiantada e realizada de forma mais eficiente para manutenção da hidrovia. Dessa maneira, nenhum grande impacto será causado a esse trecho.

Concluiu-se primeiramente nas análises das condições pré-existentes que, conforme era esperado, a região possui características claras de áreas impactadas por barragem, com deposição de sedimentos a montante e erosão a jusante, e que esse impacto vai se tornando menos influente a medida que se aumenta a distância entre a seção e a barragem. Conclui-se também que as obras previstas (dragagem e derrocamento) geram pouco ou nenhum impacto no transporte de sedimentos e não alteram essa condição pré-existente gerada pela barragem por se tratarem de intervenções que não visam o aumento ou remoção dos sedimentos no sistema.

Por fim, não há previsão de necessidade de dragagens de manutenção nos trechos analisados.

A Análise Sedimentológica do rio Tocantins entre marabá e Baião é apresentada no **Anexo 5.1-VII**.

5.1.5.5 Conclusão

A caracterização dos sedimentos mostrou que houve alterações na qualidade dos sedimentos na estação seca em função das concentrações dos parâmetros: arsênio, cobre, cromo, níquel e dibenzo (a, h) antraceno que excederam o nível 1 e 2 da Resolução CONAMA N° 454/2012. A montante da UHE Tucuruí, o arsênio, o cobre e o dibenzo (a, h) antraceno excederam o nível 1 em 1 (uma) amostra cada, o cromo excedeu o nível 1 em 8 (oito) amostras e o nível 2 em 3 (três) amostras, e o níquel excedeu o nível 1 em 2 (duas) amostras. A jusante, o cromo excedeu o nível 1 em 15 (quinze) amostras e o nível 2 em 3 (três) amostras, e o níquel excedeu o nível 1 em 4 (quatro) amostras. Por conta das concentrações acima de nível 1 de arsênio e dibenzo (a, h) antraceno e acima de nível 2 de cromo, foram realizados ensaios ecotoxicológicos com anfípodas em 8 amostras, das 56 analisadas, onde foi observado potencial tóxico agudo em 3 (três) amostras, potencial tóxico de efeito crônico em 4 (quatro) amostras e em 1 (uma) amostra (M02) não houve potencial tóxico evidente.

Também ocorreram alterações na estação chuvosa em função dos parâmetros cobre e cromo com concentrações que excederam o nível 1 da resolução. A montante da UHE Tucuruí, o cobre excedeu o nível 1 em 2 (duas) amostras. A jusante, o cromo excedeu o nível 1 em 3 (três) amostras. Contudo, de acordo com o artigo 12º da resolução CONAMA N° 454/2012, não foi necessário a realização de ensaios ecotoxicológicos para os parâmetros cobre e cromo com concentrações acima do limite nível 1.

Com relação à turbidez, a montante da UHE Tucuruí há dois cenários distintos: 1º - Baixa turbidez em todos os trechos durante a estação seca; 2º - Turbidez mais elevada no Trecho 1 e 2, durante a estação chuvosa, cerca de 9 vezes maior, com considerável redução no Trecho Reservatório. A jusante, houve aumento da turbidez na estação chuvosa, porém em menor magnitude.

No período de maior vazão (chuvoso), não foi observado aumento nas concentrações de metais ou orgânicos nos sedimentos. Houve um decréscimo nos valores, provavelmente devido à maior diluição e remobilização da fração fina, reduzindo a presença de metais e orgânicos que podem contribuir com a redução na qualidade do sedimento.

As fontes dos metais e HAPs são difusas o que dificulta a determinação das suas origens. Entretanto, as cidades de Marabá e Itupiranga podem ser responsáveis pelo *input* dos metais e orgânicos, uma vez que são cidades que apresentam limitações nos seus sistemas de captação e tratamento de esgoto e efluentes.

5.1.6 Recursos Hídricos

5.1.6.1 Hidrologia e Hidrogeologia

No presente item apresentam-se as características hidrológicas das áreas de influência das obras de dragagem e derrocamento da via navegável do rio Tocantins.

5.1.6.1.1 Considerações Metodológicas

A caracterização dos recursos hídricos tem por objetivo descrever o seu regime hidrológico, as condições de proteção e principais usos.

A caracterização do sistema hidrográfico foi realizada através de pesquisa a dados secundários disponíveis nos órgãos públicos e em bibliografia especializada, além de consulta a outras fontes pertinentes ao tema.

A caracterização do regime hidrológico foi realizada através dos dados de vazão obtidos na Agência Nacional de Águas (ANA) em arquivos no formato tabular e organizados de acordo com as médias mensais, valores máximos e mínimos para os meses do ano no período de 1977 a 2016 para a estação Itupiranga, 1978 a 2016 para a estação Marabá e 1978 a 2015 para a estação Tucuruí. A análise foi realizada a partir dos dados das estações de monitoramento de Itupiranga e Marabá, operadas pela CPRM e da estação de Tucuruí, operada pela ANA.

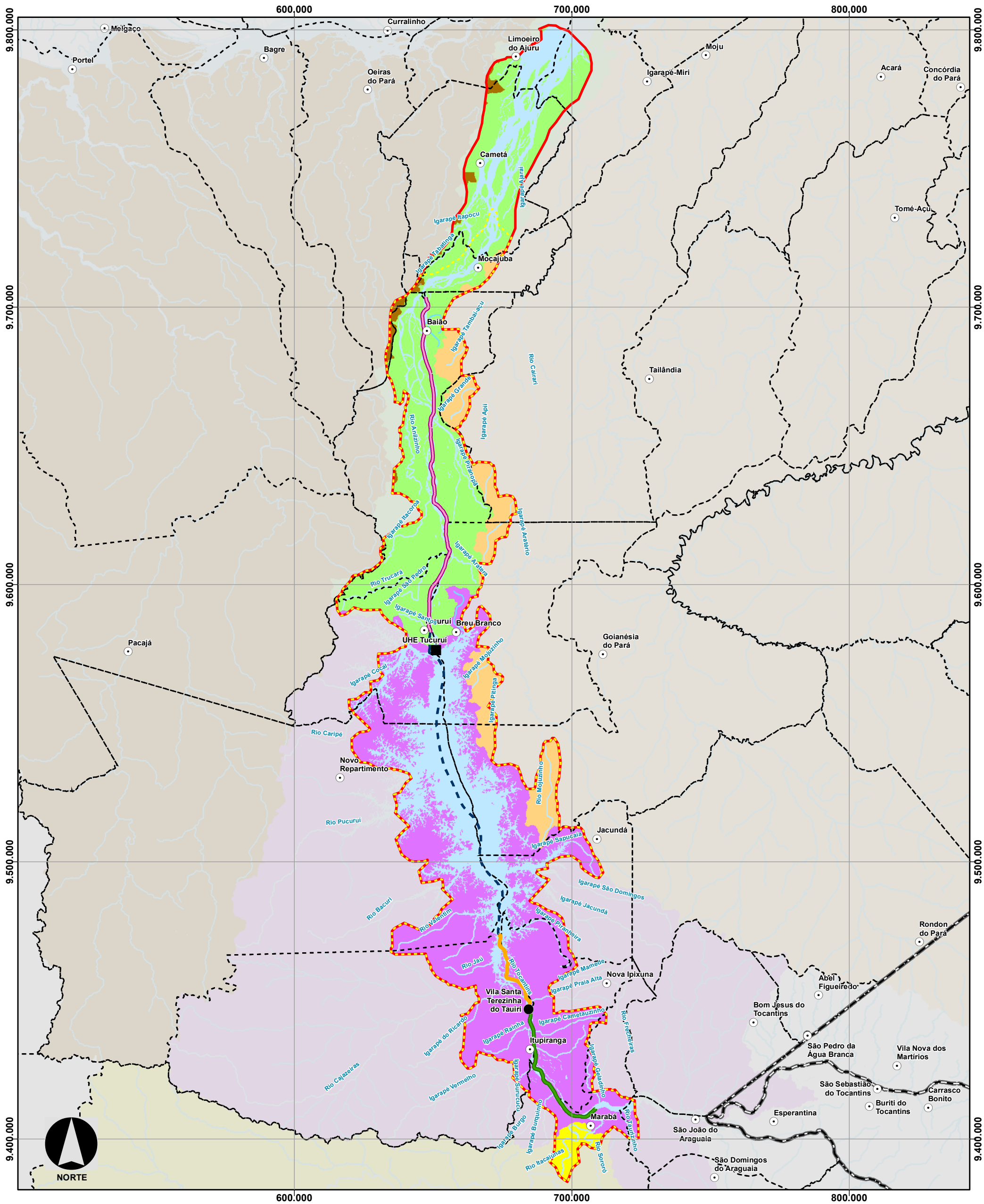
Ressalta-se que no trecho de interesse há outras três estações (UHE Tucuruí Barramento, UHE Tucuruí Jusante e Nazaré dos Patos), as quais foram excluídas da análise pela indisponibilidade de dados de vazão.

Para caracterização dos usos das águas foram consideradas as outorgas disponibilizadas pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMA/PA), pelo Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) e pela Agência Nacional de Águas (ANA).

A Análise Sedimentológica do rio Tocantins entre marabá e Baião é apresentada no **Anexo 5.1-VII**.

5.1.6.1.2 Caracterização do Sistema Hidrográfico

Conforme subdivisão do território brasileiro estabelecida pela Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH N° 32/2003, a área de estudo definida para o Projeto Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do rio Tocantins de Marabá (PA) a Baião (PA) se enquadra no grupo de mananciais pertencentes à Região Hidrográfica Tocantins/Araguaia (**Mapa 5.1.6-1**).



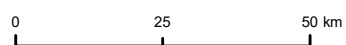
CONVENÇÕES

- | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Sedes Municipais ● Vila Tauri — Corpos d'água — Massa d'água — Área de Influência Direta — Área de Influência Indireta - - - Limite Municipal — Limite Estadual | <p>Área do Projeto</p> <ul style="list-style-type: none"> — Trecho do Reservatório — ADA - Área Diretamente Afetada — Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga — Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogeá — Trecho 3 - Jusante - Tucuruí à Baião | <p>Divisão Hidrográfica</p> <ul style="list-style-type: none"> — Acará//Guamá — Baixo Tocantins — Itacaiúnas — Pará — Submédio Tocantins |
|--|---|--|

LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM FUSO 22S DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000



Consórcio **DTA** O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Unidades de Planejamento dos Recursos Hídricos

NÚMERO DO MAPA: 5,1,6-1	ESCALA/FORMATO: 1:1.285.000 /A3	DATA: 18/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018, SEMA, 2017.

Conforme proposição do Plano Estratégico dos Recursos Hídricos (2009), a Região Hidrográfica Tocantins/Araguaia é subdividida em 17 Unidades de Planejamento (UP), sendo que a área de estudo está inserida em duas unidades principais (**Mapa 5.1.6-1**):

- Unidade de Planejamento do Submédio Tocantins (UP-14), a qual compreende a área formada pelo trecho do rio Tocantins após a confluência com o rio Araguaia até a UHE Tucuruí, totalizando área de 26.865 km²; e
- Unidade de Planejamento do Baixo Tocantins (UP-15), que totaliza área de 5.732 km² e ocupa o trecho do rio Tocantins após a UHE Tucuruí até a foz na Baía de Marajó.

Ademais são abrangidos pequenos trechos da Unidade de Planejamento Itacaiúnas (UP-13), Acará/Guamá (UP-17) e Pará (UP-16).

O rio Tocantins tem extensão total de aproximadamente 2.400 km e é formado a partir da confluência dos rios das Almas e Maranhão, cujas cabeceiras localizam-se no Planalto de Goiás, ao norte da cidade de Brasília. No trecho de interesse, o rio Tocantins abrange cerca de 333 km, e tem como principais contribuintes pela margem esquerda os rios Cajazeiras, Jaú, Valentim, Bacuri, Pucuruí, Repartimento, Caripé, Trucurá e Anilzinho, além dos igarapés Vermelho e Itacaroa. Pela margem direita os principais contribuintes são os igarapés Praia Alta, Piranheira, Jacundá, São Domingos, Sapucaia e Piranapoá.

As principais atividades econômicas do trecho das UP-14 e 15 são representadas pelo setor primário, com destaque para a agropecuária e pelo setor secundário, notando-se a presença do polo de ferro-gusa de Marabá e da usina hidrelétrica de Tucuruí.

5.1.6.1.3 Regime Hídrico

A análise do regime hídrico do trecho do rio Tocantins situado na Área de Estudo do empreendimento foi realizada com base nas informações disponibilizadas pela ANA, através do Sistema de Informações Hidrológicas² considerando as variabilidades anuais e interanuais, utilizando séries históricas de vazão e nível.

O monitoramento fluviométrico no rio Tocantins é mantido pelas entidades ANA, ELETRONORTE e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM e apesar de apresentar boa cobertura de estações (**Mapa 5.1.6-2**), no trecho em análise (Marabá-Baião), apenas três estações (Marabá, Tucuruí e Itupiranga) apresentaram dados que permitiram obter séries de vazões (**Tabela 5.1.6-1**) longas o suficiente para descrever o regime hídrico.

² hidroweb, <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>

Tabela 5.1.6-1 - Estações fluviométricas presentes no rio Tocantins no trecho Marabá-Baião

Código ANA	Nome	Município	Dados Disponibilizados	Operadora	Coordenadas	
					X	X
29050000	Marabá	Marabá	Vazão	CPRM	707845,50	707845,50
29200000	Itupiranga	Itupiranga	Vazão	CPRM	685760,07	685760,07
29680080	UHE Tucuruí Barramento	Tucuruí	Cotas	ELETRONORTE	646217,51	646217,51
29680090	UHE Tucuruí Jusante	Tucuruí	Sem Dados	ELETRONORTE	644359,93	644359,93
29700000	Tucuruí	Tucuruí	Vazão	ANA	649548,24	649548,24
29750000	Nazaré dos Patos	Breu Branco	Cotas	CPRM	654932,19	654932,19

Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA). Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), consultado em 10/01/2018.

A análise da vazão foi realizada com dados de médias mensais obtidos da estação de monitoramento de Itupiranga, Marabá e Tucuruí, operadas pela ANA. Os dados cobrem o período de 1977 a 2016 para a estação Itupiranga, 1978 a 2016 para a estação Marabá e 1978 a 2015 para a estação Tucuruí. Em todos os casos os dados mostram a série completa de dados disponíveis de vazão juntamente com a média, máximo e mínimo. A nível comparativo, os dados médios mensais também foram separados em intervalos de 10 anos, para todas as estações, conforme mostrado na **Tabela 5.1.6-2**.

Tabela 5.1.6-2 - Médias dos dados de vazão (m³/s) das estações de Itupiranga, Marabá e Tucuruí em intervalos de 10 anos³

Estação	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Máxima	Mínima
Itupiranga	Vazão média 1977 - 1987	16159	24920	27330	24898	16053	8277	5334	4119	3714	3916	5132	8173	12335	27330	3714
	Vazão média 1988 - 1998	13753	16717	19538	21850	16108	9608	7132	5896	4621	3681	4150	8189	10937	21850	3681
	Vazão média 1999 - 2009	11646	16961	21414	22242	17156	12003	8576	5241	3310	2704	3572	7214	11003	22242	2704
	Vazão Média 2010 - 2016	11088	15088	19179	19373	15893	11642	9375	7333	3239	2549	3799	6608	10431	19373	2549
	Média do Período (1977 – 2016)	13413	19058	22252	22450	16263	10096	7358	5194	3796	3480	4284	7708	11279	22450	3480
Marabá	Vazão média 1978 - 1988	16291	23589	26503	25337	15976	7408	4557	3456	2962	3248	4571	7910	11817	26503	2962

³ As médias foram calculadas conforme dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA). No período de 2007 a 2016 devido a indisponibilidade de dados consistidos foram considerados os dados brutos.

Estação	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Máxima	Mínima
	Vazão média 1989 - 1999	13913	17401	20493	20911	14792	7538	4842	3548	2773	2755	3869	8107	10079	20911	2755
	Vazão média 2000 - 2010	12900	18182	21851	23643	16977	9292	5240	3422	2851	3026	4150	7480	10751	23643	2851
	Vazão Média 2011 - 2016	11068	16179	19522	19221	14218	7658	5431	3427	2844	2689	3767	6407	9369	19522	2689
	Média do Período (1978 - 2016)	13751	19287	22437	22644	15619	7981	4950	3469	2860	2958	4129	7617	10642	22644	2860
Tucuruí	Vazão média 1978 - 1988	16498	25217	28998	28029	17324	7705	4449	3433	3109	3325	4552	8155	12566	28998	3109
	Vazão média 1989 - 1999	13088	18178	22277	22343	15686	7039	4555	3885	4081	4128	4335	6968	10547	22343	3885

Estação	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Máxima	Mínima
	Vazão média 2000 - 2010	9414	15443	21289	24403	16126	7609	5707	5459	5016	5185	5045	5441	10511	24403	5016
	Vazão Média 2011 - 2015	9448	14144	19444	19900	14781	6613	4900	5258	6344	4844	3571	7752	9750	19900	3571
	Média do Período (1978 – 2015)	12425	19226	23564	24256	16172	7333	4882	4337	4329	4143	4562	6958	11016	24256	4143

Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA).

Considerando-se os dados do período de 1977 a 2016 para a estação Itupiranga, 1978 a 2016 para a estação Marabá e 1978 a 2015 para a estação Tucuruí, os resultados mostram que a vazão do rio Tocantins, independentemente da estação cujos dados foram analisados, possui uma periodicidade sazonal, alternando entre períodos de seca, de julho a novembro, e cheia, de fevereiro a abril (**Figura 5.1.6-1**). Os meses de maio, junho, dezembro e janeiro caracterizam-se como transição entre os períodos de seca e cheia.

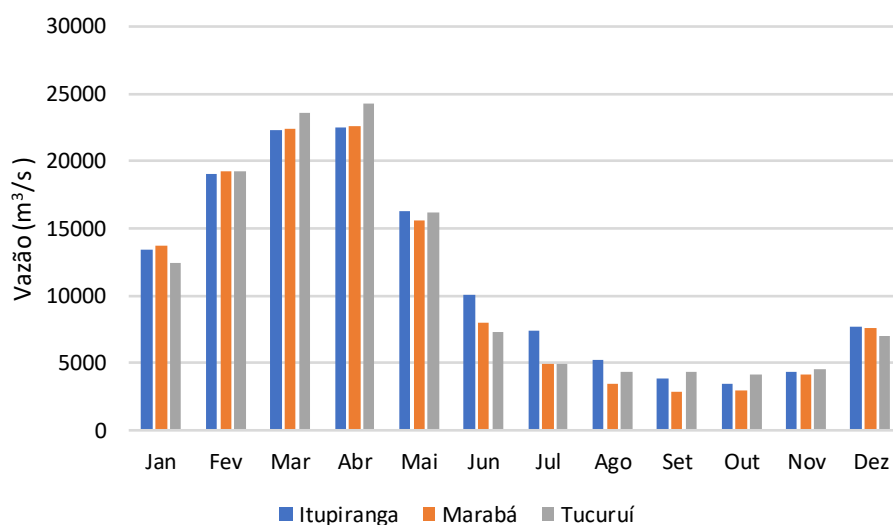


Figura 5.1.6-1 - Dados de vazão (m³/s) média mensal entre as três estações analisadas

Fonte: ANA, 2018.

O período de cheia possui vazão acima de 15.000 m³/s, iniciando no mês de fevereiro e atingindo as maiores taxas nos meses de março e abril, quando as vazões médias superam 19.000 m³/s. No período seco a vazão normalmente não excede 5.000 m³/s, atingindo as menores taxas entre os meses de setembro e novembro. Nos meses de dezembro e janeiro, que antecedem o período de cheia, verifica-se a evolução dos índices de vazão. Nos meses de maio e junho, que antecedem o período de seca, o processo inverso é observado, com a diminuição progressiva dos índices de vazão.

Considerando-se os dados em intervalos de 10 anos (**Gráfico 5.1.5 2** ao **Gráfico 5.1.5 4**) observa-se que as três estações analisadas apresentaram um decréscimo

significativo na vazão no primeiro semestre, sobretudo nos meses de janeiro a abril, com uma diferença de cerca de 10.000 m³/s entre a década de 1977-1987 e a década de 2010-2016. Nos meses de menor vazão essa variabilidade interanual é menor e não ultrapassa 2.000 m³/s.

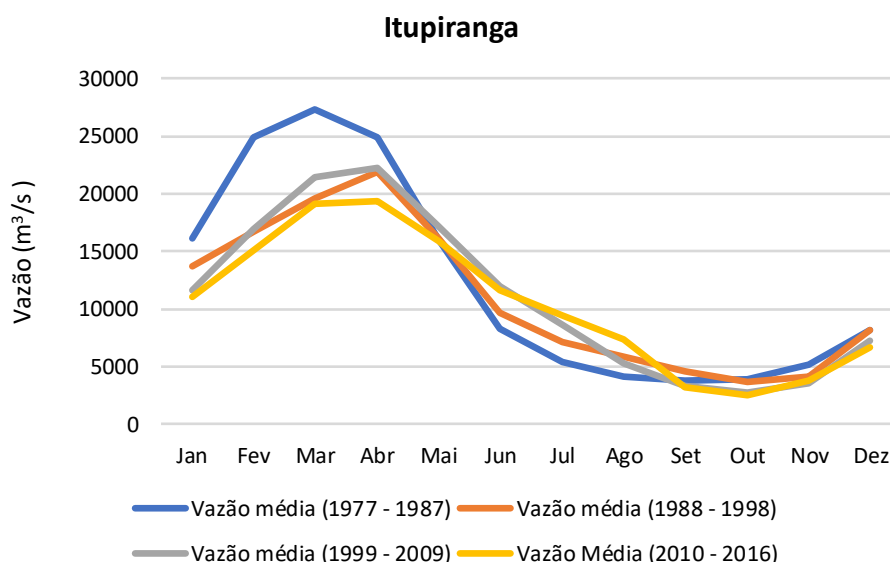


Figura 5.1.6-2 - Médias mensais de vazão (m³/s) em intervalos de 10 anos na estação Itupiranga

Fonte: ANA, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

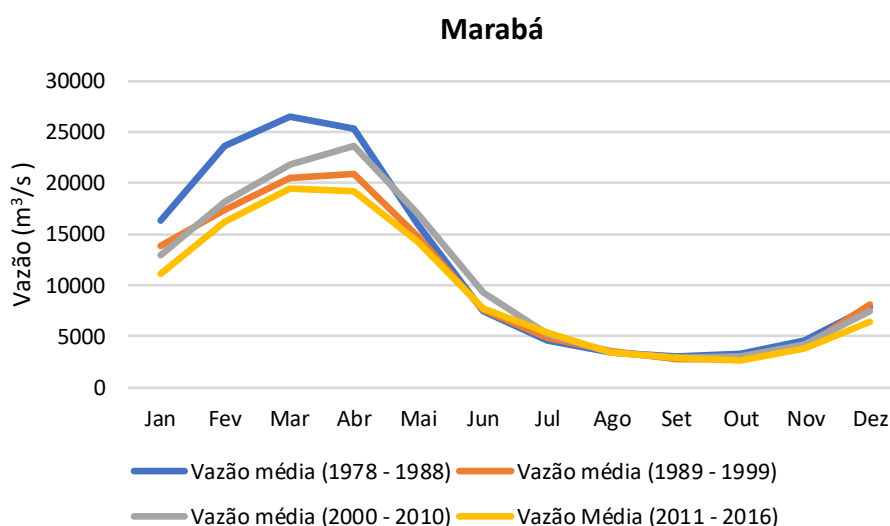


Figura 5.1.6-3 - Médias mensais de vazão (m³/s) em intervalos de 10 anos na estação Marabá

Fonte: ANA, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

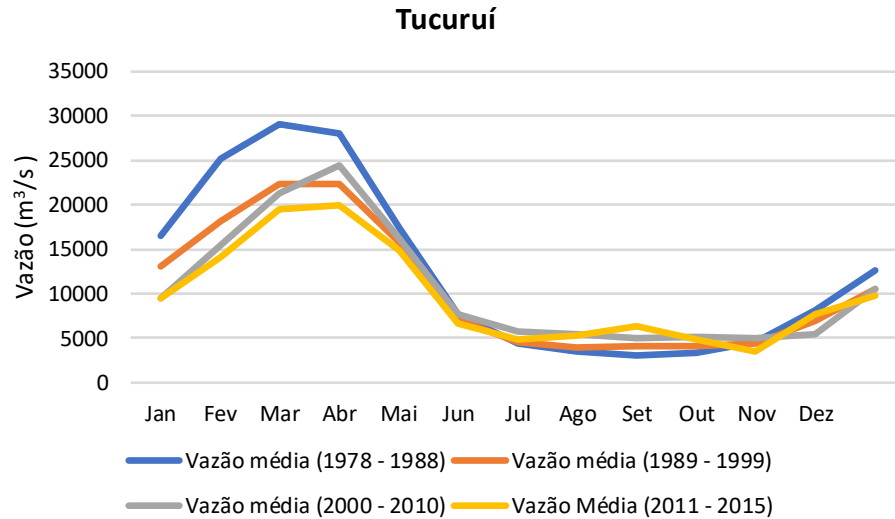


Figura 5.1.6-4 - Médias mensais de vazão (m³/s) em intervalos de 10 anos na estação Tucuruí

Fonte: ANA, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

No que se refere às máximas e mínimas, observa-se que para a estação Itupiranga, no período entre 1977 a 2016, a vazão máxima foi de 51.091,1 m³/s registrada no mês de março, e a mínima foi de 1.911,4 m³/s registrada no mês de outubro (**Figura 5.1.6-5**).

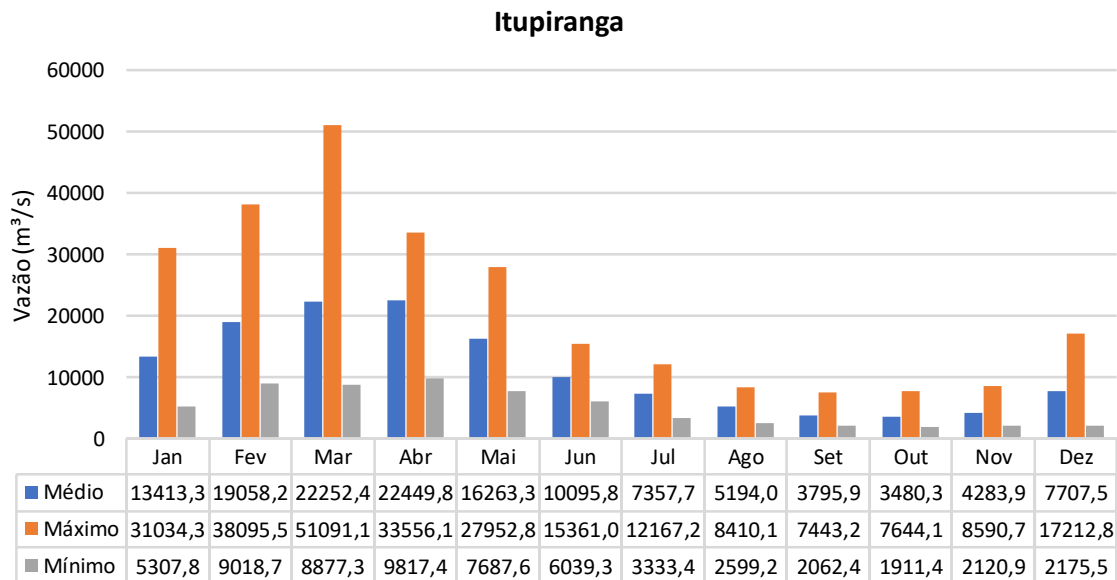


Figura 5.1.6-5 - Vazão média (m³/s), máxima e mínima de cada mês na Estação de Itupiranga (1977-2016)

Fonte: ANA, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

Para a estação Marabá, no período entre 1978 a 2016, a vazão máxima foi de 43.781,6 m³/s registrada no mês de março e a mínima foi de 1.760,7 m³/s registrada no mês de outubro (**Figura 5.1.6-6**).

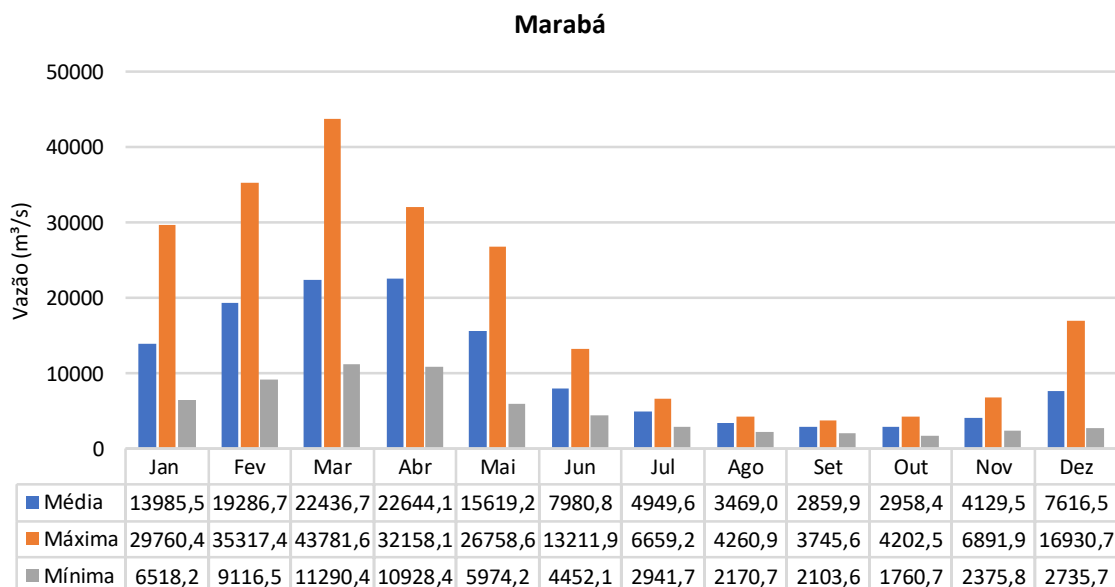


Figura 5.1.6-6 - Vazão média (m³/s), máxima e mínima de cada mês na Estação de Marabá (1978-2016)

Fonte: ANA, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

Para a estação Tucuruí, no período entre 1978 a 2015, a vazão máxima foi de 49.617,01 m³/s registrada no mês de março, e a mínima foi de 2.557,9 m³/s registrada no mês de setembro (**Figura 5.1.6-7**).

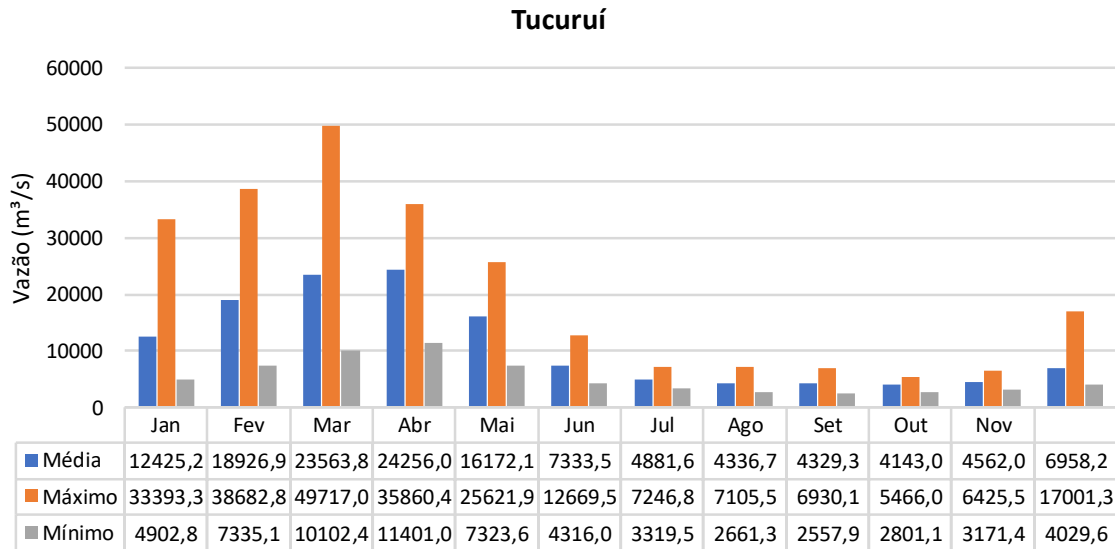


Figura 5.1.6-7 - Vazão média (m³/s), máxima e mínima de cada mês na Estação de Tucuruí (1978-2015)

Fonte: ANA, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

A análise de nível (média, máximo e mínimo) foi realizada com dados mensais obtidos da estação de monitoramento de Itupiranga, Marabá e Tucuruí, operadas pela ANA, com séries temporais abrangendo de 1970-2017, 1970-2017 e 1970-2015, respectivamente. A **Figura 5.1.6-8** mostra a média mensal das três estações analisadas.

Assim como para os dados de vazão, os dados de nível mostraram valores máximos nos meses úmidos, principalmente entre janeiro e maio, com valores acima de 8 m. Nos meses de estiagem (julho a outubro) ocorrem os mínimos valores, comumente abaixo de 4 m.

A análise entre as estações mostrou poucas variações, com apenas a estação de Itupiranga ultrapassando a marca de 12 m nos meses de março e abril, conforme pode ser visto na **Figura 5.1.6-10**. Os demais resultados podem ser verificados na **Figura 5.1.6-9** e na **Figura 5.1.6-11**.

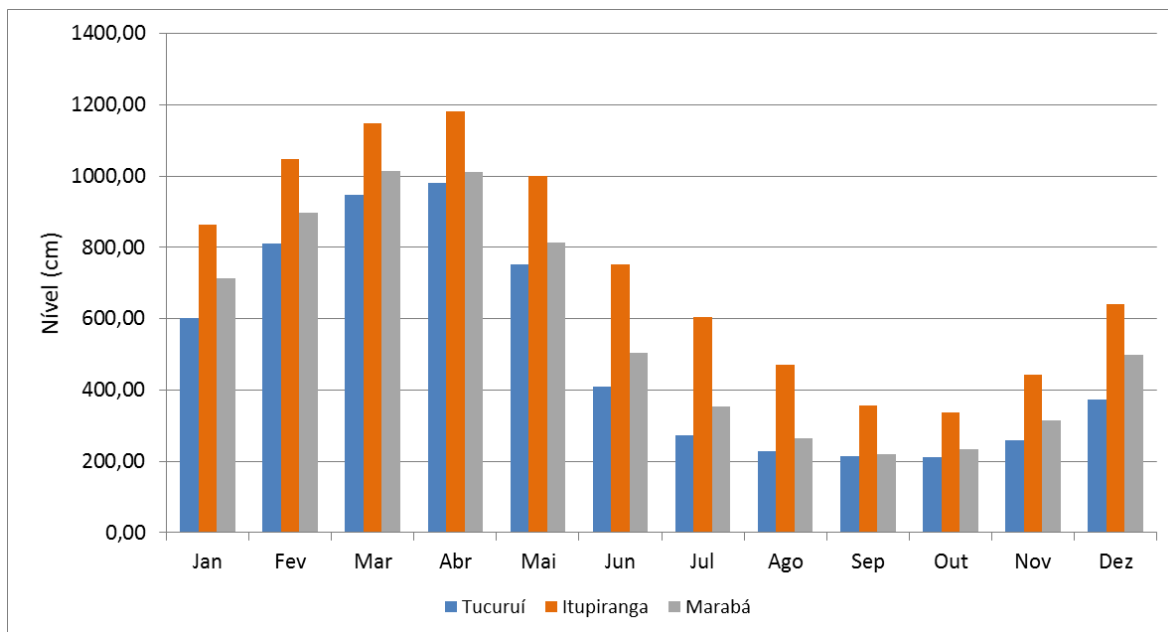


Figura 5.1.6-8 - Nível médio (cm) nas estações de Tucuruí, Itupiranga e Marabá entre os anos de 1972-2016

Fonte: ANA, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

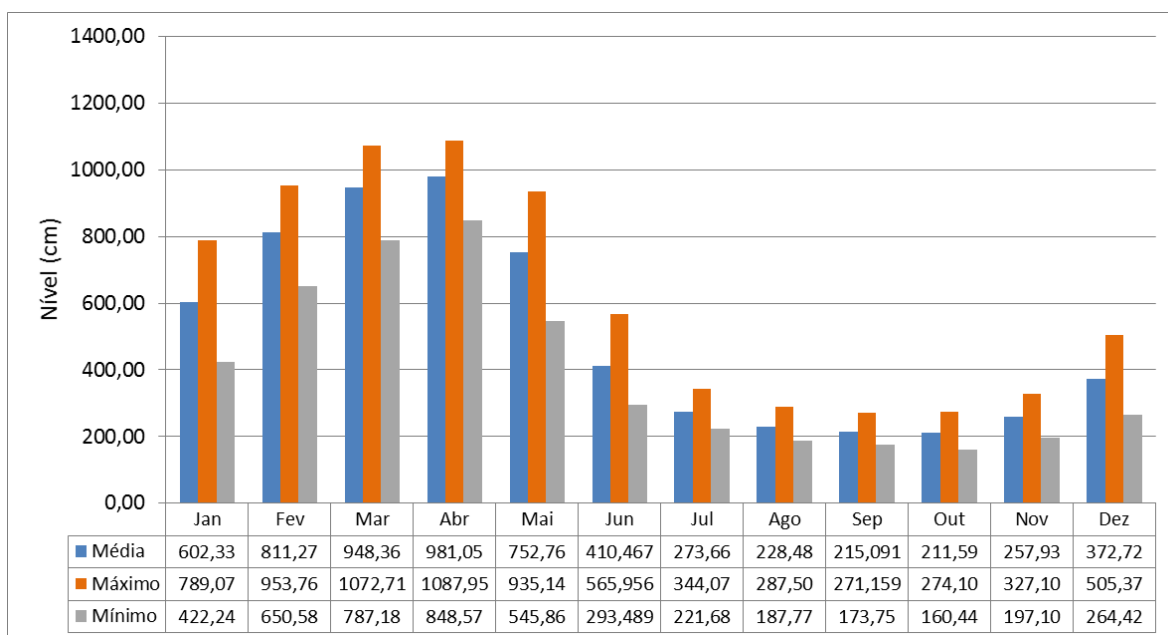


Figura 5.1.6-9 - Nível médio (cm), máximo e mínimo na estação de Tucuruí entre os anos de 1969-2016

Fonte: ANA, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

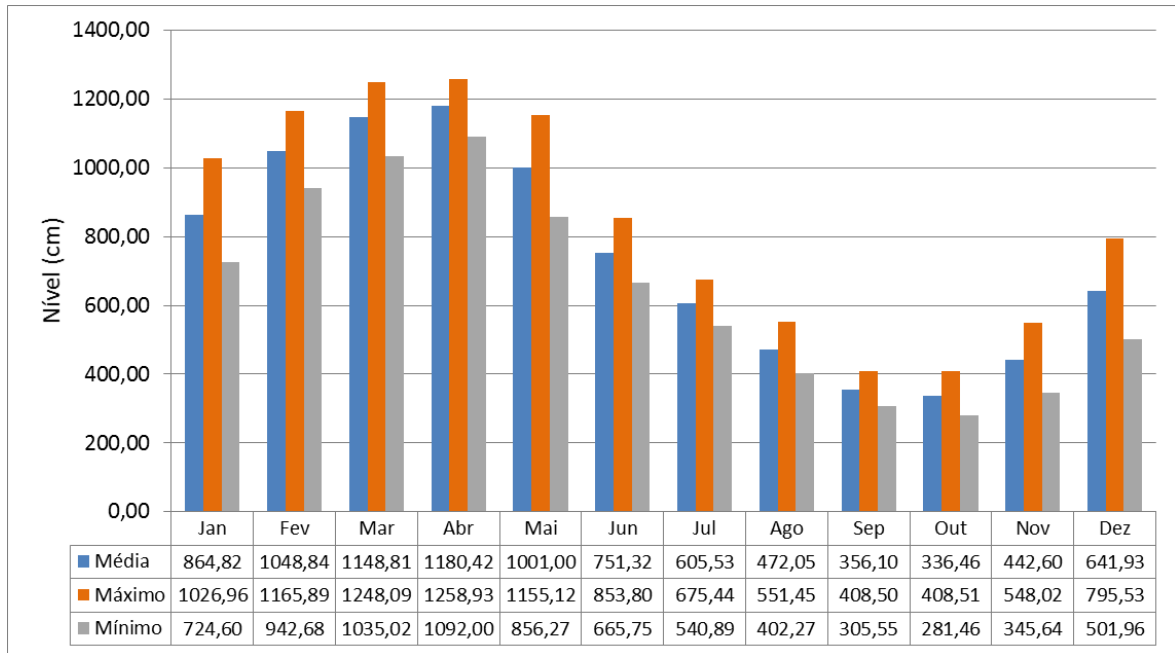


Figura 5.1.6-10 - Nível médio (cm), máximo e mínimo na estação de Itupiranga entre os anos de 1969-2016

Fonte: ANA, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

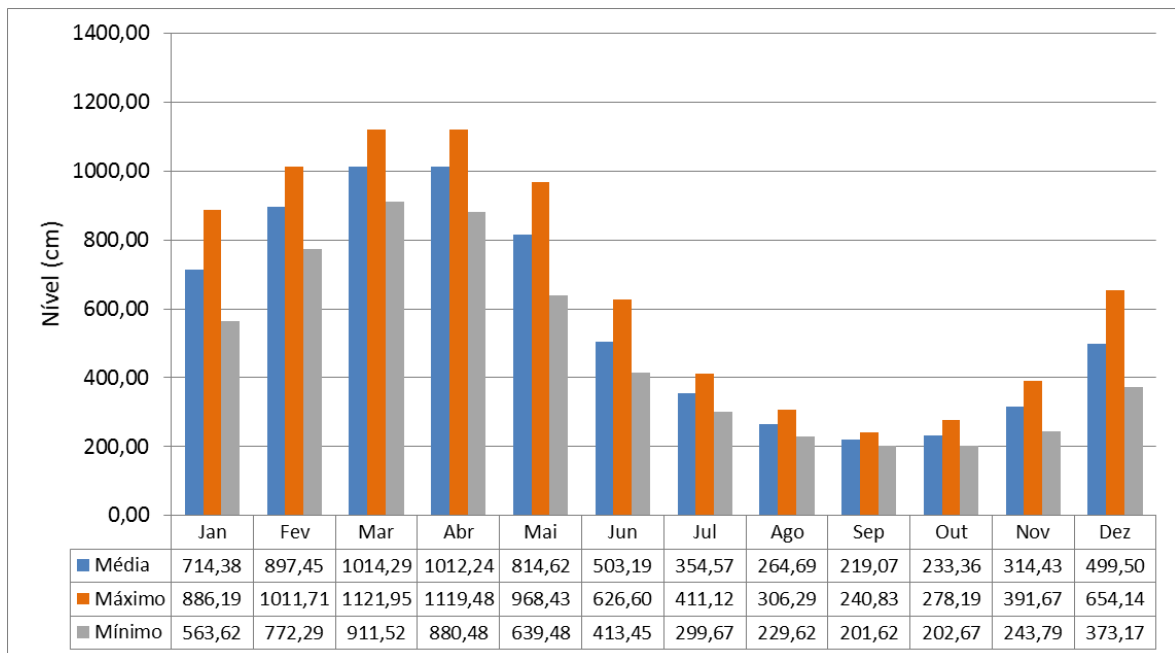


Figura 5.1.6-11 - Nível médio (cm), máximo e mínimo na estação de Marabá entre os anos de 1972-2016

Fonte: ANA, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

5.1.6.1.4 Classe de Enquadramento dos Recursos Hídricos

De acordo com a Resolução CONAMA N° 357/2005, que “*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*”, as águas da Área de Estudo foram classificadas como Água Doce Classe 2, conforme definição do Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia (ANA, 2009).

No caso de cursos d'água (águas doces) que ainda não foram submetidos ao processo de enquadramento, a Resolução CONAMA N° 357 de 17 março de 2005 define que os mesmos devem ser considerados de Classe 2, ou seja, as águas podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA N° 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

5.1.6.1.5 Uso das Águas Superficiais e Subterrâneas

5.1.6.1.5.1 Águas superficiais

Em relação aos usos dos recursos hídricos superficiais, foram avaliados os principais usos da água na área de estudo do empreendimento, a partir das portarias de outorgas de águas superficiais cadastradas na Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMA-PA) e na Agência Nacional de Águas

(ANA). Para tanto considerou-se os usos múltiplos da água, classificados em consuntivos e não consuntivos⁴.

De acordo com os dados cadastrados no sistema SEMA/PA e na ANA os principais usos consuntivos da água presentes na região de estudo referem-se ao uso para abastecimento público, umectação de vias e compactação e terraplanagem. Com relação aos usos não consuntivos destaca-se o uso para aquicultura e recreação, além da geração de energia elétrica, sendo identificado no trecho do empreendimento a UHE Tucuruí, com potência instalada de 8.370 MW.

Segundo banco de dados da SEMA/PA e ANA, existem na região de estudo 29 pontos de captação superficial, dos quais 13 estão cadastrados na SEMA/PA e 16 na ANA, conforme apresentado no **Quadro 5.1.6-1** e no **Mapa 5.1.6-3**.

Quadro 5.1.6-1 – Outorgas de uso da água superficial cadastradas na área de estudo

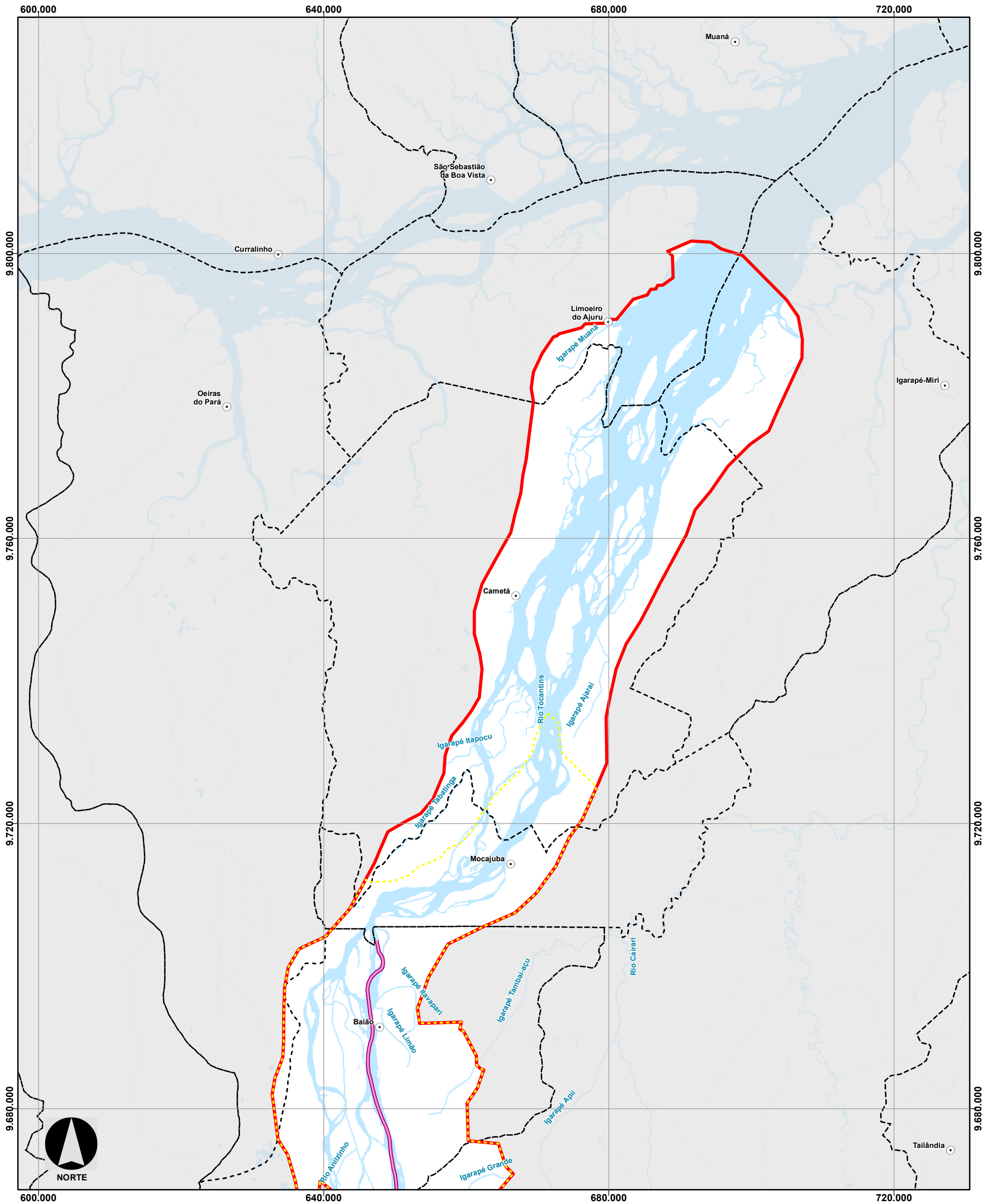
Entidade	Nº do Processo	Finalidade	Modalidade /Categoria	Vazão (m³/hora)	Município
SEMA/PA	39960	Aquicultura	Outorga de Direito	33,2	Itupiranga
	7416	Compactação Terraplanagem	Outorga de Direito	360,0	Marabá
	18259	Aquicultura	Declaração de Dispensa de Outorga	86,0	Marabá
	21421	Sem Informação	Declaração de Dispensa de Outorga	0,5	Tucuruí
	10012	Aquicultura	Outorga Preventiva	915,0	Breu Branco
	20416	Abastecimento Humano	Declaração de Dispensa de Outorga	5,0	Tucuruí

⁴ É considerado como uso consuntivo aquele em que há a retirada da água de sua fonte natural, causando uma diminuição na sua disponibilidade espacial e temporal. O uso não consuntivo é entendido como aquele em que depois da utilização há o retorno da água usada à sua fonte de suprimento, ocasionando apenas uma modificação temporal em sua disponibilidade. São exemplos de uso consuntivo a utilização de recursos hídricos para o uso urbano, industrial e irrigação e de uso não consuntivo a utilização de recursos hídricos para geração de energia elétrica, navegação, usos ecológicos, aquicultura e recreação e lazer.

Entidade	Nº do Processo	Finalidade	Modalidade /Categoria	Vazão (m³/hora)	Município
	18390	Aquicultura	Declaração de Dispensa de Outorga	86,0	Marabá
	13518	Aquicultura	Outorga de Direito	1224,8	Breu Branco
	20514	Recreação	Outorga de Direito	296,0	Breu Branco
	20514	Recreação	Outorga de Direito	1187,6	Breu Branco
	39766	Umectação de Vias	Outorga de Direito	100,0	Itupiranga
	39766	Umectação de Vias	Outorga de Direito	100,0	Itupiranga
	44632	Aquicultura	Outorga de Direito	171,0	Breu Branco
ANA	02501000562/2018	Aquicultura	Direito de Uso	50,0	Marabá
	02501003419/2017	Aquicultura	Direito de Uso	150,0	Marabá
	02501000699/2018	Irrigação	Direito de Uso	0,0	Marabá
	02501000522/2018	Irrigação	Direito de Uso	0,0	Marabá
	02501000396/2018	Irrigação	Direito de Uso	0,0	Marabá
	02501000398/2018	Irrigação	Direito de Uso	1,0	Marabá
	02501000389/2018	Irrigação	Direito de Uso	0,0	Marabá
	02501000390/2018	Irrigação	Direito de Uso	0,0	Marabá
	02501.001857/2011	Consumo Humano	Uso de pouca expressão	37,0	Marabá
	02501.001857/2011	Consumo Humano	Uso de pouca expressão	37,0	Marabá

Entidade	Nº do Processo	Finalidade	Modalidade /Categoria	Vazão (m³/hora)	Município
	00000.052501/2016	Mineração	Uso de pouca expressão	8,0	Marabá
	02501.000638/2014	Abastecimento Público	Direito de Uso	3800,0	Marabá
	02501.000638/2014	Abastecimento Público	Direito de Uso	285,0	Marabá
	02501.002516/2012	Abastecimento Público	Direito de Uso	498,0	Tucuruí
	02501.001512/2005	Indústria	Direito de Uso	70,0	Tucuruí
	02501.000649/2011	Obras Hidráulicas	Direito de Uso	0,0	Tucuruí

Fonte: SEMA/PA, 2018, ANA, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.



CONVENÇÕES	
○ Sedes Municipais	Área do Projeto
● Vila Tauri	--- Trecho do Reservatório
■ Pontos de Outorgas SEMA-PA	ADA - Área Diretamente Afetada
■ Pontos de Outorgas - ANA	— Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga
— Corpos d'água	— Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogeá
— Massa d'água	— Trecho 3 - Jusante - Tucuruí à Baíaõ
- - - Limite Municipal	- - - Área de Influência Direta
— Limite Estadual	— Área de Influência Indireta

LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSÁ DE MERCATOR - UTM FUSO 22S DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

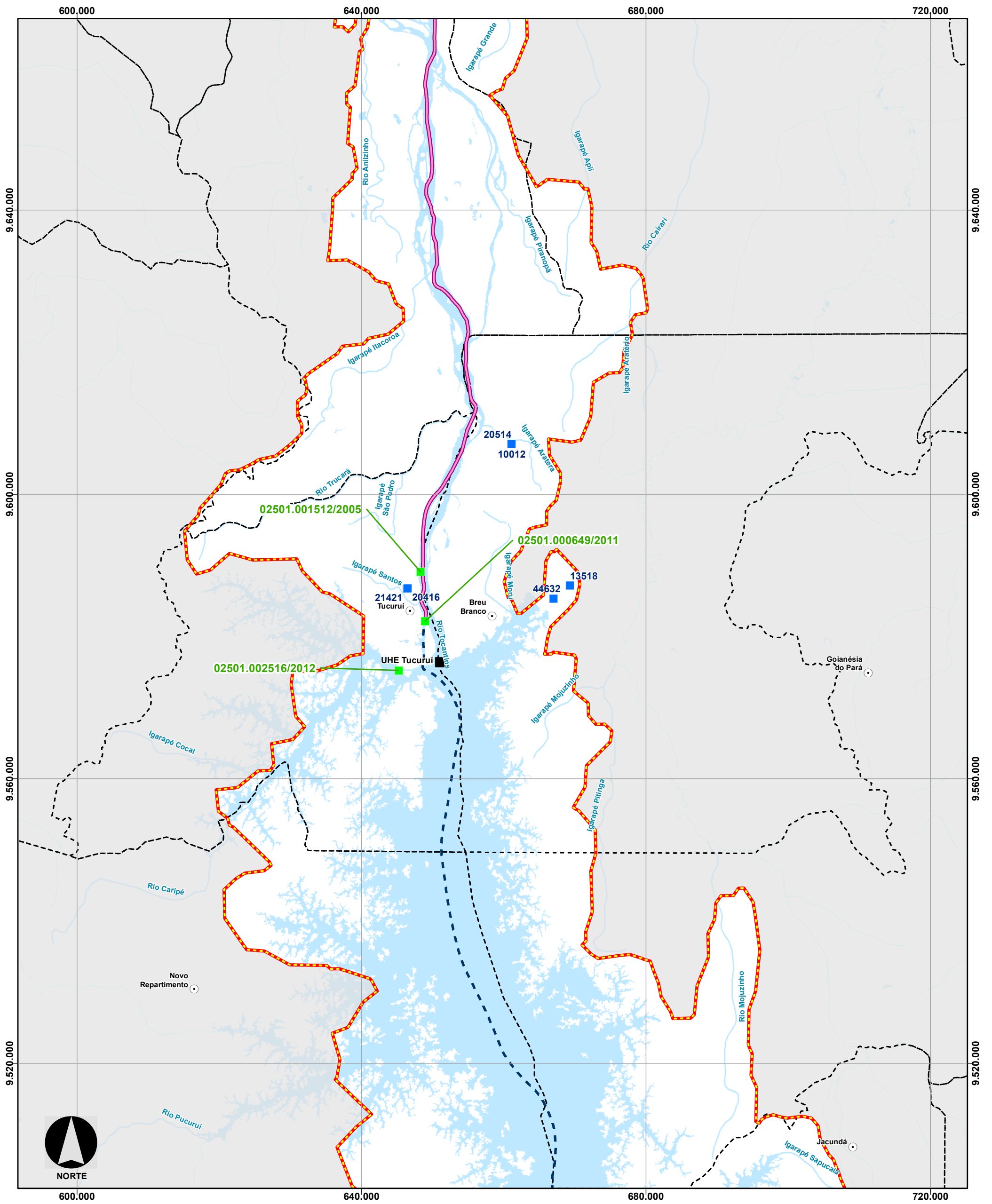
DNIT Consórcio **DTA** O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baíaõ (PA)

Distribuição das Outorgas de Uso da Água Superficial

NÚMERO DO MAPA: 5.1.6-3 Folha 1/3	ESCALA/FORMATO: 1:500.000 /A3	DATA: 19/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018, SEMA, 2017.



CONVENÇÕES	
○ Sedes Municipais	Área do Projeto
● Vila Tauri	--- Trecho do Reservatório
■ Pontos de Outorgas SEMA-PA	ADA - Área Diretamente Afetada
■ Pontos de Outorgas - ANA	— Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga
— Corpos d'água	— Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogeá
— Massa d'água	— Trecho 3 - Jusante - Tucuruí à Baião
- - - Limite Municipal	— Área de Influência Direta
— Limite Estadual	— Área de Influência Indireta

LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSÁ DE MERCATOR - UTM FUSO 22S DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

DNIT Consórcio **DTA** O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Distribuição das Outorgas de Uso da Água Superficial

NÚMERO DO MAPA: 5.1.6-3 Folha 2/3	ESCALA/FORMATO: 1:500.000 /A3	DATA: 19/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018, SEMA, 2017.

Através dos dados apresentados acima, verifica-se que as outorgas de captação de água superficial estão concentradas no Trecho 1, nos municípios de Marabá e Itupiranga e no Trecho 3, nos municípios de Breu Branco e Tucuruí.

Dentre os usos presentes na área de estudo, considerando-se o banco de dados da SEMA/PA, destaca-se a predominância de uso ligado à aquicultura (50%), seguido por recreação e umectação de vias (16,7%). Ademais são registrados usos ligados ao abastecimento humano e à compactação e terraplanagem (8,3%), conforme pode ser observado na **Figura 5.1.6-12**.

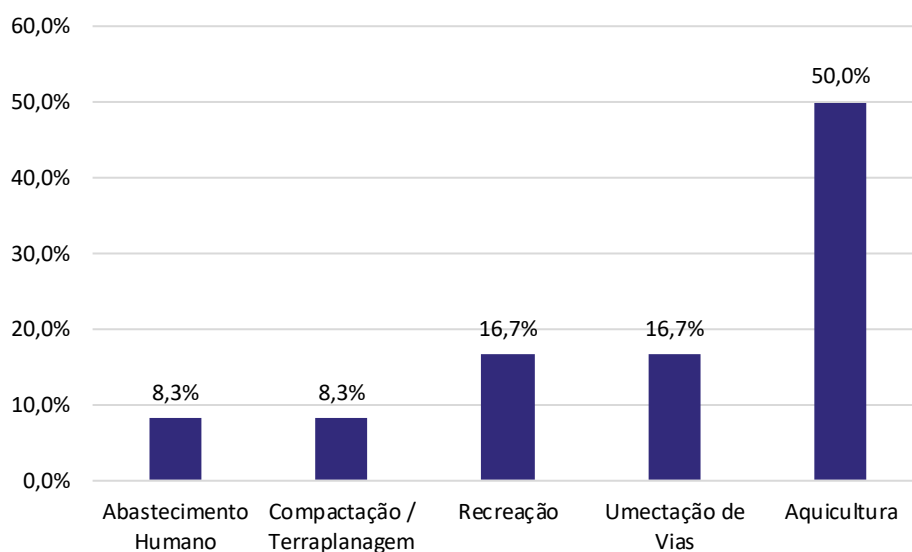


Figura 5.1.6-12 - Percentual de uso das outorgas da área de estudo – SEMA/PA

Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

Considerando-se o banco de dados da ANA, nota-se que o uso predominante das outorgas de uso de água superficial está relacionado à irrigação (37,5%), seguido do uso para abastecimento público e humano que juntos somam cerca de 30%, ademais são observados usos ligados à aquicultura (12,5%), obras hidráulicas (6,3%), mineração (6,3%) e indústria (6,3%), conforme é apresentado na **Figura 5.1.6-13**.

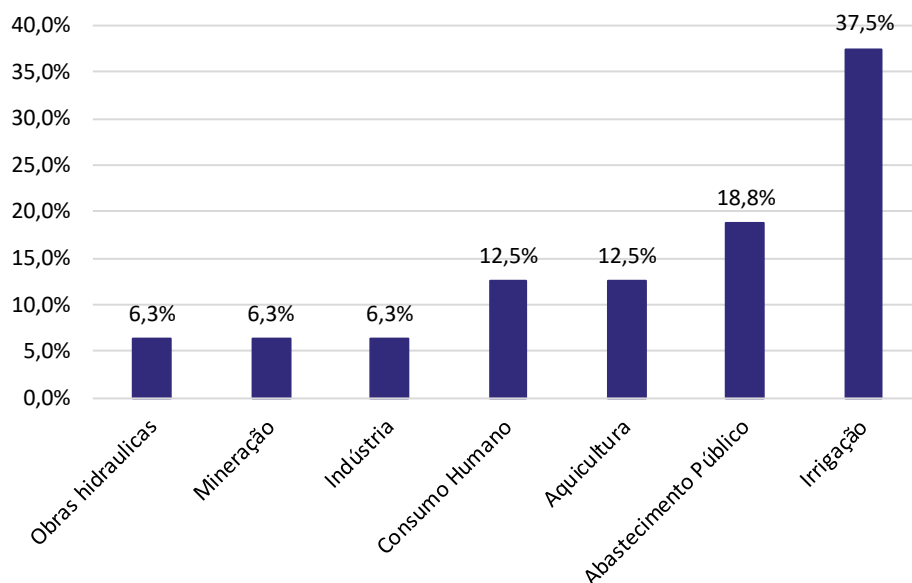


Figura 5.1.6-13 - Percentual de uso das outorgas da área de estudo – ANA

Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

No que se refere à vazão, o total outorgado pela SEMA/PA é de 4.565,5 m³/h, com máxima de 2.515,9 e mínima de 1,0 m³/h. As maiores vazões são registradas pelos usos ligados à aquicultura e recreação, que somado consome mais de 85% da vazão outorgada (**Tabela 5.1.6-3**).

Considerando as outorgas disponibilizadas pela ANA, a vazão outorgada é de 4.936,0 m³/h, onde o maior uso é representado pelo abastecimento público, o qual é responsável por mais de 90% da vazão total outorgada no trecho de interesse.

Tabela 5.1.6-3 - Vazão outorgada por finalidade de uso na área de estudo

Entidade	Finalidade	Vazão Outorgada (m ³ /h)	Porcentagem (%)
SEMA/PA	Outros	1,0	0,0
	Abastecimento Humano	5,0	0,1
	Compactação / Terraplanagem	360,0	7,9
	Recreação	1483,6	32,5
	Umectação de Vias	200,0	4,4
	Aquicultura	2515,9	55,1

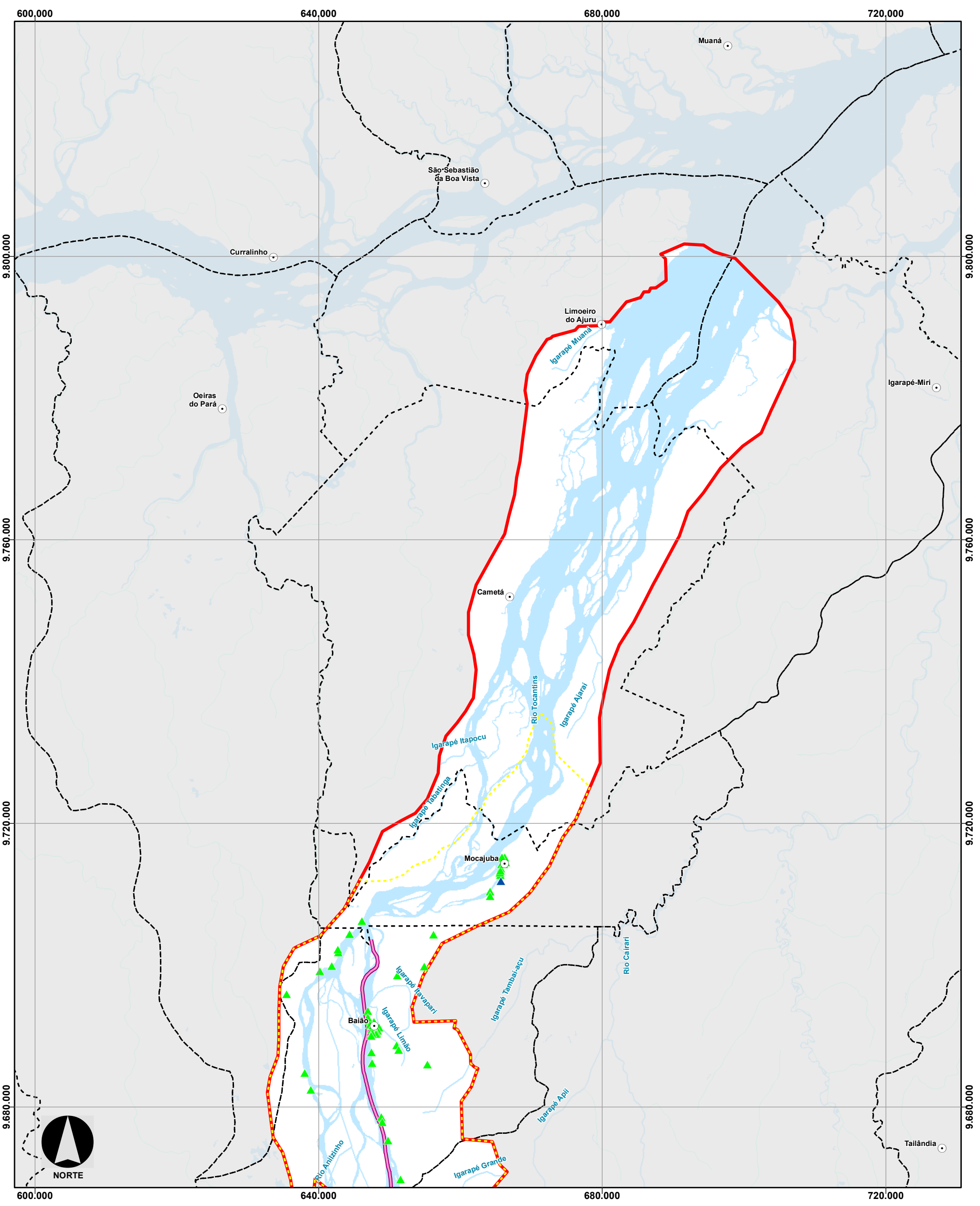
Entidade	Finalidade	Vazão Outorgada (m³/h)	Porcentagem (%)
	Total	4565,5	-
ANA	Indústria	70,0	1,4%
	Obras hidráulicas	0,0	0,0%
	Aquicultura	200,0	4,1%
	Mineração	8,0	0,2%
	Abastecimento Público	4583,0	92,8%
	Consumo Humano	74,0	1,5%
	Irrigação	1,0	0,0%
	Total	4936,0	-

Fonte: SEMA/PA, 2018, ANA, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

5.1.6.1.5.2 Águas subterrâneas

Em relação aos recursos hídricos subterrâneos, os principais usos foram avaliados a partir das portarias de outorgas de águas subterrâneas cadastradas na Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMA/PA) e dos poços cadastrados no Sistema de Informações de águas Subterrâneas (SIAGAS).

Considerando o banco de dados da SEMA/PA e do SIAGAS, o total de poços cadastrados na Área de Estudo do empreendimento é de 537, dos quais 438 referem-se ao banco de dados do SIAGAS e 99 ao banco de dados da SEMA/PA, conforme apresentado no **Mapa 5.1.6-4**.



CONVENÇÕES	
○ Sedes Municipais	Área do Projeto
● Vila Taurí	— Trecho do Reservatório
▲ Pontos de Outorgas SEMA-PA	ADA - Área Diretamente Afetada
▲ Pontos de Outorgas - SIAGAS	— Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga
— Corpos d'água	— Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogeá
— Massa d'água	— Trecho 3 - Jusante - Tucuruí à Baíaõ
— Limite Municipal	— Área de Influência Direta
— Limite Estadual	— Área de Influência Indireta

LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM FUSO 22S DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

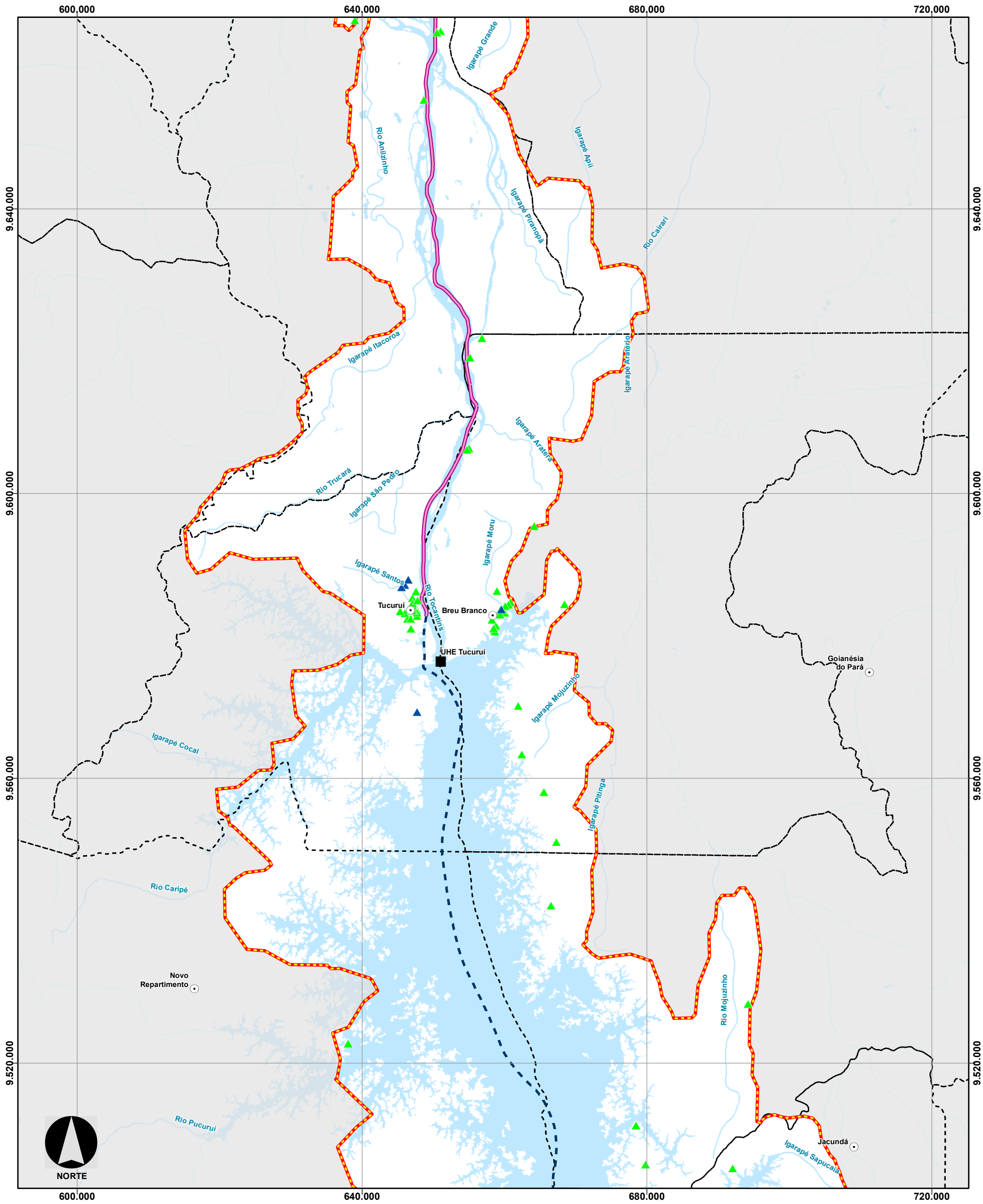
DNIT Consórcio **DTA** O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baíaõ (PA)

Distribuição das Outorgas de Uso da Água Subterrânea

NÚMERO DO MAPA: 5.1.6-4 Folha 1/3	ESCALA/FORMATO: 1:500.000 /A3	DATA: 19/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018, SEMA, 2017.



CONVENÇÕES	
○ Sedes Municipais	Área do Projeto
● Vila Taurí	— Trecho do Reservatório
▲ Pontos de Outorgas SEMA-PA	ADA - Área Diretamente Afetada
▲ Pontos de Outorga - SIAGAS	— Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga
— Corpos d'água	— Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogeá
— Massa d'água	— Trecho 3 - Jusante - Tucuruí à Baião
- - - Limite Municipal	— Área de Influência Direta
- - - Limite Estadual	— Área de Influência Indireta

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018, SEMA, 2017.

LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM FUSO 22S DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000

DNIT Consórcio **DTA** O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Distribuição das Outorgas de Uso da Água Subterrânea

NÚMERO DO MAPA: 5.1.6-4 Folha 2/3	ESCALA/FORMATO: 1:500.000 /A3	DATA: 19/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

Através dos dados apresentados acima, verifica-se que as outorgas de captação de água subterrânea estão concentradas no Trecho 1, nos municípios de Marabá, Itupiranga e Nova Ipixuna e no Trecho 3, nos municípios de Tucuruí, Breu Branco e Baião.

Dentre os usos presentes na área de estudo destaca-se a predominância de uso ligado ao abastecimento humano e doméstico, seguido por abastecimento urbano, industrial e uso múltiplo. Ademais são registrados usos ligados à irrigação, lavagem de veículos e pesquisa e extração mineral, conforme pode ser observado na **Figura 5.1.6-14** e **Figura 5.1.6-15**. Vale destacar que um elevado número de poços não possui uso cadastrado e por isso foram agrupados em “outros usos” nos gráficos abaixo.

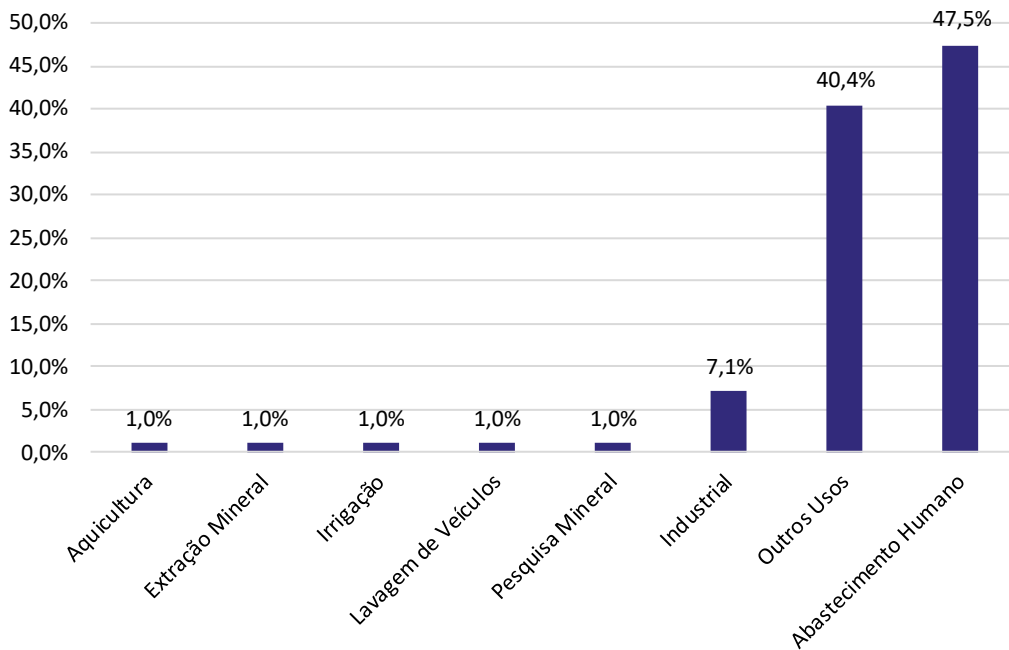


Figura 5.1.6-14 - Percentual de uso das outorgas da área de estudo – SEM/PA

Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

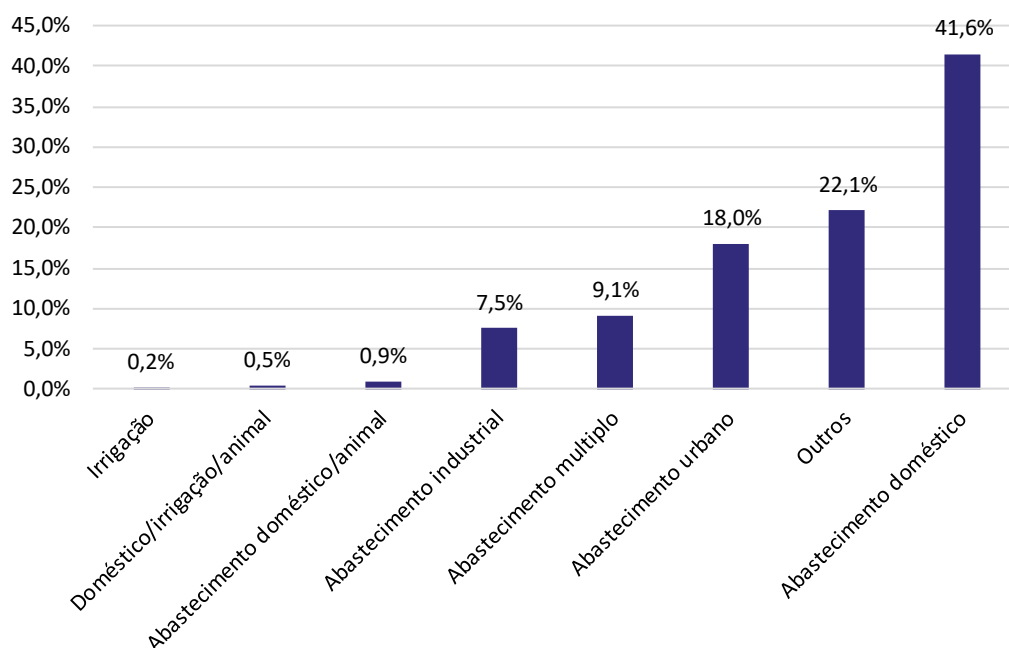


Figura 5.1.6-15 - Percentual de uso das outorgas da área de estudo – SIAGAS

Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

No que se refere a vazão outorgada, foi possível analisar apenas os poços cadastrados na SEMA/PA, visto que no banco de dados do SIAGAS não há informações de vazões disponíveis.

O total outorgado pelo cadastro da SEMA/PA é de 4.584 m³/h, com máxima de 315,84 e mínima de 1 m³/h. As maiores vazões são registradas pelo uso ligado ao abastecimento humano, o qual representa cerca de 60% da vazão outorgada, com destaque também para os outros usos, que somados representam cerca de 24% da vazão outorgada da Área de Estudo.

Tabela 5.1.6-4 - Vazão outorgada por finalidade de uso na área de estudo – SEMA/PA

Uso	Vazão (m ³ /h)	Porcentagem (%)
Aquicultura	5	0,1
Extração Mineral	86	1,9
Irrigação	80	1,7
Lavagem de Veículos	64	1,4
Pesquisa Mineral	104	2,3

Uso	Vazão (m³/h)	Porcentagem (%)
Industrial	381	8,3
Outros	1098,4	23,9
Abastecimento Humano	2768,8	60,4
Total	4584	-

Fonte: SEMA/PA, 2018. Elaboração: Consórcio DTA/O' Martin, 2018.

5.1.6.1.6 Vazão Q_{7,10}

A vazão mínima é utilizada para o planejamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica, para a avaliação do atendimento aos padrões ambientais do corpo receptor, para a alocação de cargas poluidoras e para a concessão de outorgas de captação e de lançamento. A determinação das eficiências requeridas para os tratamentos dos esgotos nos diversos lançamentos deve ser determinada em condições críticas. Estas condições críticas no corpo receptor refletem períodos de estiagem e ocorrem exatamente no período de vazão mínima, em que a capacidade de diluição do rio é menor. Os métodos que têm sido mais frequentemente utilizados para a determinação da vazão mínima de referência são Q₉₅ e Q_{7,10} (VON SPERLING, 2014).

A vazão Q₉₅ é vazão em que 95% dos dados diários de vazão da série são iguais ou superiores a ela, ou seja, 5% das vazões diárias são inferiores, já a vazão Q_{7,10} pode ser entendida como o valor anual da menor média de 7 vazões diárias consecutivas que pode se repetir, em média, uma vez a cada 10 anos (período de retorno de 10 anos). Seleciona-se, em cada ano, o período de 7 dias consecutivos que resulta na menor média de 7 valores (VON SPERLING, 2014).

Para os cálculos de vazão Q_{7,10}, foram utilizadas séries históricas de vazão das estações fluviométricas de Itupiranga (29200000), Marabá (29050000) e Tucuruí (29700000). Para a execução dos cálculos, foram utilizados apenas dados obtidos após 1990 (5 anos após o barramento de Tucuruí) e séries anuais que estivessem completas em todas as estações fluviométricas.

Para se determinar a vazão associada a um período de retorno qualquer (no caso, 10 anos), plotou-se a distribuição dos valores em um gráfico de probabilidade. Para tanto, assumiu-se uma distribuição de probabilidades de Weibull para os dados de vazão analisados (VON SPERLING, 2014).

Para o cálculo da vazão $Q_{7,10}$ foi utilizada a seguinte equação:

Equação 5.1
$$Q_{7,t} = \beta \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right]^{1/\alpha}$$

Onde:

Equação 5.2
$$T_r = \frac{N+1}{m}$$

- T_r : tempo de retorno (anos), ou seja, o número médio de anos, para que ocorra uma vazão igual ou inferior à vazão considerada, uma vez, em um ano qualquer;
- N : número de anos com dados disponibilizados para a análise;
- m : número de ordem da vazão, após ela ter sido ordenada de forma crescente;
- α e β : parâmetros de forma e escala;

A estimativa de α e β foi feita tendo por base o coeficiente de variação CV da série de vazões mínimas Q_7 .

Equação 5.3
$$CV = \frac{S_x (\text{Desvio padrão})}{\bar{X} (\text{Média})}$$

Para coeficientes de variação CV compreendidos entre 0 e 1,5 utilizou-se:

Equação 5.4
$$\alpha = 1,0122 \cdot CV^{-1,0779}$$

Equação 5.5
$$\beta = \frac{\bar{X}}{A(\alpha)}$$

Onde:

Equação 5.6
$$A(\alpha) = 0,9982 - 0,4419.CV + 0,4360.CV^2$$

Para os cálculos de $Q_{7,10}$, segundo a distribuição de Weibull, foi utilizado o pacote computacional ALEA, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG, e disponível para download a partir da URL www.ehr.ufmg.br (VON SPERLING, 2014).

A série histórica com dados completos em todas as estações fluviométricas foi composta pelos anos de 1990 a 1992, 1995, 1998 a 2004, 2006, 2012, 2014 e 2015, totalizando 15 (quinze) anos de dados.

A **Tabela 5.1.6-5**, **Tabela 5.1.6-6** e **Tabela 5.1.6-7** apresentam os resultados de descargas mínimas anuais das séries históricas de dados utilizadas.

Tabela 5.1.6-5 - Descargas mínimas anuais da estação de Itupiranga

Nº de ordem (m)	Descargas mínimas anuais Q_7 (m ³ /s)	Tempo de retorno T_r (anos)
1	1.678,6	16,00
2	1.953,3	8,00
3	2.132,0	5,33
4	2.207,9	4,00
5	2.418,1	3,20
6	2.462,0	2,67
7	2.511,5	2,29
8	2.549,6	2,00
9	2.591,3	1,78
10	2.709,0	1,60
11	2.820,0	1,45
12	2.863,5	1,33
13	2.951,5	1,23
14	3.038,0	1,14

Nº de ordem (m)	Descargas mínimas anuais Q_7 (m ³ /s)	Tempo de retorno T_r (anos)
15	3.950,4	1,07
N = 15		

Tabela 5.1.6-6 - Descargas mínimas anuais da estação de Marabá

Nº de ordem (m)	Descargas mínimas anuais Q_7 (m ³ /s)	Tempo de retorno T_r (anos)
1	1.927,8	16,00
2	2.230,6	8,00
3	2.253,6	5,33
4	2.414,0	4,00
5	2.492,5	3,20
6	2.497,0	2,67
7	2.522,6	2,29
8	2.579,4	2,00
9	2.593,5	1,78
10	2.708,3	1,60
11	2.739,2	1,45
12	2.886,3	1,33
13	2.962,2	1,23
14	3.002,2	1,14
15	3.068,2	1,07
N = 15		

Tabela 5.1.6-7 - Descargas mínimas anuais da estação de Tucuruí

Nº de ordem (m)	Descargas mínimas anuais Q_7 (m ³ /s)	Tempo de retorno T_r (anos)
1	2.848,0	16,00
2	3.158,2	8,00
3	3.245,4	5,33
4	3.340,6	4,00
5	3.442,0	3,20
6	3.790,2	2,67
7	3.845,2	2,29
8	3.888,6	2,00
9	4.170,6	1,78
10	4.199,8	1,60
11	4.297,2	1,45
12	4.468,8	1,33
13	4.484,0	1,23
14	4.544,6	1,14
15	4.962,1	1,07
N = 15		

A partir dos dados da série de vazões é possível estabelecer os parâmetros estatísticos e os parâmetros da distribuição de Weibull para cada uma das séries. Esses dados estão apresentados entre a **Tabela 5.1.6-8** e a

Tabela 5.1.6-10.

Tabela 5.1.6-8 - Parâmetros estatísticos e da distribuição de Weibull da estação de Itupiranga

Parâmetros	Resultado
Média Q_7	2589,1
Desvio padrão Q_7	532,5
Coefficiente de Variação (CV)	0,21
A (α)	0,93
α	5,57
β	2796,75

Tabela 5.1.6-9 - Parâmetros estatísticos e da distribuição de Weibull da estação de Marabá

Parâmetros	Resultado
Média Q_7	2591,8
Desvio padrão Q_7	315,7
Coefficiente de Variação (CV)	0,12
A (α)	0,95
α	9,79
β	2725,84

Tabela 5.1.6-10 - Parâmetros estatísticos e da distribuição de Weibull da estação de Tucuruí

Parâmetros	Resultado
Média Q_7	3912,4
Desvio padrão Q_7	606,5
Coefficiente de Variação (CV)	0,16
A (α)	0,94
α	7,55
β	4161,33

Com as informações das tabelas acima e a **Equação 5.1**, obteve-se o valor de $Q_{7,10}$ para cada uma das estações fluviométricas utilizada.

$$Q_{7,10} \text{ Itupiranga} = 1.866,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{7,10} \text{ Marabá} = 2.166,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{7,10} \text{ Tucuruí} = 3.088,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

As vazões mínimas ($Q_{7,T}$) ajustadas pelo modelo de Weibull foram plotadas em gráficos tendo, no eixo dos X, o tempo de retorno, e no eixo Y, os valores de Q_7 e os valores de $Q_{7,T}$ segundo a distribuição de Weibull. Os gráficos estão apresentados entre a **Figura 5.1.6-16** e **Figura 5.1.6-17**.

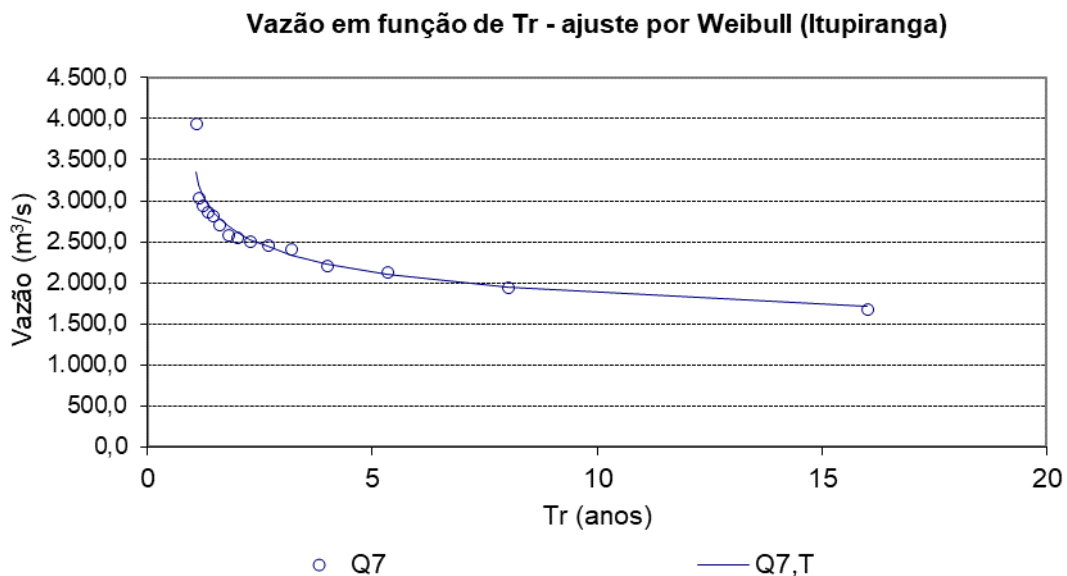


Figura 5.1.6-16: Gráfico da vazão em função do tempo de retorno da estação de Itupiranga

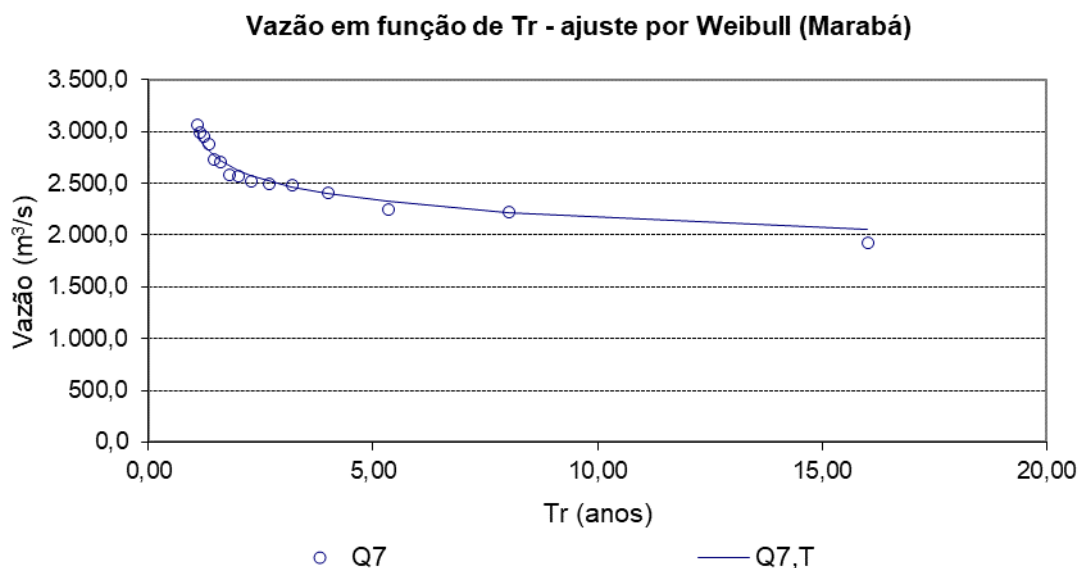


Figura 5.1.6-17: Gráfico da vazão em função do tempo de retorno da estação de Marabá

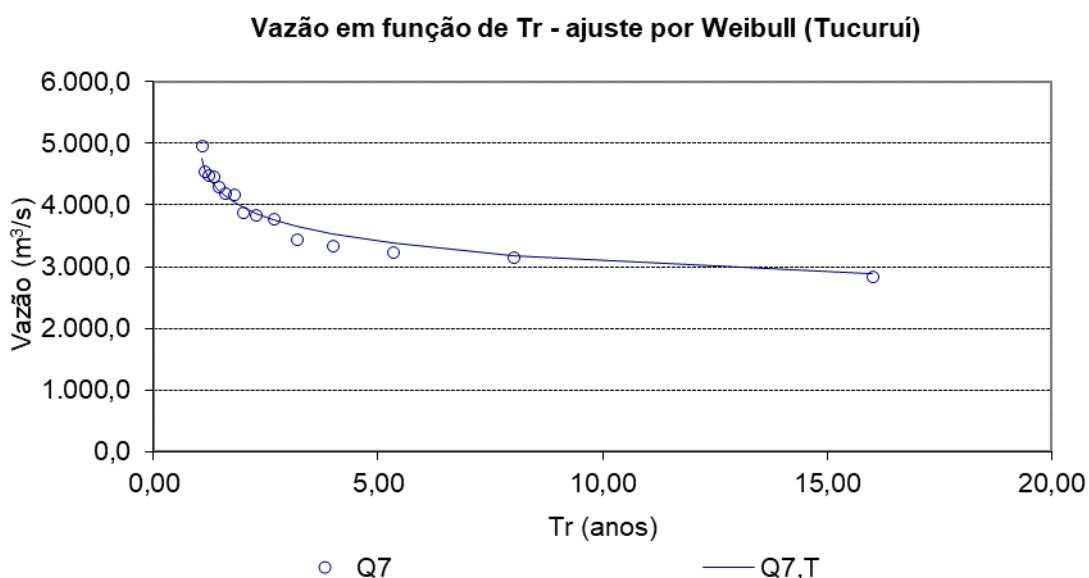


Figura 5.1.6-18 - Gráfico da vazão em função do tempo de retorno da estação de Tucuruí

Os valores de vazão de referência ($Q_{7,10}$) obtidos neste diagnóstico, entre 1.866,8 (Itupiranga) e 3.088,7 m³/s (Tucuruí), estiveram próximos à vazão de referência Q_{95} publicada no Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Tocantins e Araguaia (ANA, 2009) para as unidades de planejamento do Submédio Tocantins (2.033,0 m³/s) e do Baixo Tocantins (2039,0 m³/s), sendo a vazão de referência Q_{95} para toda a região hidrográfica Tocantins/Araguaia de 2.696,0 m³/s. De acordo com essa publicação, a vazão de retirada da região hidrográfica do Tocantins/Araguaia é de 95,1 m³/s, onde o principal uso consuntivo

é a irrigação, que totaliza 57,4 m³/s (60% do uso) e o segundo uso da água é a dessedentação animal (15,9 m³/s). A predominância dos usos para irrigação e pecuária reflete o perfil econômico da região. Ainda, a mesma publicação estima que em 2025, a região hidrográfica deverá atingir uma demanda de aproximadamente 221,0 m³/s. Por outro lado, nas unidades de planejamento do Submédio Tocantins e do Baixo Tocantins, os usos consultivos totais são de 0,96 e 0,46 m³/s, respectivamente, sendo os principais usos devido à pecuária no Submédio Tocantins (0,54 m³/s) e devido ao abastecimento urbano (0,31 m³/s) no Baixo Tocantins.

Portanto, as vazões de referencia (Q_{7,10}) obtidas no presente estudo, situam-se muito acima da vazão de retirada para a bacia Hidrográfica Tocantins/Araguaia e para as unidades de planejamento do Submédio Tocantins e do Baixo Tocantins.

Cabe ressaltar a importância da interferência do reservatório de Tucuruí no regime hidrológico do Rio Tocantins. No presente estudo, observa-se um aumento de 1.221,9 m³/s na vazão entre a estação fluviométrica de Itupiranga (1.866,8 m³/s), situada a montante do reservatório, e a estação fluviométrica de Tucuruí (3.088,7 m³/s), situada a jusante do reservatório. Esta elevação na disponibilidade hídrica também foi relatada por (ANA, 2009) que calculou um aumento da disponibilidade hídrica decorrente da presença do reservatório de Tucuruí de 2.471,0 m³/s para 4.758,0 m³/s.

5.1.6.2 Qualidade da Água

5.1.6.2.1 Objetivos

Caracterizar a qualidade das águas, nos períodos seco (1ª Campanha) e chuvoso (2ª Campanha), dos trechos: 1 – Montante – Marabá à Itupiranga; 2 – Santa Terezinha do Tauri à Ilha do Boguea; 3 – Jusante – Tucuruí à Baião; e Reservatório, conforme as orientações da Resolução CONAMA Nº 357/2005 para Água Doce de Classe 2.

Objetivos específicos

- Apresentar em mapa a localização da malha amostral para caracterização da qualidade da água;
- Caracterizar, a partir de amostragens representativas, a qualidade física, química e microbiológica das águas na AID do empreendimento, de acordo com a Resolução CONAMA Nº 357/2005;
- Contemplar, no mínimo, as substâncias potencialmente presentes na AID, de acordo com os usos da água, além das substâncias que poderão ser liberadas devido às atividades de dragagem e derrocamento à serem realizadas;
- Avaliar a qualidade da coluna de água a partir de medições em amostras nas 3 camadas (superfície, meio e fundo). Além disso, os pontos de coleta de água foram os mesmos onde foi realizada a amostragem do plâncton; e

Os dados de qualidade de água foram apresentados em tabelas e/ou gráficos com a indicação dos limites legais com destaque aos valores em desconformidade.

5.1.6.2.2 Considerações Metodológicas

5.1.6.2.2.1 Malha amostral

A malha amostral para a caracterização da qualidade da água foi realizada em 56 pontos, divididos em pontos a montante e jusante do barramento da UHE Tucuruí, indicados com a letra “M” os pontos a montante, e com a letra “J” os pontos jusante (**Tabela 5.1.6-11 e Mapa 5.1.6-5**).

A escolha dos pontos foi norteada a partir da definição dos trechos de intervenção (dragagem e derrocamento) com o objetivo de caracterizar todo o ambiente que poderá ser impactado com a implantação da via navegável.

A partir da definição dos trechos de dragagem e derrocamento, os pontos foram distribuídos ao longo dos 300 km desde Marabá até Baião levando em consideração as áreas que serão dragadas e derrocadas, próximo a desembocadura de rios e riachos, comunidades ribeirinhas próximo as trechos de intervenção, sendo todos os pontos localizados no eixo do canal de navegação dentro da área diretamente afetada (ADA) com exceção dos pontos alocados no reservatório considerado área indiretamente afetada (AID).

Cabe ressaltar que, conforme solicitação do Termo de Referência, a malha amostral da caracterização da qualidade da água é a mesma estabelecida para caracterização do sedimento e biota aquática (plâncton e comunidade bentônica).

Tabela 5.1.6-11 - Trechos, coordenadas geográficas dos pontos de coleta e data de realização das amostragens nos trechos a montante e a jusante da UHE Tucuruí

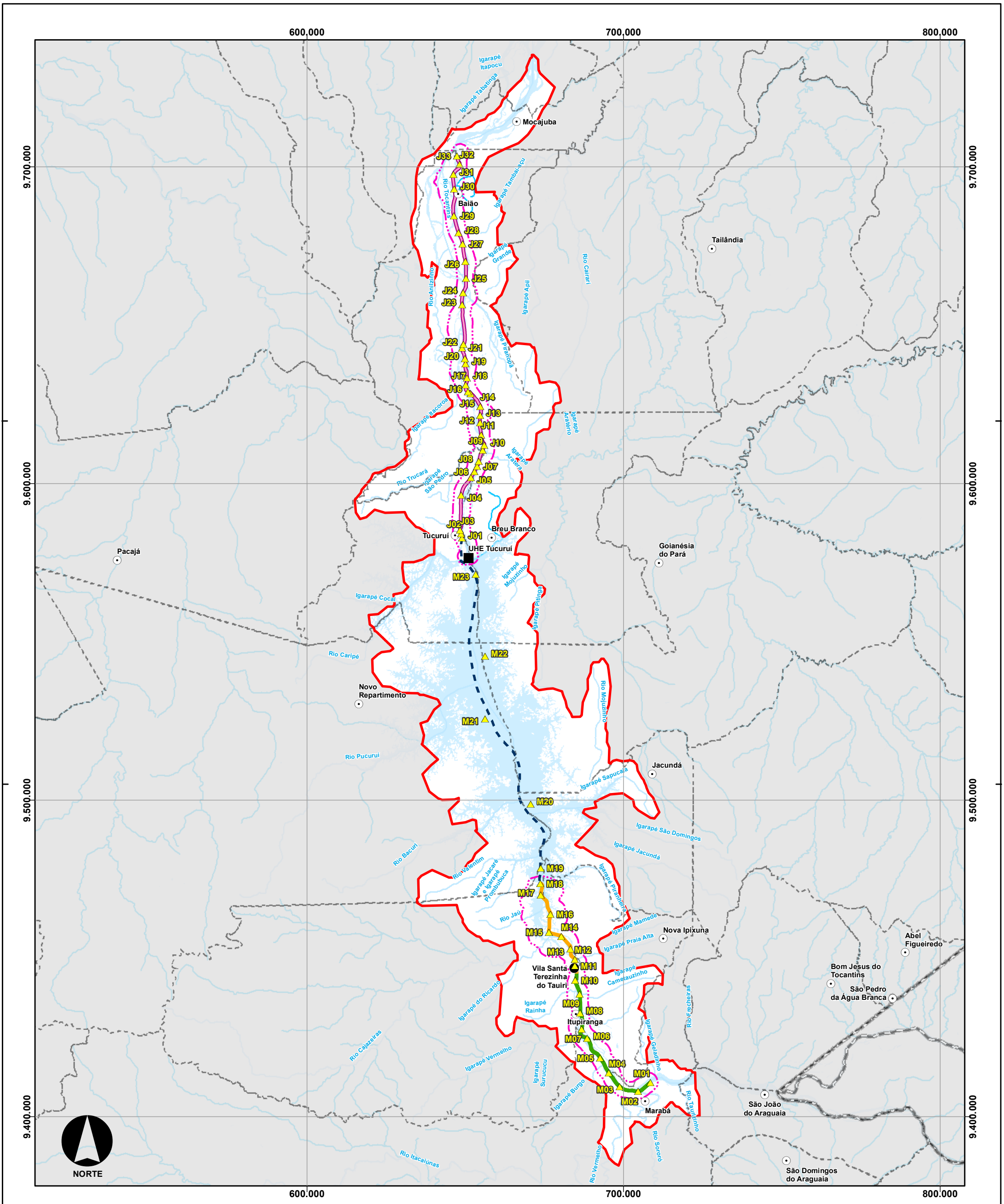
Trecho	Ponto	Coordenadas UTM 22 M		Data de Coleta
Trecho 1	M01	708563	9410796	03/09/2017
	M02	704642	9408007	03/09/2017
	M03	698836	9409490	03/09/2017
	M04	695391	9413831	03/09/2017
	M05	692605	9418610	03/09/2017
	M06	688581	9424746	03/09/2017
	M07	686842	9427706	04/09/2017
	M08	686342	9432794	04/09/2017
	M09	686164	9438872	04/09/2017
	M10	684786	9443161	04/09/2017
Trecho 2	M11	684656	9447674	04/09/2017
	M12	684627	9449754	04/09/2017
	M13	683221	9452968	06/09/2017

Trecho	Ponto	Coordenadas UTM 22 M		Data de Coleta
	M14	680387	9456970	06/09/2017
	M15	676468	9458327	06/09/2017
	M16	676989	9464034	05/09/2017
	M17	673912	9470032	05/09/2017
	M18	673782	9473654	05/09/2017
Trecho Reservatório	M19	673877	9478605	05/09/2017
	M20	670671	9498913	01/09/2017
	M21	656251	9525769	01/09/2017
	M22	656251	9545612	31/08/2017
	M23	653343	9571424	31/08/2017

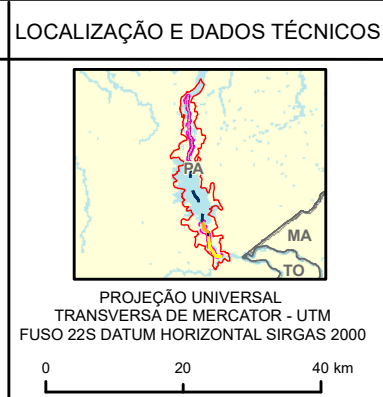
Tabela 5.1.6-12 - Trechos, coordenadas geográficas dos pontos de coleta e data de realização das amostragens a jusante da UHE Tucuruí

Trecho	Ponto	Coordenadas UTM 22 M		Data de Coleta
Trecho 3	J01	649016	9582881	21/08/2017
	J02	648714	9584268	21/08/2017
	J03	648365	9585278	21/08/2017
	J04	648730	9596440	22/08/2017
	J05	651838	9601913	22/08/2017
	J06	652918	9603809	22/08/2017
	J07	653767	9605499	22/08/2017
	J08	654355	9607071	23/08/2017
	J09	655553	9610619	23/08/2017
	J10	656077	9612175	23/08/2017
	J11	655110	9615436	23/08/2017
	J12	654717	9619269	23/08/2017
	J13	654762	9621593	24/08/2017

Trecho	Ponto	Coordenadas UTM 22 M		Data de Coleta
	J14	654800	9624400	24/08/2017
	J15	651714	9628415	24/08/2017
	J16	650914	9629136	24/08/2017
	J17	650199	9631207	24/08/2017
	J18	650589	9633429	25/08/2017
	J19	650103	9637885	25/08/2017
	J20	649938	9639532	25/08/2017
	J21	649091	9642971	25/08/2017
	J22	649462	9644036	28/08/2017
	J23	649085	9656518	28/08/2017
	J24	649356	9660341	28/08/2017
	J25	650269	9664853	28/08/2017
	J26	650090	9670151	30/08/2017
	J27	649243	9675681	30/08/2017
	J28	647883	9679337	30/08/2017
	J29	646454	9684648	30/08/2017
	J30	646551	9693156	29/08/2017
	J31	646306	9697687	29/08/2017
	J32	648277	9700935	29/08/2017
	J33	647437	9703521	29/08/2017



CONVENÇÕES	
○ Sedes Municipais	■ AID Físico-Biótico
■ UHE Tucuruí	■ Área de Influência Indireta
● Vila Taurí	--- Limite Municipal
▲ Pontos de coleta	--- Limite Estadual
▲ Água Superficial	■ Massa d'água
	— Corpos d'água
Área do Projeto	
— Trecho do Reservatório	— ADA - Área Diretamente Afetada
— Trecho 1 - Montante - Marabá à Itupiranga	— Trecho 2 - Montante - Itupiranga à Ilha do Bogeá
— Trecho 3 - Jusante - Tucuruí à Baião	



Consórcio **DTA**
O' MARTIN

EIA/RIMA da Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins, de Marabá (PA) a Baião (PA)

Malha amostral de água superficial

NÚMERO DO MAPA: 5.1.6-5	ESCALA/FORMATO: 1:1.100.000/A3	DATA: 19/10/2018	SOFTWARE: ArcGis 10.5
ELABORADO: Pradella, H.	VERIFICADO: A.R.F.	APROVADO: A.C.A.	REVISÃO: 00

FONTES: IBGE, 2016; ANA, 2018.

5.1.6.2.2 Metodologia de coleta

Todos os procedimentos de coleta e armazenamento de água seguiram as diretrizes das normas de preservação e técnicas de amostragem do Guia nacional de coletas e preservação de amostras (Brandão *et al.*, 2011). Para a realização das coletas foram utilizadas embarcações de alumínio do tipo “voadeira”.

Para a amostragem de água em superfície, meio e fundo foi utilizada uma garrafa *Van Dorn* com capacidade para 5 litros.

As profundidades de coleta de água foram definidas de acordo com os critérios apresentados na **Tabela 5.1.6-13**. Em cada ponto as medidas de profundidade foram determinadas com auxílio do ecobatímetro “*Speedtech Instruments*”.

Tabela 5.1.6-13 - Número de amostragens realizadas de acordo com a profundidade

Profundidade	Estratos	Profundidade
1,5 m ou menor	1	Média
> 1,5 m e < 3,5 m	2	0,5 m da superfície e 0,5 m do fundo
> 3,5 m	3	Superfície (0,5 m), meio e fundo (0,5 m do fundo)

A **Figura 5.1.6-19** exemplifica as camadas de água amostradas em profundidade superior a 3,5 m, na superfície (\cong 0,5 m abaixo da superfície), no meio da coluna de água (metade da altura da coluna d água) e no fundo (\cong 0,5 m acima do fundo).

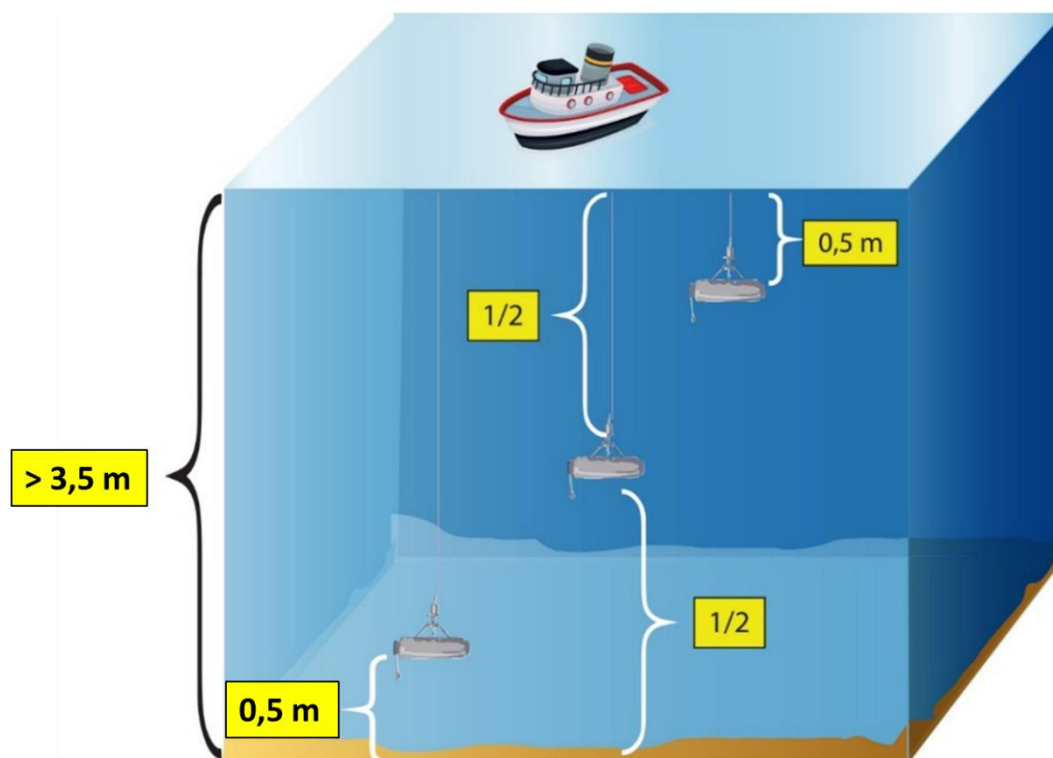


Figura 5.1.6-19 - Ilustração esquemática da coluna d'água com as profundidades da coleta de água

Em campo foram medidos parâmetros como pH, temperatura (°C), potencial de óxido-redução (ORP), turbidez e oxigênio dissolvido (mg/L) e registrados pelo sensor multiparâmetro HORIBA modelo U52-G (**Figura 5.1.6-20**).



Figura 5.1.6-20 - Sensor multiparâmetro Horiba modelo U52-G utilizado em campo

Antes da leitura dos parâmetros físico-químicos medidos *in situ* a transparência da água foi mensurada com o Disco de Secchi, a fim de obter o coeficiente de atenuação vertical (Kds) da luz. Para este procedimento o Disco foi colocado na água e lançado lentamente até a profundidade de desaparecimento do campo de

visão do observador. A profundidade do desaparecimento do Disco (profundidade 1) foi mensurada pela graduação do cabo que o sustenta. Após o desaparecimento o observador desceu o disco mais alguns centímetros na água, subindo em seguida, lentamente, até o reaparecimento no campo de visão. Essa profundidade (profundidade 2) será registrada e somada à profundidade de desaparecimento. A média aritmética das duas profundidades representa a profundidade final (Z Disco de *Secchi*). Essa medida (Zds) de desaparecimento do secchi será utilizada na equação,

$$Kds = 1,7 / Zds,$$

onde Kds é o coeficiente de atenuação vertical e Zds é a profundidade do *Secchi*, em metros. Valores de Kds são utilizados para estimar indiretamente a profundidade da zona fótica, região da massa d'água que recebe até 1% da intensidade luminosa em superfície, quando multiplicados ao fator **fz 2,709**. Após a medição da profundidade do *Secchi*, os valores foram registrados e foram realizadas as coletas das amostras de água nos estratos pré estabelecidos, de acordo com a profundidade local.

Para as análises químicas, as alíquotas de água foram acondicionadas em recipientes adequados de acordo com o tipo de parâmetro a ser analisado, em frascos de plástico e/ou vidro, estes fornecidos pelo laboratório Bioagri (NRB ISO/IEC 17025) (**Figura 5.1.6-21**). Todos os procedimentos operacionais padrão do laboratório no que diz respeito ao manuseio e acondicionamento das amostras foram obedecidos.

No término das coletas as caixas térmicas contendo as amostras de água foram devidamente lacradas e enviadas ao laboratório. Para o controle de envio das amostras foram utilizadas Cadeias de Custódia (**Anexo 5.1-IV**), garantindo a identidade e integridade das amostras em todas as etapas do processo.

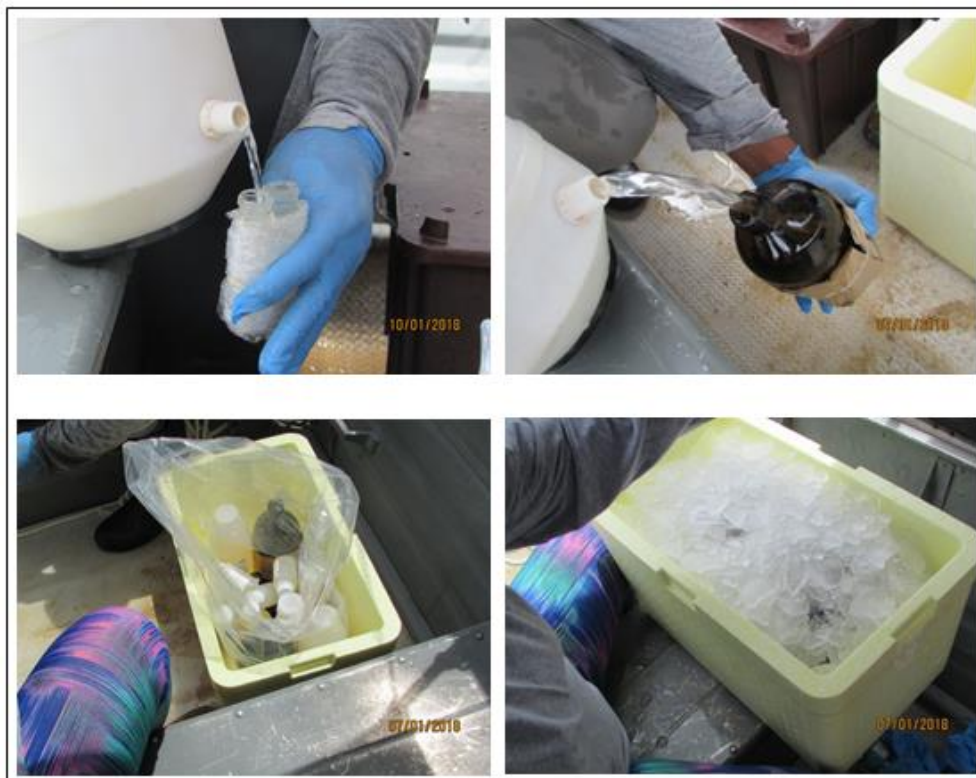


Figura 5.1.6-21: Coleta e armazenamento de amostras de água

5.1.6.2.2.3 Métodos analíticos

Análises químicas

As análises químicas seguiram os protocolos analíticos baseados nas normas estabelecidas e descritas em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition* (RICE *et al.*, 2012), aprovados pela Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA). Os parâmetros e os métodos analíticos aplicados nas amostras de água estão listados na **Tabela 5.1.6-14**.

Tabela 5.1.6-14 - Parâmetros e métodos analíticos aplicados

PARÂMETROS DE CAMPO	
pH	Medição <i>in situ</i> - HORIBA U-52G
Salinidade	Medição <i>in situ</i> - HORIBA U-52G
Turbidez	Medição <i>in situ</i> - HORIBA U-52G
Transparência	Medição <i>in situ</i> - Disco de <i>Secchi</i>
Temperatura	Medição <i>in situ</i> - HORIBA U-52G
Condutividade	Medição <i>in situ</i> - HORIBA U-52G
Oxigênio Dissolvido	Medição <i>in situ</i> - HORIBA U-52G
TDS	Medição <i>in situ</i> - HORIBA U-52G
PARÂMETROS	
Clorofila a	SMWW 22ª Ed. - Método 10200 H
Densidade de cianobactérias	SMWW 22ª Ed. - Método 10200
Sólidos dissolvidos totais	SMWW 22ª Ed. - Método 2540 A, B, C, D, E
Coliformes termotolerantes	SMWW 22ª Ed. - Método 9223 B
DBO	SMWW 22ª Ed. - Método 5210 B
Cor Verdadeira	SMWW 22ª Ed. - Método 2120 C

PARÂMETROS INORGÂNICOS	
Alumínio Dissolvido	SMWW 22ª Ed. - Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A e 3005:1992
Antimônio	
Arsênio	
Bário	
Berílio	
Boro	
Cádmio	
Chumbo	
Cianeto Livre	
Cloreto total	EPA 300.0:1993, 300.1:1999, POP PA 032 - Rev. 12
Cloro residual total	POP PA 010 - Rev.06
Cobalto	SMWW 22ª Ed. - Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A e 3005:1992
Cobre Dissolvido	
Cromo	
Ferro Dissolvido	
Fluoreto total	EPA 300.0:1993, 300.1:1999, POP PA 032 - Rev. 12
Fósforo Total	SMWW 22ª Ed. - Método 4500 P - E / Preparo: SMWW 22ª Ed. - Método 4500 P - B
Lítio	SMWW 22ª Ed. - Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A e 3005:1992
Manganês	
Mercúrio	
Níquel	
Nitrato	POP PA 124 - Rev.11
Nitrito	SMWW 22ª Ed. - Método 4500 NO2- B
Nitrogênio Amoniacal Total	SMWW 22ª Ed. - Método 4500 NH3 E
Prata	SMWW 22ª Ed. - Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A e 3005:1992
Selênio	

PARÂMETROS INORGÂNICOS	
Sulfato total	EPA 300.0:1993, 300.1:1999, POP PA 032 - Rev. 12
Sulfeto	SMWW 22ª Ed. - Método 4500 S-2 H
Urânio	SMWW 22ª Ed. - Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A e 3005:1992
Vanádio	
Zinco	

PARÂMETROS ORGÂNICOS	
Acrilamida	POP PA 188 - Rev. 07
Alacloro	EPA 8270 D:2007, POP PA 076 - Rev. 15 / Preparo: EPA 3510 C:1996, 3535 A:2007
Aldrin + Dieldrin	
Atrazina	
Benzeno	EPA 8260 C: 2006 / Preparo: EPA 5021 A: 2003
Benzidina	POP PA 166 - Rev. 05
Benzo (a) antraceno	EPA 8270 D:2007, POP PA 076 - Rev. 15 / Preparo: EPA 3510 C:1996, 3535 A:2007
Benzo (a) pireno	
Benzo (b) fluoranteno	
Benzo (k) fluoranteno	
Carbaril	
Clordano (cis + trans)	
2-Clorofenol	
Criseno	
2,4-D	
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	
Dibenzo (a,h) antraceno	
1,2-Dicloroetano	EPA 8260 C: 2006 / Preparo: EPA 5021 A: 2003
1,1-Dicloroetano	

PARÂMETROS ORGÂNICOS	
2,4-Diclorofenol	EPA 8270 D:2007, POP PA 076 - Rev. 15 / Preparo: EPA 3510 C:1996, 3535 A:2007
Cloreto de Metileno (diclorometano)	EPA 8260 C: 2006 / Preparo: EPA 5021 A: 2003
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	EPA 8270 D:2007, POP PA 076 - Rev. 15 / Preparo: EPA 3510 C:1996, 3535 A:2007
Dodecacloro pentaciclodecano	
Endossulfan (a + b + sulfato)	
Endrin	
Estireno	
Etilbenzeno	EPA 8260 C: 2006 / Preparo: EPA 5021 A: 2003
Fenóis totais	POP PA 155 - Rev. 03
Glifosato	EPA 300.0: 1993, 300.1: 1999, POP PA 032 - Rev. 12
Gution	EPA 8270 D:2007, POP PA 076 - Rev. 15 / Preparo: EPA 3510 C:1996, 3535 A:2007
Heptacloro epóxido + Heptacloro	
Hexaclorobenzeno	
Indeno (1,2,3-cd) pireno	
Lindano (g-HCH)	
Malation	
Metolacloro	
Metoxicloro	
Paration	
PCBs - Bifenilas policloradas	
Pentaclorofenol	
Simazina	
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	POP PA 023 - Rev.12

PARÂMETROS ORGÂNICOS	
2,4,5-T	EPA 8270 D:2007, POP PA 076 - Rev. 15 / Preparo: EPA 3510 C:1996, 3535 A:2007
Tetracloroeto de Carbono	EPA 8260 C: 2006 / Preparo: EPA 5021 A: 2003
Tetracloroetano	
Tolueno	
Toxafeno	EPA 505: 1995
2,4,5-TP	EPA 8270 D:2007, POP PA 076 - Rev. 15 / Preparo: EPA 3510 C:1996, 3535 A:2007
Tributilestanho	POP PA 167 - Rev. 05
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	EPA 8260 C: 2006 / Preparo: EPA 5021 A: 2003
Tricloroetano	
2,4,6-Triclorofenol	EPA 8270 D:2007, POP PA 076 - Rev. 15 / Preparo: EPA 3510 C:1996, 3535 A:2007
Trifluralina	
Xileno	EPA 8260 C: 2006 / Preparo: EPA 5021 A: 2003

Ensaio ecotoxicológicos

Os ensaios para avaliação do efeito crônico das amostras de coluna de água com o microcrustáceo da espécie *Ceriodaphnia dubia* foram realizados de acordo com ABNT NBR 13373 (2017). Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustácea, Cladocera). Este método de ensaio consiste na exposição de exemplares de *Ceriodaphnia dubia* às amostras de coluna de água, durante 7 dias.

A toxicidade das amostras do meio da coluna de água foi avaliada de modo qualitativo, e para tanto não foram realizadas diluições. Para cada amostra testada foram utilizadas 10 réplicas e o ensaio foi conduzido em frascos contendo 15 mL de amostra e um exemplar de *C. dubia* (**Figura 5.1.6-22**) com idade entre 6 e 24 h.



Figura 5.1.6-22 - Exemplar de Ceriodaphnia dúbia

No decorrer do período de exposição a amostra teste foi renovada a cada 72 h e o número de neonatos produzidos em cada réplica contado. Ao final do período, o número de neonatas produzido em cada réplica foi contabilizado e estatisticamente comparado ao número de neonatas produzido na amostra controle, pelo pacote estatístico TOXSTAT 3.5.

No início e no final do ensaio foram medidos parâmetros como pH e oxigênio dissolvido. Durante o ensaio o número de exemplares adultos mortos também foi contado e utilizado como indicador da ocorrência de efeito agudo.

Paralelamente aos ensaios com as amostras de água foi realizado outro ensaio com cloreto de sódio, como substância referência, para avaliação da sensibilidade do lote de organismos utilizado nos ensaios e estes valores encontram-se na carta controle dos laudos (**Anexo 5.1-VIII**).

5.1.6.2.2.4 Análise dos dados

Na área de estudo os pontos de coleta foram distribuídos dentro de 4 trechos: Montante – Trecho 1 (M01 a M10), Trecho 2 (M11 a M18) e Trecho Reservatório (M19 a M23) e Jusante – Trecho 3 (J01 a J33). Estes agrupamentos dos pontos foram utilizados no encaminhamento dos resultados e da discussão.

Para avaliação das condições e padrões das águas doce classe 2 foram considerados os incisos I ao IX do artigo 15º da Resolução CONAMA Nº 357/2005.

Os resultados foram avaliados seguindo os critérios: origem do elemento ou composto (natural ou não natural), fontes (causas) e consequências. A discussão dos resultados foi pautada nas orientações preconizada pela citada resolução e em trabalhos relacionados (teses e artigos científicos), com especial atenção aos estudos da região.

5.1.6.2.3 Resultados

Todos os laudos laboratoriais com os resultados das análises são apresentados no **Anexo 5.1-VIII**.

A primeira campanha foi realizada nos meses de agosto e setembro no período seco. Historicamente nos últimos 40 anos foram registrados valores de vazão entre 3.422 a 7.333 m³/s para o mês de agosto e 2.773 e 6.344 m³/s para o mês de setembro (**5.1.6.1.3**), com menor volume de água nos trechos entre Marabá a Tucuruí.

A segunda campanha foi realizada no mês de janeiro na estação chuvosa. O histórico de medições de vazão registrou valores entre 9.414 e 16.498 m³/s para o mês de janeiro, com maior volume de água nos trechos entre Marabá a Tucuruí.

Em campo foram observadas diferenças como entre a primeira campanha (período seco) e a segunda (período chuvoso). Na segunda campanha, foi notada a distância entre as margens, que se acentuaram, e a coloração da água, que esteve mais escura, turva e em alguns locais barrenta. Essas observações tiveram alguma relação com os dados de transparência e turbidez registrados *in situ*.

Os resultados obtidos na 1^a e 2^a Campanha são apresentados nas tabelas: **Tabela 5.1.6-15, Tabela 5.1.6-16, Tabela 5.1.6-17, Tabela 5.1.6-18, Tabela 5.1.6-19, Tabela 5.1.6-20, Tabela 5.1.6-21, Tabela 5.1.6-22, Tabela 5.1.6-23, Tabela 5.1.6-24, Tabela 5.1.6-25, Tabela 5.1.6-26, Tabela 5.1.6-27 e Tabela 5.1.6-28**.

Tabela 5.1.6-22 - Resultados da segunda campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos M01 a M07

PARÂMETROS	Unidades	Padrões CLASSE 2 ÁGUAS DOCE CONAMA 357/05	Limite de Quantificação do Método	PONTO AMOSTRAL																							
				M01-S 9738	M01-M 9750	M01-F 10042	M02-S 9754	M02-M 9757	M02-F 9760	M03-S 9766	M03-M 9769	M03-F 9771	M04-S 9773	M04-M 9775	M04-F 9776	M05-S 6471	M05-M 6475	M05-F 6478	M06-S 6462	M06-M 6464	M06-F 6467	M07-M 6460					
PARÂMETROS DE CAMPO																											
Data	-	-	-	11/01/2018							11/01/2018							11/01/2018			09/01/2018			09/01/2018		09/01/2018	
Hora	-	-	-	10:38	10:26	10:15	11:43	11:33	11:25	12:55	12:42	12:30	15:12	14:59	14:49	16:26	16:16	16:05	15:10	14:58	14:43	12:13					
Profundidade da coluna d'água	m	-	-	6,3							5,2							14,5			6,0			8,0		1,1	
Disco de Secchi	m	-	-	0,3							0,4							0,4			0,3			0,4		0,4	
Temperatura	°C	-	-	29,8	29,8	30,9	30,0	30,0	29,9	30,2	30,1	30,1	30,1	30,0	30,1	29,9	29,6	29,6	29,9	29,5	29,4	30,0					
pH	-	6,0 - 9,0	-	7,10	7,00	6,98	7,10	7,10	7,00	7,00	7,00	6,80	6,90	6,90	6,80	6,70	6,80	6,70	6,90	6,60	6,60	6,80					
Potencial oxido-redução	mV	-	-	350,0	342,0	135,0	354,0	353,0	350,0	361,0	351,0	352,0	347,0	334,0	315,0	377,0	366,0	367,0	329,0	388,0	376,0	354,0					
Turbidez	NTU	100	-	48,4	47,0	49,5	49,3	54,2	53,4	42,6	42,6	41,8	48,0	45,4	49,8	48,5	42,1	43,7	39,6	46,4	41,9						
Oxigênio Dissolvido	mg/L	≥ 5	-	5,70	6,20	6,00	5,70	6,50	6,70	5,90	6,50	6,20	5,40	6,10	6,20	4,90	4,90	34,1	43,7	39,6	46,4						
Saturação de Oxigênio Dissolvido	%	-	-	75,3	81,9	79,9	75,5	85,8	88,3	78,2	86,0	82,8	72,2	81,0	82,8	82,5	86,5	65,2	95,1	69,9	78,9						
TDS	mg/L	500	-	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	18,0	17,0	17,0	17,0	18,0	18,0	15,0	17,0	18,0	18,0	18,0	20,0						
Salinidade	ppt	≤ 0,5	-	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	0,00	0,00						
Condutividade	mS/cm	-	-	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	28,0	27,0	27,0	27,0	27,0	28,0	28,0	26,0	26,0	28,0	28,0	30,0						
PARÂMETROS GERAIS																											
Coliformes Totais	NMP/100mL	-	10	1585,0	2755,0	4106,0	1723,0	1956,0	1935,0	1956,0	1236,0	1565,0	2755,0	1918,0	2489,0	1187,0	1670,0	1483,0	1658,0	2755,0	1956,0	1860,0					
Coliformes Termotolerantes (E. coli)	NMP/100mL	1000	10	<LQ	20,0	31,0	<LQ	<LQ	10,0	10,0	20,0	<LQ	10,0	20,0	20,0	10,0	20,0	10,0	<LQ	20,0	10,0						
DBO	mg/L	5	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,1	<LQ	<LQ	<LQ						
DQO	mg/L	-	5	16,9	18,8	17,8	27,1	17,5	16,9	15,1	17,8	17,3	22,2	17,1	<LQ	10,4	10,1	11,3	9,8	12,3	10,8	10,0					
Turbidez	UNT	100	0,1	45,1	43,8	44,9	46,8	48,5	47,5	39,3	39,4	42,7	45,0	52,6	43,0	44,2	43,5	43,9	42,2	44,1	44,8	37,4					
Cor Verdadeira	mg Pt/L	75	5	42,5	79,4	38,3	36,6	38,2	66,6	25,8	41,7	52,1	49,0	41,1	46,5	42,5	44,2	42,5	32,1	22,4	27,2	25,5					
Clorofila A	µg/L	3	3	1,0	<LQ	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	<LQ	<LQ	1,0	<LQ	1,0	1,0	1,0	<LQ	1,0	1,0	2,0	2,0					
Contagem de Cianobactérias	cel/mL	50.000	3	77,0	<LQ	<LQ	44,0	90,0	<LQ	29,0	31,0	1,726,0	1,411,0	<LQ	<LQ	71,0	57,0	<LQ	<LQ	<LQ	310,0						
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	5	64,0	56,0	33,0	61,0	58,0	58,0	44,0	52,0	55,0	63,0	62,0	60,0	46,0	57,0	48,0	60,0	51,0	37,0						
PARÂMETROS INORGÂNICOS																											
Alumínio Dissolvido	mg/L	0,1	0,001	0,123	0,129	0,106	0,164	0,083	0,118	0,105	0,187	0,199	0,119	0,083	0,106	0,125	0,114	0,133	0,491	0,115	0,108	0,105					
Antimônio	mg/L	0,005	0,001	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	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01					
Arsênio	mg/L	0,01	0,001	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Bário	mg/L	0,7	0,001	0,049	0,054	0,047	0,050	0,035	0,047	0,048	0,046	0,048	0,050	0,043	0,049	0,053	0,063	0,062	0,043	0,061	0,052	0,059					
Bélio	mg/L	0,04	0,001	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Boro	mg/L	0,5	0,001	0,003	0,006	0,004	0,003	<LQ	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	<LQ	0,002	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Cádmio	mg/L	0,001	0,001	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Chumbo	mg/L	0,01	0,001	0,00	0,00	0,00	0,00	<LQ	0,00	0,00	<LQ	0,00	<LQ	0,00	0,00	0,00	0,00	<LQ	0,00	0,00	0,00	0,00					
Cianeto Livre	mg/L	0,005	0,001	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Cloreto	mg/L	250	0,5	1,02	1,03	1,03	1,03	1,04	1,02	1,19	1,17	1,11	1,44	1,41	1,42	1,08	1,08	1,18	1,09	1,08	1,04	1,26					
Cloro Residual	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,09	0,07	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,13	0,05	0,03	0,08	0,07	0,03	0,17	0,02	0,08	0,08	0,04					
Cobalto	mg/L	0,05	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	<LQ	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	<LQ	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001					
Cobre Dissolvido	mg/L	0,009	0,001	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,001	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,001	0,002	0,002	0,006	0,007	0,002	0,002	0,002					
Cromo	mg/L	0,05	0,001	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003					
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	0,005	0,79	0,83	0,78	1,21	0,62	0,79	0,71	0,44	0,68	1,00	0,76	0,86	0,87	0,95	1,23	0,89	0,68	0,84						
Fluoreto	mg/L	1,4	0,05	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Fósforo Total	mg/L	0,05	0,01	0,11	0,11	0,10	0,10	0,08	0,11	0,09	0,08	0,10	0,11	0,10	0,09	0,15	0,15	0,15	0,12	0,15	0,14						
Lítio	mg/L	2,5	0,001	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,00	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Manganês	mg/L	0,1	0,001	0,056	0,057	0,054	0,054	0,045	0,060	0,049	0,046	0,052	0,063	0,057	0,057	0,070	0,068	0,072	0,060	0,063	0,069	0,062					
Mercúrio	mg/L	0,0002	0,0001	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Níquel	mg/L	0,025	0,001	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,001	<LQ	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002					
Nitrato (como N)	mg/L	10	0,5	0,42	0,34	0,52	0,36	<LQ	0,32	0,48	<LQ	0,33	0,39	0,39	1,85	<LQ	<LQ	0,41	0,47	<LQ	0,62						
Nitrito (como N)	mg/L	1	0,02	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,5	0,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Prata	mg/L	0,01	0,001	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Selênio	mg/L	0,01	0,001	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Sulfato	mg/L	250	0,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,58	0,55	0,53	0,57	0,57	0,57	0,65	0,92	0,85	0,66	0,71	0,89	0,88					
Sulfetos (como H2S não dissociado)	mg/L	0,002	0,002	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Urânio	mg/L	0,02	0,001	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,00	0,00	0,00	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Vanádio	mg/L	0,1	0,001	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	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00					
Zinco	mg/L	0,18	0,001	0,008	0,009	0,006	0,005	0,005	0,007	0,014	0,007	0,007	0,008	0,008	0,006	0,007	0,008	0,008	0,007	0,008	0,006	0,007					
PARÂMETROS ORGÂNICOS																											
Acetilamida	µg/L	0,500	0,1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Aliacil	µg/L	20,000	0,005	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ					
Aldrin + Dieldrin	µg/L																										

Tabela 5.1.6-28 - Resultados da segunda campanha dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos J23 a J33

PARÂMETROS	Unidades	Padrões CLASSE 2 ÁGUAS DOCES CONAMA 35/75	Limite de Quantificação do Método	PARÂMETROS DE CAMPO																																	
				J23-S	J23-M	J23-F	J24-S	J24-M	J24-F	J25-S	J25-M	J25-F	J26-S	J26-M	J26-F	J27-S	J27-M	J27-F	J28-S	J28-M	J28-F	J29-S	J29-M	J29-F	J30-S	J30-M	J30-F	J31-S	J31-M	J31-F	J32-S	J32-M	J32-F	J33-S	J33-M	J33-F	
PARÂMETROS DE CAMPO																																					
Data	-	-	-	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	17/01/2018	
Profundidade da coluna d'água	m	-	-	13,20	13,10	13,00	14,35	14,25	14,15	15,25	15,13	15,00	11,24	11,14	11,03	10,35	10,25	10,13	09,39	09,28	09,18	13,35	13,24	13,10	12,40	12,24	12,01	11,18	11,07	10,54	10,20	10,10	09,58	09,25	09,15	09,03	
Discos de Secchi	m	-	-	2,0	1,8	1,5	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Temperatura	°C	6,0 - 9,0	-	29,7	29,7	29,6	29,8	29,8	29,8	29,9	29,8	29,8	29,2	29,2	29,1	29,4	29,5	29,3	29,5	29,4	29,4	30,0	29,9	29,9	29,9	29,7	29,7	29,9	29,9	29,9	29,7	29,6	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4
Potencial oxid-redução	mV	-	-	433,0	431,0	431,0	408,0	415,0	407,0	432,0	435,0	418,0	377,0	383,0	383,0	354,0	333,0	343,0	346,0	389,0	389,0	374,0	385,0	389,0	389,0	389,0	389,0	389,0	389,0	389,0	389,0	389,0	389,0	389,0	389,0	389,0	
Turbidez	NTU	100	-	4,0	4,4	4,5	4,4	5,4	4,1	5,3	5,0	5,1	4,4	4,0	4,4	4,5	4,4	4,4	4,2	4,2	4,5	4,6	4,1	4,3	5,0	4,7	4,7	4,8	5,1	4,7	5,1	6,2	4,5	5,3	5,4	4,4	
Oxigênio Dissolvido	mg/L	2,5	-	5,70	5,70	5,80	6,00	6,18	6,50	6,50	6,50	6,50	5,30	5,30	5,30	5,50	5,20	5,80	5,80	5,40	5,30	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	
Saturação de Oxigênio Dissolvido	%	-	-	75,1	75,8	76,4	78,9	81,3	85,8	76,5	87,8	86,9	69,0	67,6	69,7	72,0	74,4	69,7	75,9	72,8	71,8	70,7	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9
TDS	mg/L	500	-	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	17,0	17,0	17,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Salinidade	g/L	0,5	-	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Condutividade	µS/cm	-	-	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
PARÂMETROS GERAIS																																					
Coliformes Totais	NMP/100mL	-	10	1607,0	1334,0	1112,0	838,0	1607,0	1112,0	1430,0	1850,0	1187,0	906,0	859,0	1122,0	754,0	839,0	836,0	1112,0	1333,0	581,0	1274,0	1500,0	988,0	987,0	1291,0	2048,0	1153,0	1153,0	1314,0	<LO	1274,0	1467,0	869,0	874,0	1281,0	
Coliformes Termotolerantes (E. coli)	NMP/100mL	1000	10	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
DBO	mg/L	5	3	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
DO	mg/L	5	7,7	7,7	7,8	6,6	7,9	7,5	7,5	7,5	7,5	7,1	6,9	7,5	6,6	7,5	6,4	6,6	4,4	6,5	7,4	6,7	6,5	7,4	6,7	6,5	7,7	6,6	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
LNIT	100	0,1	3,8	4,2	3,9	3,9	3,9	4,1	3,2	4,8	4,7	4,3	5,0	4,5	4,6	4,7	4,8	4,7	4,5	4,5	4,2	4,5	4,6	4,4	4,5	4,6	4,5	4,4	4,3	4,7	4,5	4,5	4,6	4,8	4,8	4,8	
Cor Verdadeira	mg Pt/L	75	5	12,0	13,1	12,0	12,1	13,8	13,9	12,1	13,4	16,0	14,3	13,2	14,9	13,2	14,2	14,8	14,6	15,8	11,6	9,3	6,2	7,8	12,9	11,4	9,0	9,0	7,1	13,4	17,2	11,4	11,9	6,8	5,4	7,1	7,1
Formilina	ppm	30	3	0,2	1,0	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Catagem de Cianobactérias	cel/mL	50.000	3	6.249,0	6.243,0	6.310,0	12.369,0	3.235,0	7.541,0	10.401,0	11.015,0	14.884,0	8.407,0	13.578,0	7.843,0	10.090,0	7.353,0	6.090,0	22.779,0	17.111,0	10.090,0	8.350,0	8.203,0	13.252,0	11.732,0	11.732,0	11.732,0	11.732,0	11.732,0	11.732,0	11.732,0	11.732,0	11.732,0	11.732,0	11.732,0	11.732,0	
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	5	38,0	34,0	32,0	41,0	26,0	44,0	40,0	49,0	49,0	41,0	43,0	43,0	40,0	40,0	49,0	49,0	44,0	32,0	31,0	52,0	22,0	25,0	37,0	48,0	29,0	44,0	40,0	30,0	39,0	37,0	30,0	41,0	41,0	
PARÂMETROS INORGÂNICOS																																					
Alumínio Dissolvido	mg/L	0,1	0,001	0,045	0,065	0,076	0,052	0,066	0,016	0,043	0,069	0,073	0,085	0,088	0,078	0,091	0,017	0,024	0,081	0,067	0,048	0,113	0,027	0,022	0,127	0,014	0,020	0,014	0,019	0,034	0,013	0,020	0,014	0,025	0,025	0,025	
Amônio	mg/L	0,005	0,001	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ársênio	mg/L	0,01	0,001	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Bário	mg/L	0,7	0,001	0,025	0,028	0,028	0,031	0,027	0,026	0,036	0,028	0,027	0,022	0,021	0,024	0,023	0,025	0,023	0,024	0,031	0,030	0,032	0,031	0,030	0,032	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
Berílio	mg/L	0,04	0,001	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Bromo	mg/L	0,5	0,001	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Cádmio	mg/L	0,001	0,001	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Chumbo	mg/L	0,01	0,001	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Cromo Hex	mg/L	0,005	0,001	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Cianeto	mg/L	250	0,5	1,70	1,68	1,92	1,81	1,78	1,90	1,72	1,73	1,72	1,64	1,62	1,66	1,80	1,73	1,68	1,65	1,71	2,26	1,70	1,67	1,68	1,69	1,68	1,67	1,66	1,70	1,68	1,92	1,69	1,66	1,71	1,67	1,67	
Cloro Residual	mg/L	0,01	0,01	0,08	0,08	0,02	0,03	<LO	0,02	0,04	0,03	0,06	0,06	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,07	0,07	0,02	0,05	0,05	0,05	0,06	<LO	<LO	0,06	0,04	0,03	0,11	0,03	0,06	0,02	0,06	0,06	
Cobalto	mg/L	0,05	0,001	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Cobre Dissolvido	mg/L	0,005	0,001	<LO	0,001	0,002	0,002	<LO	0,001	0,002	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	0,001	0,001	<LO	0,002	0,001	0,002	0,002	<LO	0,001	0,002	0,001	0,002	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Cromo	mg/L	0,05	0,001	0,002	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO	<LO
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	0,005	0,2	0,08	0,21	0,25	0,23	0,21	0,18	0,21	0,18	0,17	0,15</																							

5.1.6.2.3.1 Parâmetros medidos em campo

Durante o período chuvoso, primeira campanha, a temperatura média da água nos trechos à montante foi de 30,7 °C, enquanto que à jusante foi de 30,1 °C (**Figura 5.1.6-23**).

Durante a estação chuvosa, segunda campanha, a temperatura média da água foi de 29,8 e 29,5 °C nos pontos a montante e jusante, respectivamente (**Figura 5.1.6-24**).

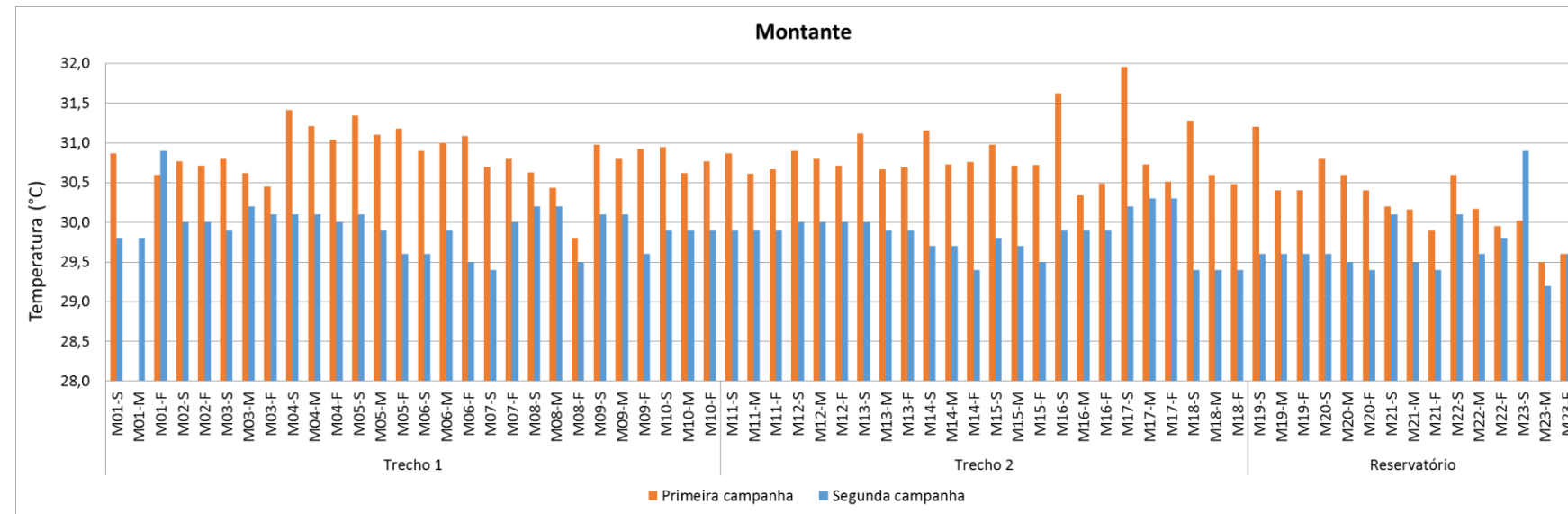


Figura 5.1.6-23 - Temperatura (°C) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório

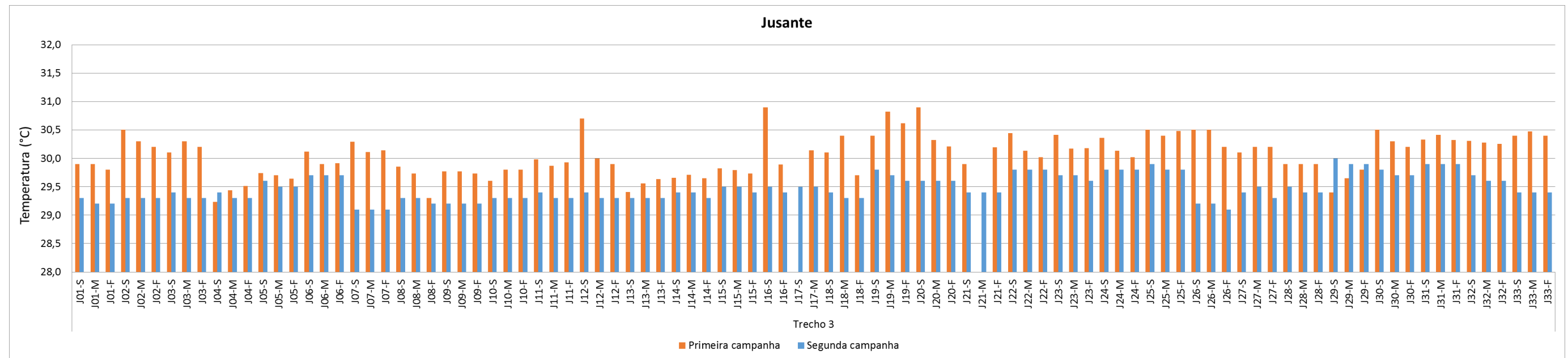


Figura 5.1.6-24 - Temperatura (°C) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3

Durante o período seco os valores de pH, em média, estiveram próximo da neutralidade (7,1) nos pontos a montante, exceto nas amostras de superfície e meio do ponto M11 foram observados valores inferiores a 6,0. Já a jusante, todas as amostras dos pontos J01 e J09, bem como as amostras de superfície dos pontos J02, J08 e J13 e do meio da coluna de água no ponto J02 apresentaram valores menores que 6,0, indicando uma tendência à acidez (**Figura 5.1.6-25**).

No período chuvoso os valores de pH estiveram de acordo com a referida legislação em todas as amostras analisadas, exceto a de superfície do ponto M09, a montante, e de fundo do ponto J02, a jusante (**Figura 5.1.6-26**).

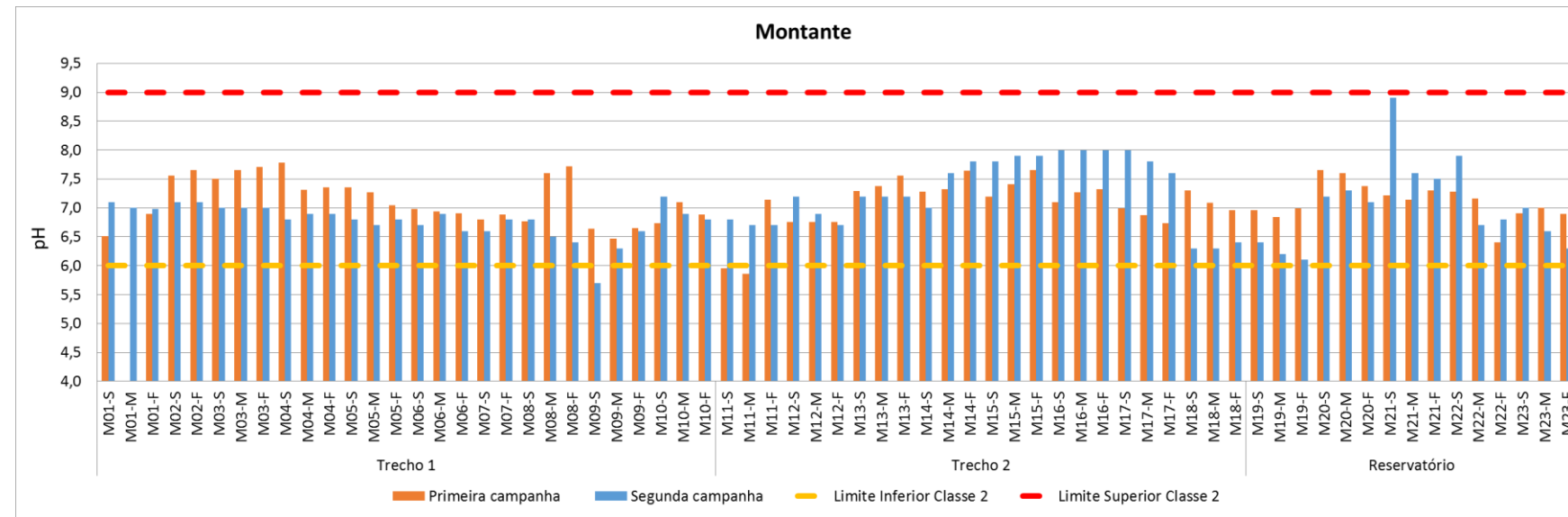


Figura 5.1.6-25 - pH das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha amarela e vermelha pontilhadas representam os limites Classe 2 da Resolução CONAMA Nº 357/2005

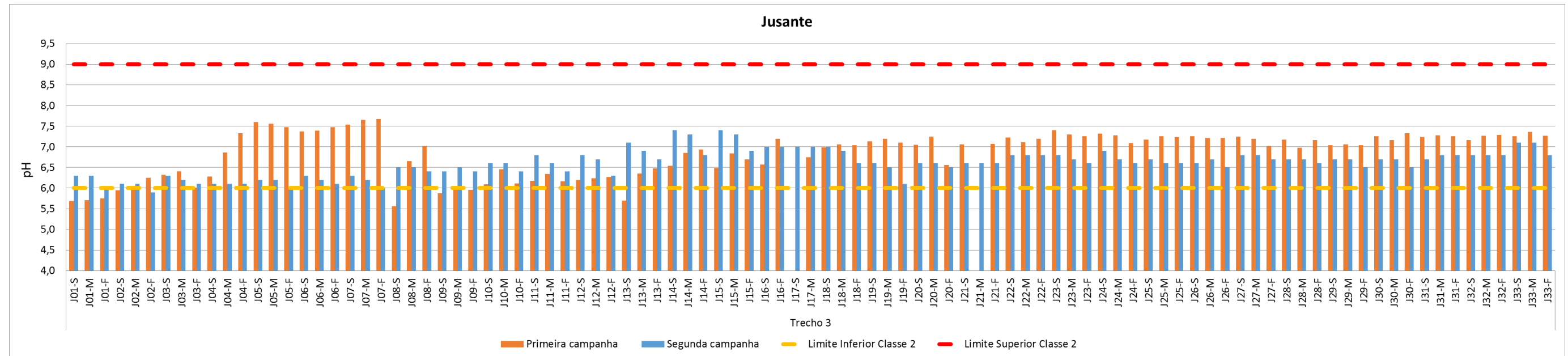


Figura 5.1.6-26 - pH das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha amarela e vermelha pontilhadas representam os limites Classe 2 da Resolução CONAMA Nº 357/2005

Durante o período seco o valor médio do potencial de oxido-redução foi de 137,36 mV a montante, e a jusante de 187,8 mV, valores baixos e negativos foram observados nos pontos J10 e J11 (**Figura 5.1.6-27**).

No período chuvoso os valores médios de potencial de oxido-redução a montante e a jusante foram de 314 e 404,3 mV, respectivamente (**Figura 5.1.6-28**).

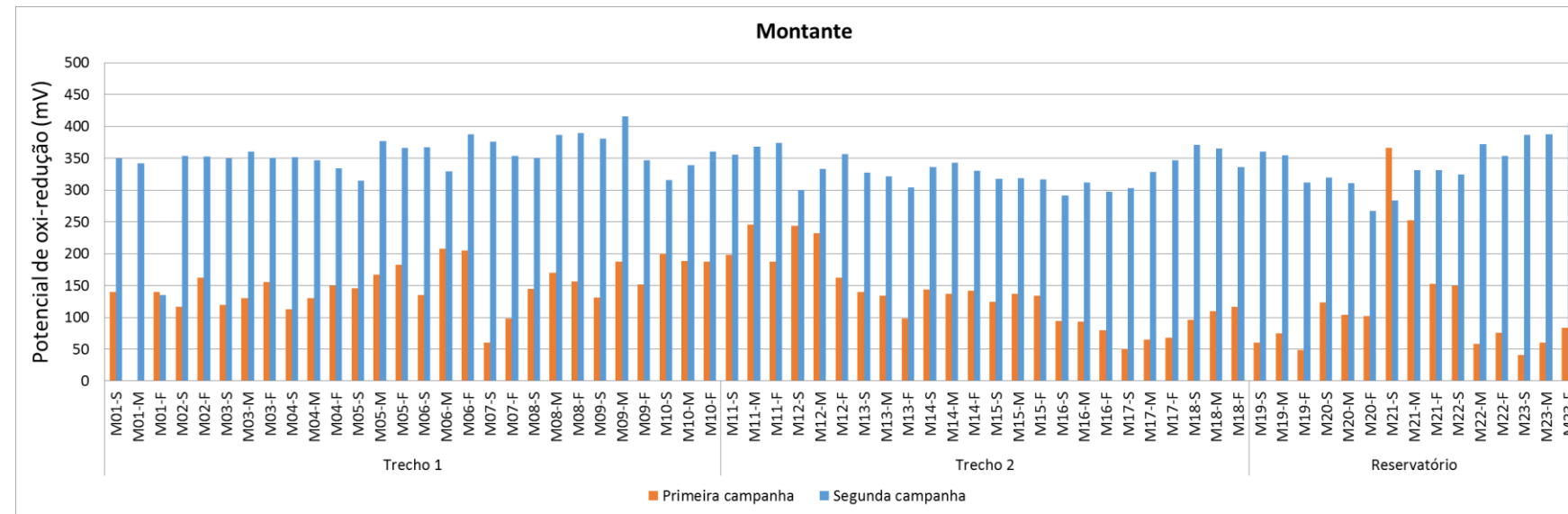


Figura 5.1.6-27 - ORP das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha amarela e vermelha pontilhadas representam os limites Classe 2 da Resolução CONAMA Nº 357/2005

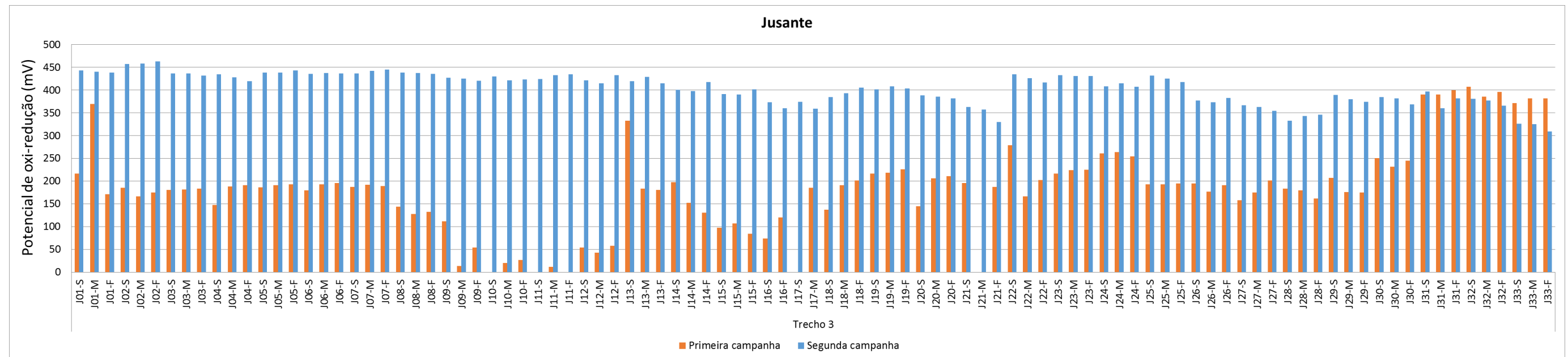


Figura 5.1.6-28 - ORP das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha amarela e vermelha pontilhadas representam os limites Classe 2 da Resolução CONAMA Nº 357/2005

Durante o período seco os valores de turbidez situaram-se abaixo do limite estabelecido pela legislação (100 NTU), uma vez que as médias observadas à montante e a jusante foram de 4,15 e 2,6 NTU, respectivamente (**Figura 5.1.6-29**).

No período chuvoso o valor médio de turbidez observado a montante foi de 37,6 NTU, significativamente maior do que na primeira campanha, no entanto, não extrapolou o limite estabelecido pelo artigo 15º da Resolução CONAMA N° 357/2005. Já a jusante, o valor médio de turbidez foi de 4,4 NTU (**Figura 5.1.6-30**).

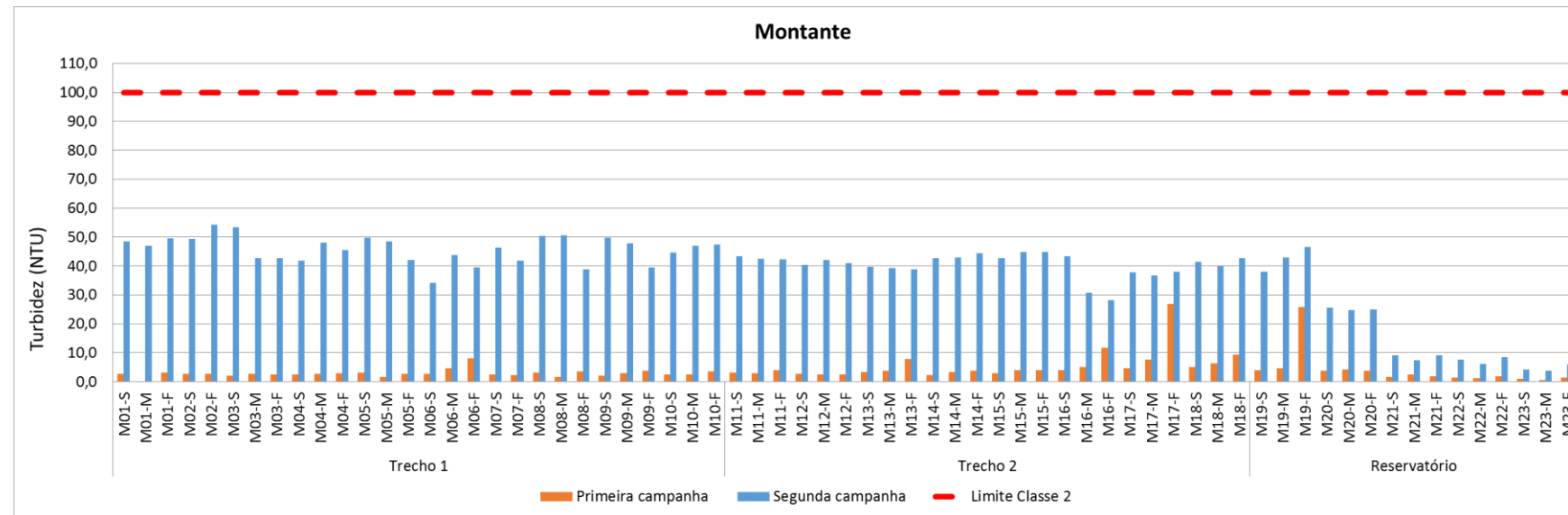


Figura 5.1.6-29 - Turbidez (NTU) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

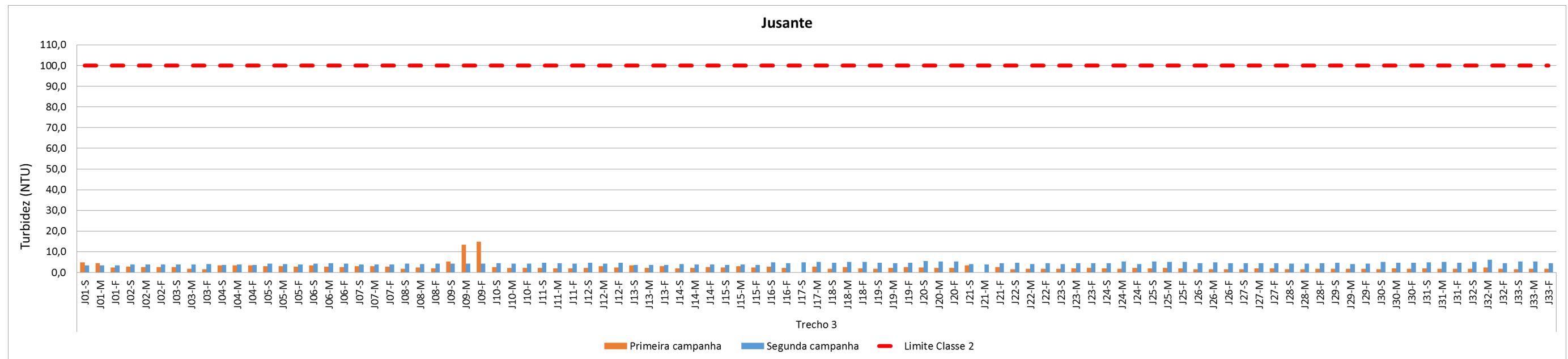


Figura 5.1.6-30 - Turbidez (NTU) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

Durante o período seco a concentração dos sólidos dissolvidos totais variou entre 6 e 14 mg/L nos pontos a montante e entre 9 e 55 mg/L nos pontos a jusante, concentrações estas muito abaixo do limite estabelecido na resolução (500 mg/L) (**Figura 5.1.6-31**).

No período chuvoso a concentração dos sólidos dissolvidos totais variou entre 14 e 22 mg/L nos pontos a montante e entre 17 e 19 mg/L nos pontos a jusante. Novamente as concentrações foram muito abaixo do limite estabelecido na resolução (**Figura 5.1.6-32**).

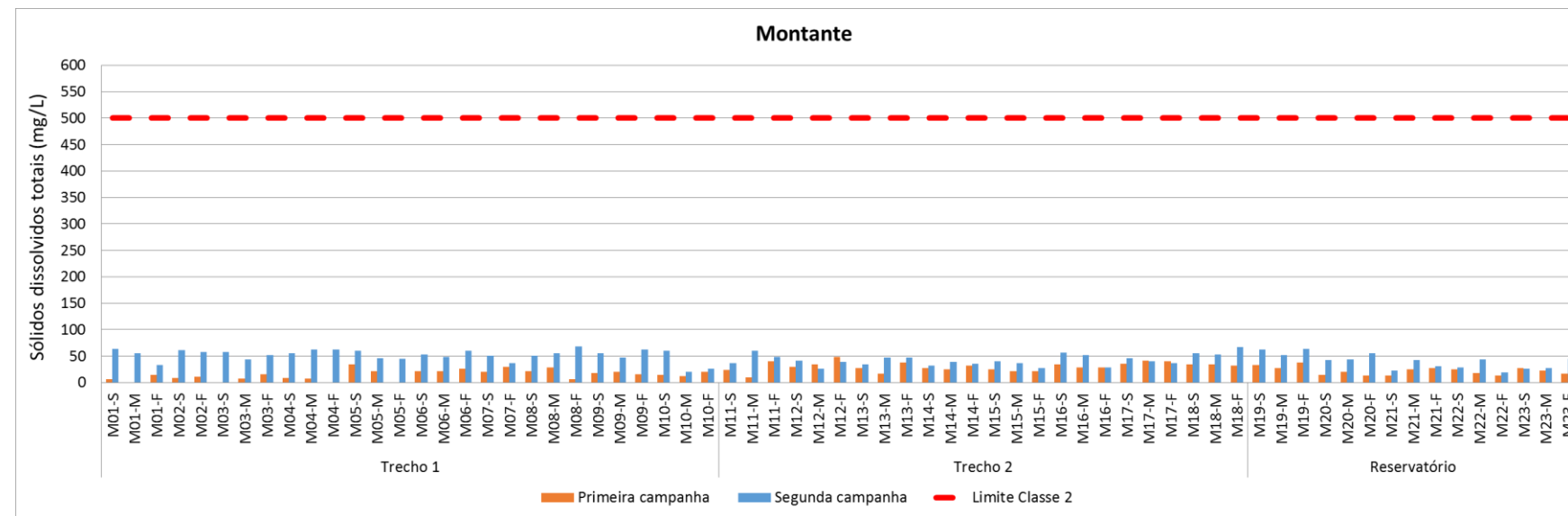


Figura 5.1.6-31 - Sólidos dissolvidos totais (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

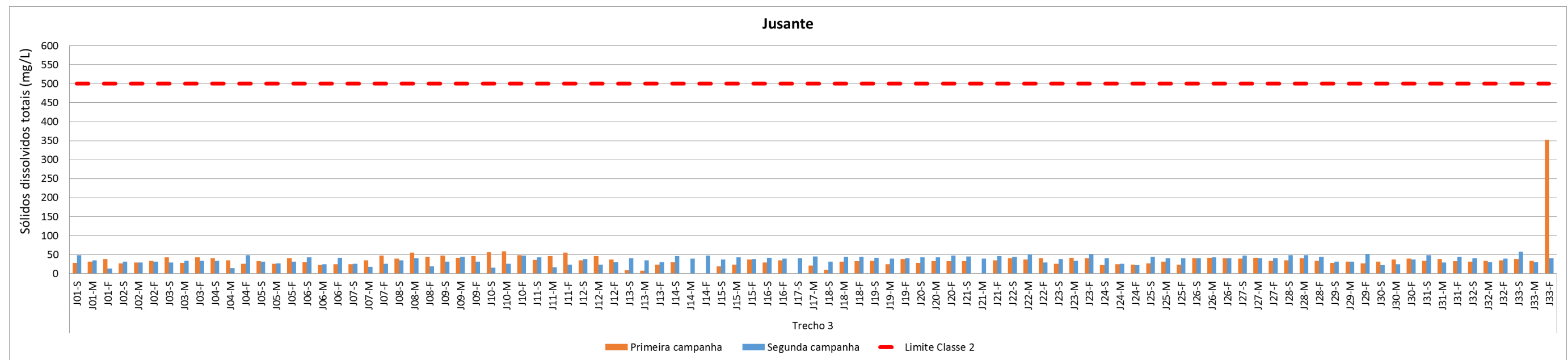


Figura 5.1.6-32 - Sólidos dissolvidos totais (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

Durante o período seco a concentração média de oxigênio dissolvido a montante foi de 5,8 mg/L, ou seja, de acordo com os limites estabelecidos pelo artigo 15 da Resolução CONAMA N° 357/2005 (5 mg/L), exceto para as amostras de fundo dos pontos M17, M19, M22 e M23. No entanto, à jusante, o OD esteve abaixo do valor preconizado pela legislação, com média de 4,2 mg/L (**Figura 5.1.6-33**).

No período chuvoso os valores médios de oxigênio dissolvido, tanto a montante quanto a jusante, estiveram de acordo com a legislação, apesar de algumas amostras apresentarem concentrações de OD abaixo de 5 mg/L, com destaque para as dos pontos M22 e M23, onde foram observados valores inferiores a 3 mg/L (**Figura 5.1.6-34**).

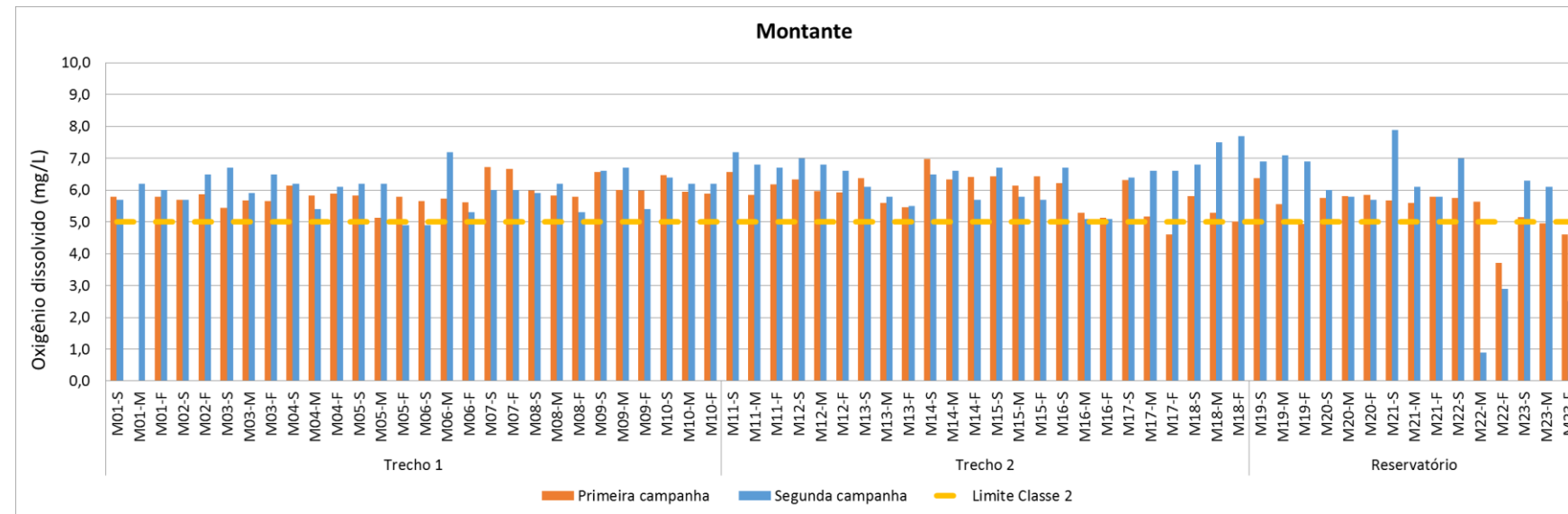


Figura 5.1.6-33 - Oxigênio dissolvido (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA Nº 357/2005

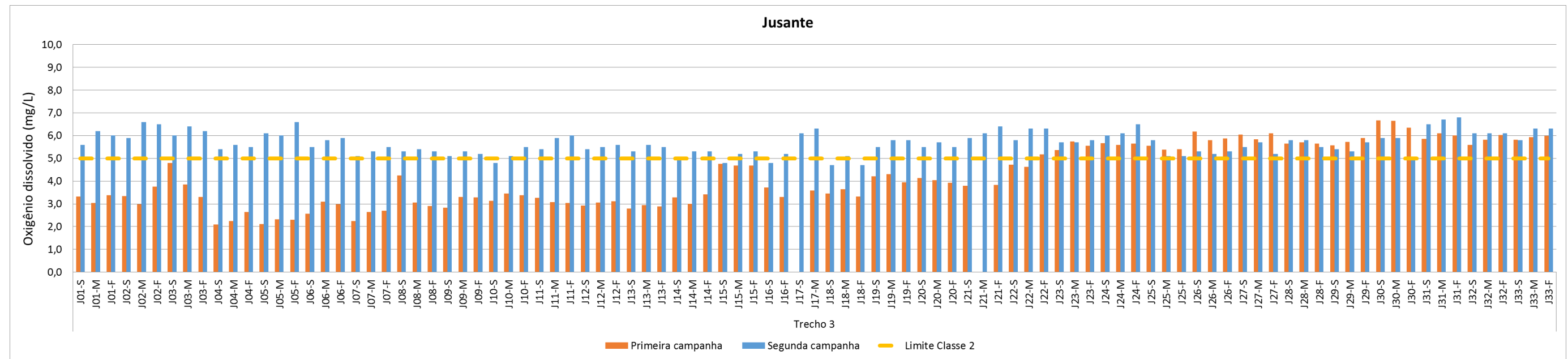


Figura 5.1.6-34 - Oxigênio dissolvido (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA Nº 357/2005

5.1.6.2.3.2 Parâmetros biológicos

Durante o período seco, primeira campanha, as concentrações médias de coliformes termotolerantes permaneceram muito abaixo do valor estabelecido pelo artigo 15 da Resolução CONAMA N° 357/2005 (1000 NMP/100 mL). A montante o valor médio para este parâmetro foi de 12,5 NMP/100mL, variando entre 10 e 20 NMP/100mL, enquanto que a jusante, apesar da concentração máxima observada ter sido de 193 NMP/100mL (J03-S), a concentração média foi de 29 NMP/100mL (**Figura 5.1.6-35**).

No período chuvoso, segunda campanha, a concentração de coliformes termotolerantes variou entre 10 e 97 NMP/100 mL nas amostras coletadas a montante e entre 10 e 63 NMP/100 mL nas coletadas a jusante. Estes valores, assim como na primeira campanha, estão muito abaixo do limite da legislação (1000 NMP/100 mL) (**Figura 5.1.6-36**).

Durante o período seco os coliformes totais, cujo limite não é estabelecido pela referida legislação, as concentrações variaram entre 41 e 3448 NMP/100 mL, entre os pontos a montante, e 275 e 24200 NMP/100 mL entre os pontos a jusante.

No período chuvoso os coliformes totais apresentaram concentrações entre 134 e 4.352 NMP/100 mL nos pontos a montante e 414 e 8.704 NMP/100 mL nos pontos a jusante.

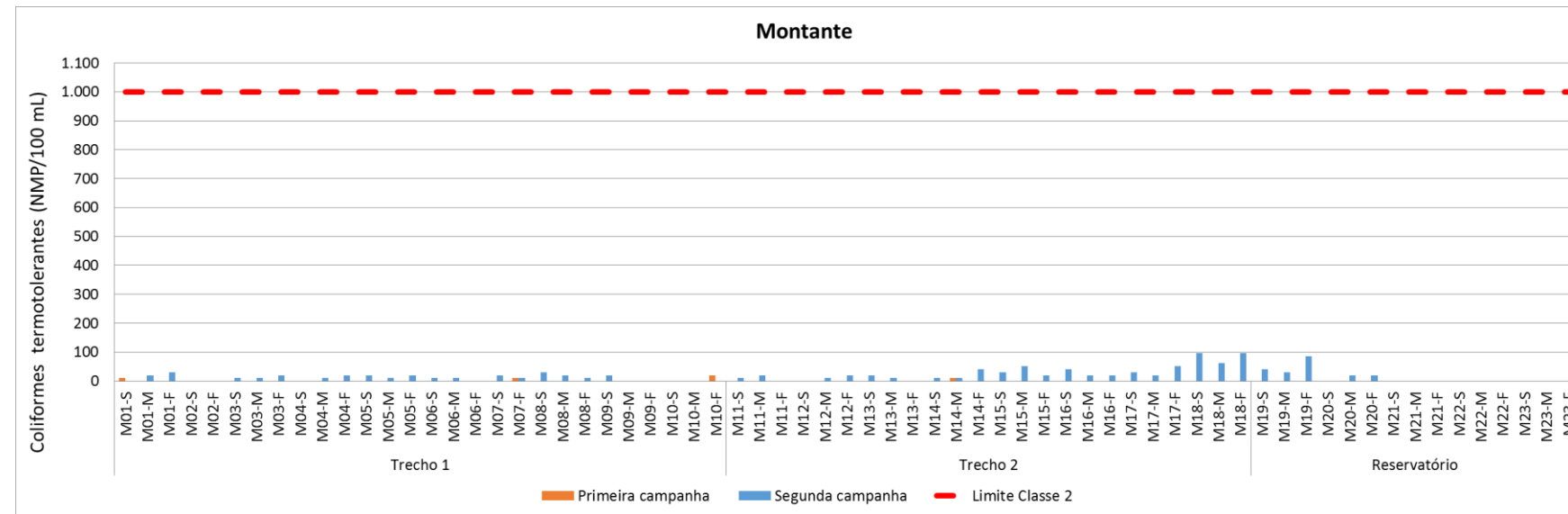


Figura 5.1.6-35 - Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

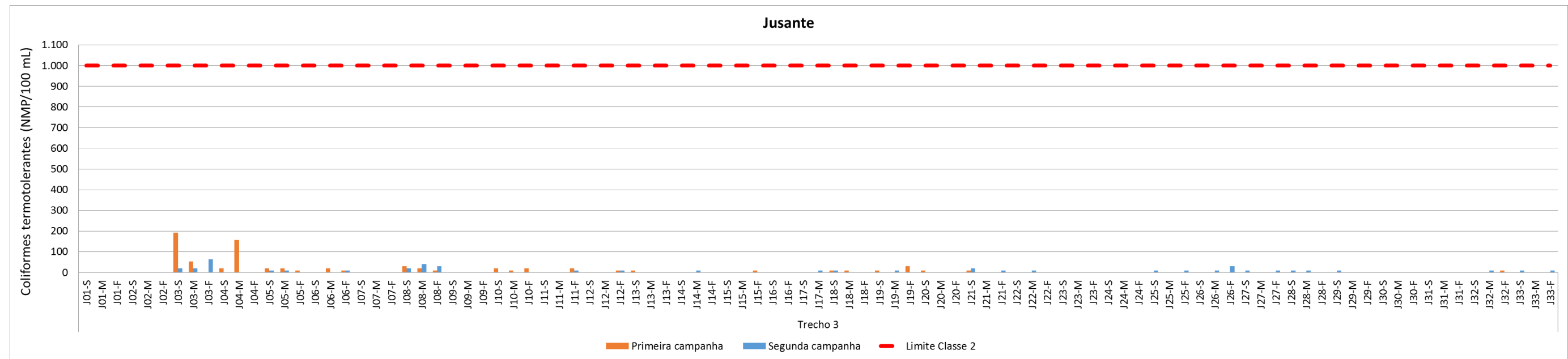


Figura 5.1.6-36 - Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

No período seco as cianobactérias ocorreram em concentrações acima do limite estabelecido pelo artigo 15 da Resolução CONAMA N° 357/2005 (50.000 cel/mL) em diversas amostras durante o período seco na primeira campanha. Os valores deste parâmetro variaram entre 1.820 e 102.428 cel/mL a montante e 2.176 e 110.432 cel/mL a jusante (**Figura 5.1.6-37**).

No período chuvoso a quantidade de células de cianobactérias apresentou concentrações acima do limite estabelecido pelo artigo 15 da Resolução CONAMA N° 357/2005 (50.000 cel/mL), no entanto em um número muito menor de amostras quando comparado a primeira campanha. Os valores deste parâmetro variaram entre 18 e 7239 cel/mL a montante. Neste grupo de amostras, apenas a coletada na superfície do ponto M22 apresentou valor (129.209 cel/mL) acima do preconizado pela legislação. Nos pontos coletados a jusante, a concentração média de células de cianobactérias foi de 12.124 cel/mL, no entanto apenas 4 amostras estiveram em desacordo com a referida legislação (**Figura 5.1.6-38**).

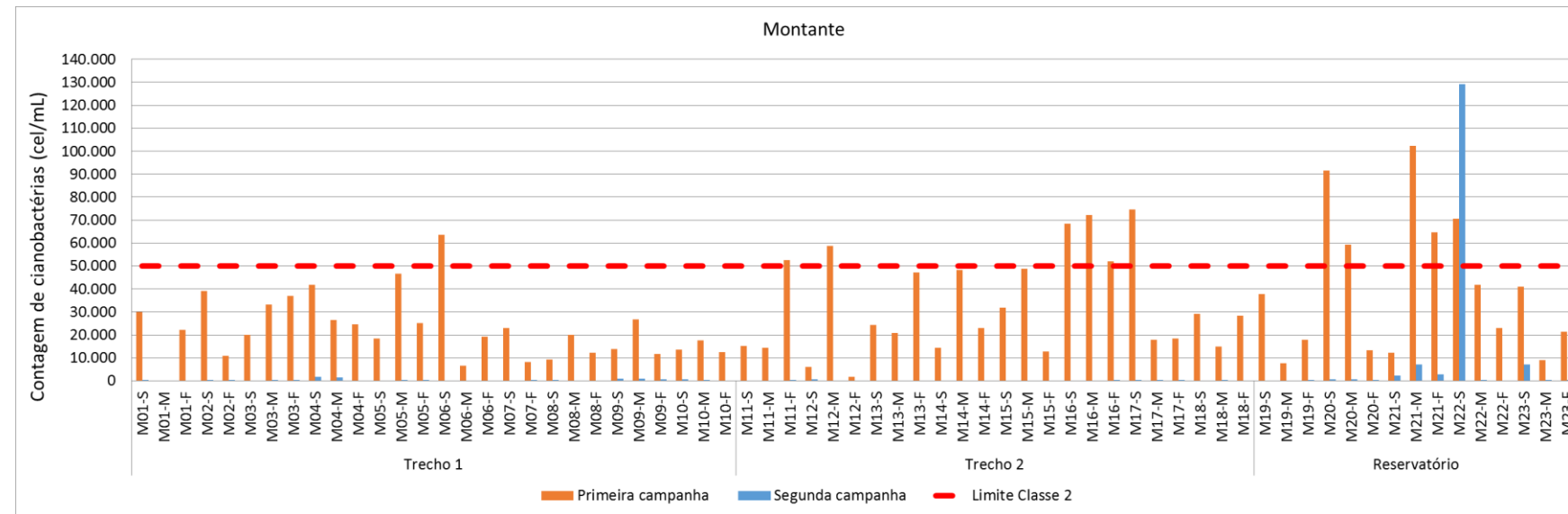


Figura 5.1.6-37 - Contagem de cianobactérias (cel/mL) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

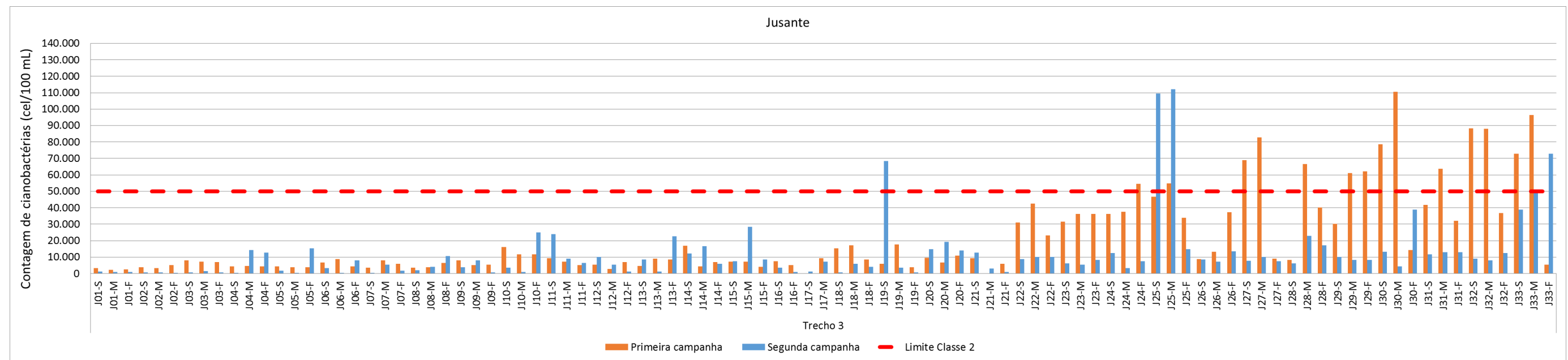


Figura 5.1.6-38 - Contagem de cianobactérias (cel/ml) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

No período seco a concentração média de Clorofila “A” variou entre 3 e 9 µg/L nos pontos a montante e entre 3 e 5 µg/L nos pontos a jusante, muito abaixo do limite da resolução, que é de 30 µg/L, sendo que na maioria das amostras as concentrações permaneceram abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado.

No período chuvoso a concentração média de Clorofila “A” variou entre 1 e 6 µg/L nos pontos a montante e entre 1 e 10 µg/L nos pontos a jusante, muito abaixo do limite e, assim como na primeira campanha, a maioria das amostras apresentou concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado.

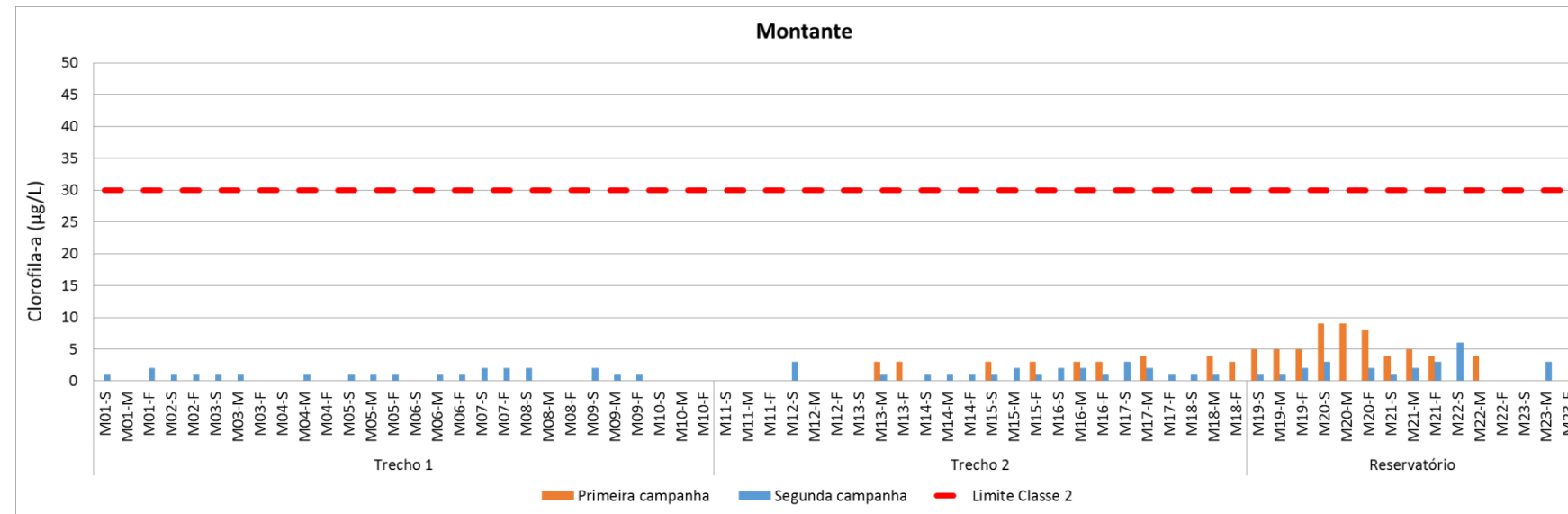


Figura 5.1.6-39 - Clorofila-a (µg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

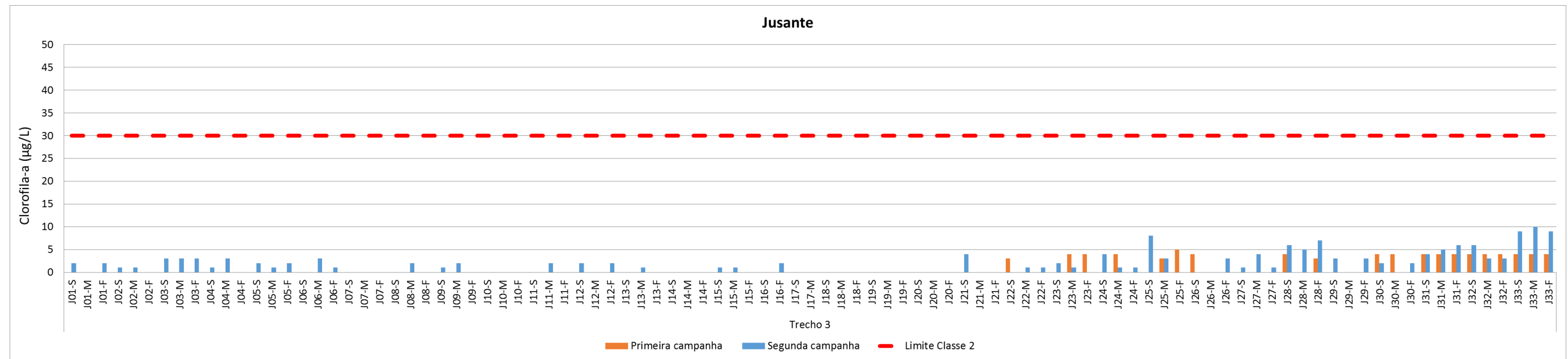


Figura 5.1.6-40 - Clorofila-a (µg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

5.1.6.2.3.3 Parâmetros inorgânicos

Durante o período seco a cor verdadeira permaneceu abaixo do limite estabelecido pelo artigo 15º da Resolução CONAMA N° 357/2005 (75 mg Pt/L) em todas as amostras coletadas durante o período. As concentrações médias foram de 9,57 e 12,7 mg Pt/L nas amostras a montante e jusante, respectivamente (**Figura 5.1.6-41**).

No período chuvoso a cor verdadeira, assim como a turbidez, apresentou um aumento na concentração média (36,7 mg Pt/L) nas amostras coletadas a montante durante a segunda campanha quando comparada a primeira, no entanto apenas a amostra M01-M (79,4 mg Pt/L) apresentou teor deste parâmetro acima do estabelecido pela legislação. Nos pontos a jusante as concentrações de cor obtidas na segunda campanha foram semelhantes às da primeira, com média de 12,8 mg Pt/L (**Figura 5.1.6-42**).

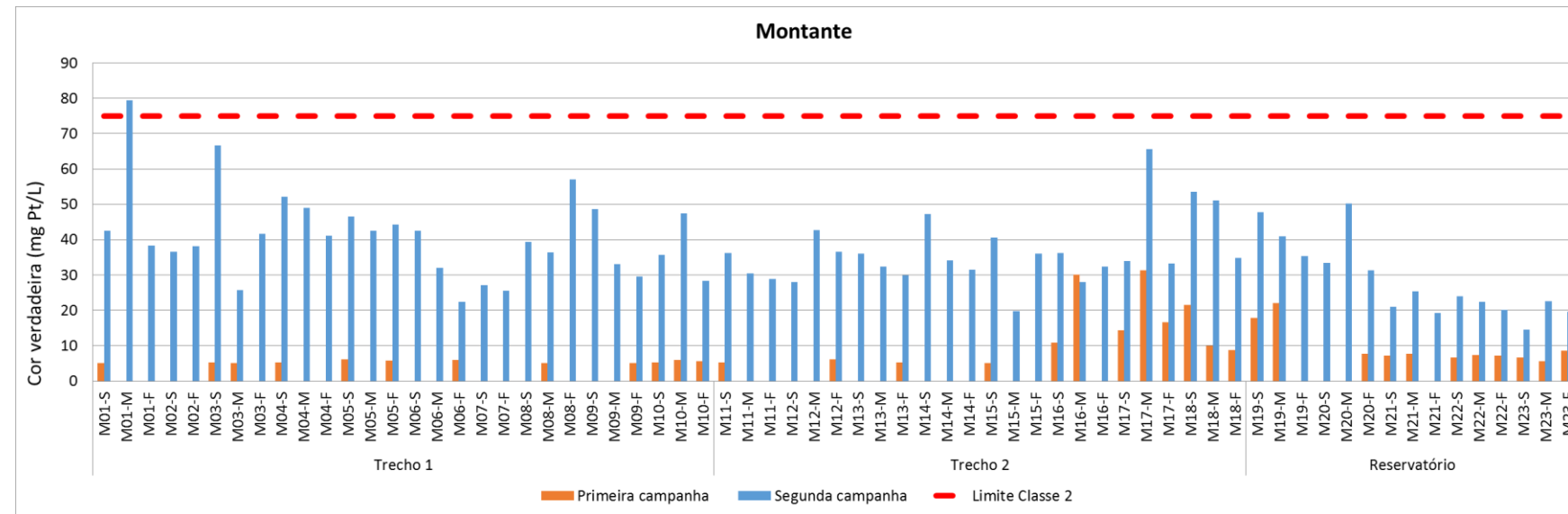


Figura 5.1.6-41 - Cor verdadeira (mg Pt/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

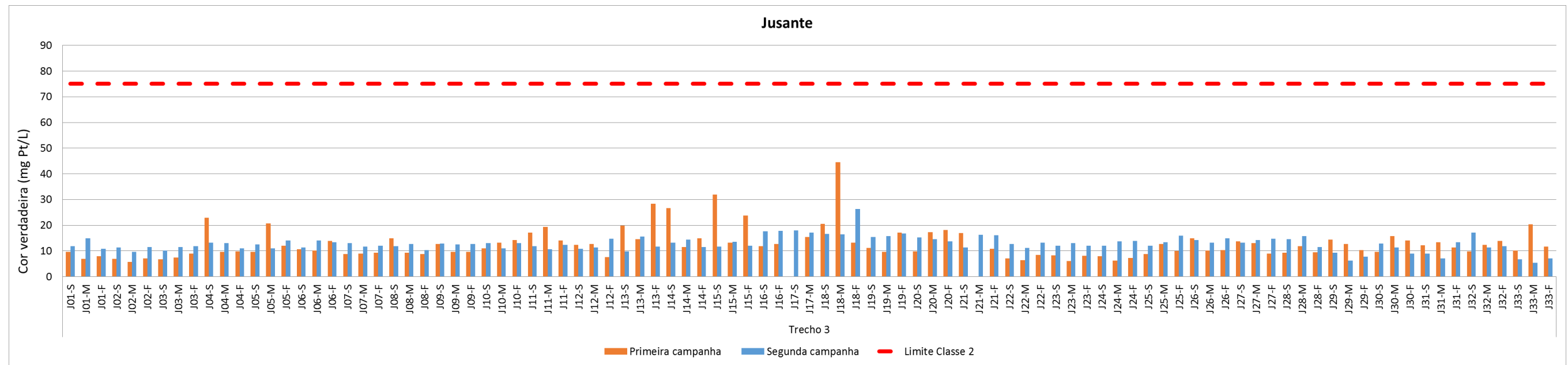


Figura 5.1.6-42 - Cor verdadeira (mg Pt/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

No período seco o cloro residual foi quantificado em concentrações acima do limite estabelecido como padrão de qualidade para águas de Classe 2 pelo artigo 15 da Resolução CONAMA N° 357/2005 (0,01 mg/L) na maioria das amostras analisadas. Os valores deste parâmetro variaram entre 0,01 a 0,16 mg/L nas amostras coletadas a montante e 0,01 a 0,2 mg/L nas coletadas a jusante (**Figura 5.1.6-43**).

Assim como no período seco, no período chuvoso o cloro residual esteve acima do limite estabelecido pela legislação supracitada (0,01 mg/L) na maioria das amostras analisadas. As concentrações médias deste parâmetro foram de 0,06 mg/L nas amostras coletadas a montante e 0,05 mg/L, nas coletadas a jusante (**Figura 5.1.6-44**).

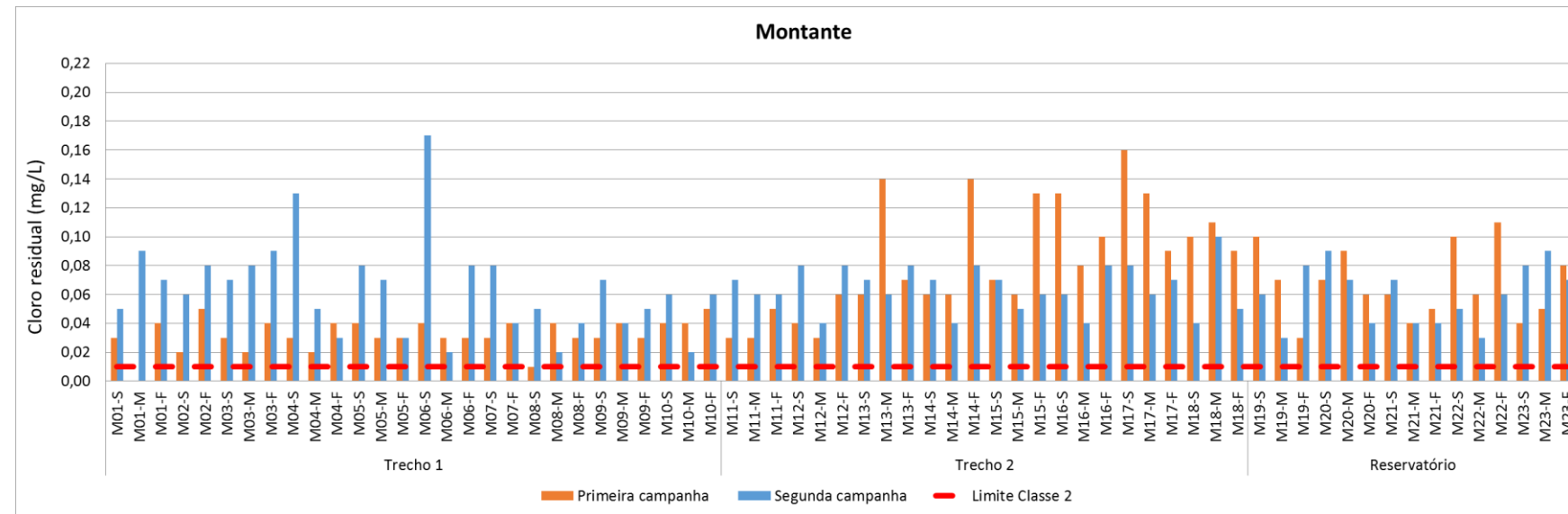


Figura 5.1.6-43 - Cloro residual (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

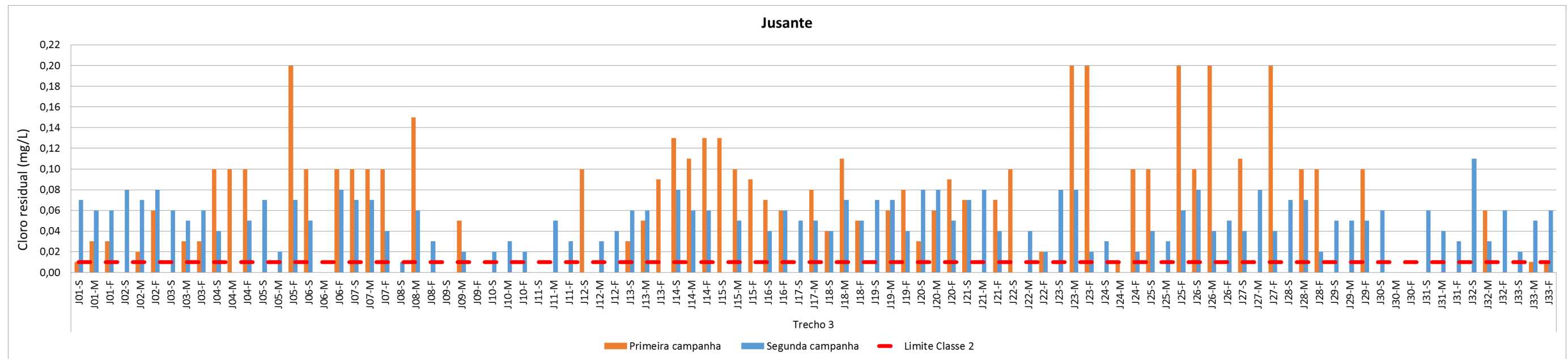


Figura 5.1.6-44 - Cloro residual (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

Durante o período seco a concentração do alumínio dissolvido variou entre 0,006 e 0,063 mg/L a montante e entre 0,002 e 0,033 mg/L a jusante, portanto abaixo do limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005, cuja concentração é 0,1 mg/L (**Figura 5.1.6-45**).

No período chuvoso a concentração média do alumínio dissolvido (0,095 mg/L) foi significativamente maior do que na primeira, principalmente nas amostras coletadas a montante, uma vez que 42% das amostras estiveram em desacordo com a legislação neste trecho. A jusante, apenas 9 amostras apresentaram teor deste parâmetro acima do estabelecido pelo artigo 15 da Resolução CONAMA N° 357/2005. Neste trecho os valores variaram entre 0,009 e 0,194 mg/L, no entanto a concentração média foi de 0,05 mg/L (**Figura 5.1.6-46**).

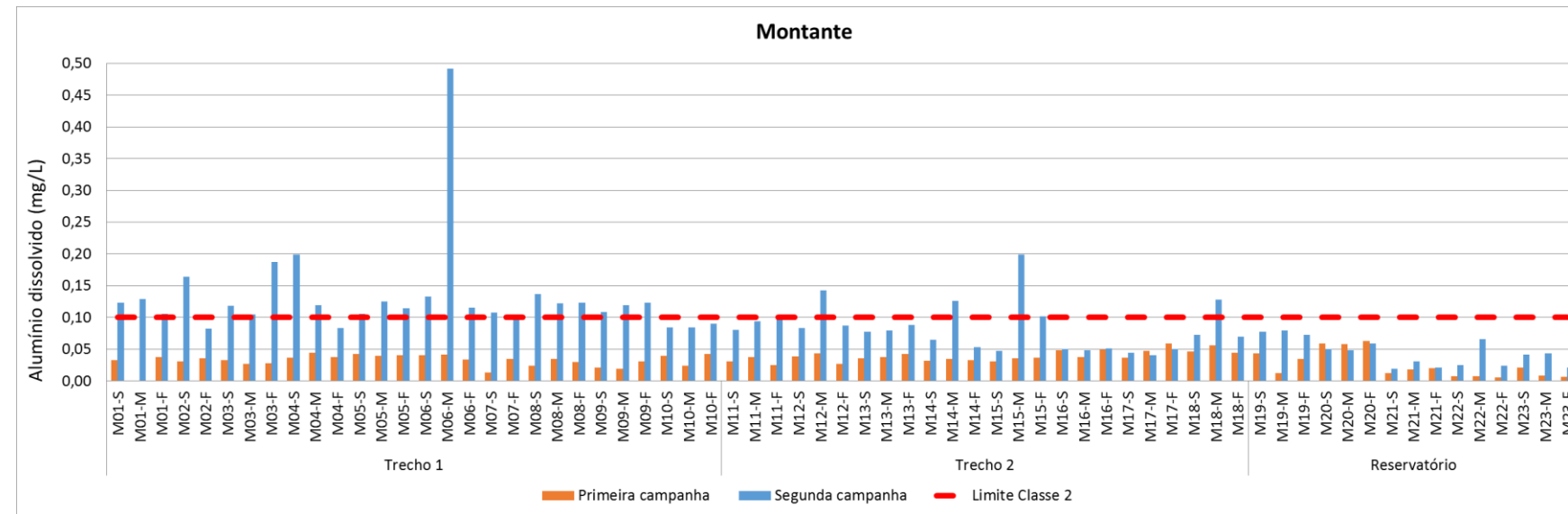


Figura 5.1.6-45 - Alumínio dissolvido (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

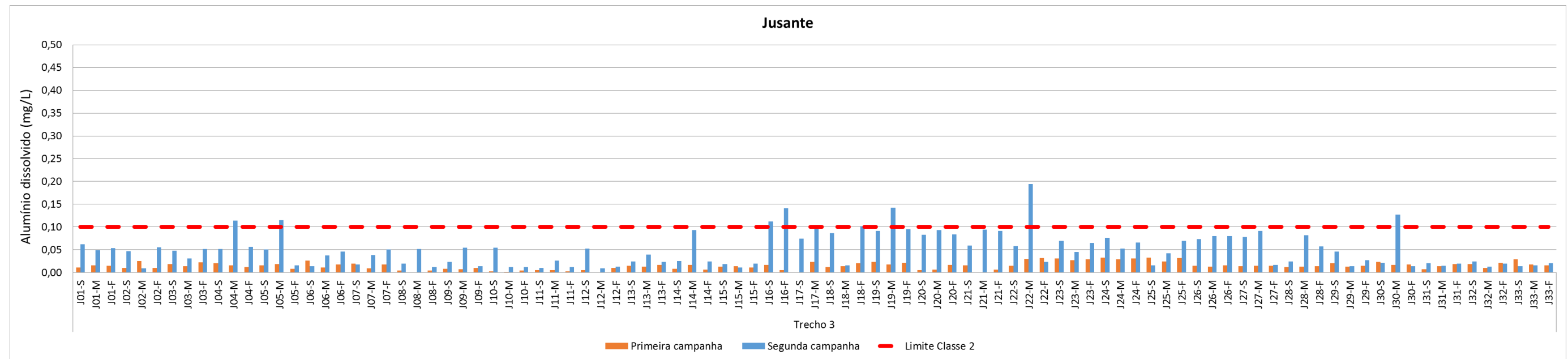


Figura 5.1.6-46 - Alumínio dissolvido (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

Durante o período seco o antimônio não foi quantificado em nenhuma amostra (**Figura 5.1.6-47**).

No período chuvoso o antimônio foi quantificado em praticamente todas as amostras, tanto a montante como a jusante, e em concentrações um pouco acima dos limites estabelecidos pela legislação supracitada (0,005 mg/L), com valores máximos de 0,006 e 0,008 mg/L, respectivamente (**Figura 5.1.6-48**).

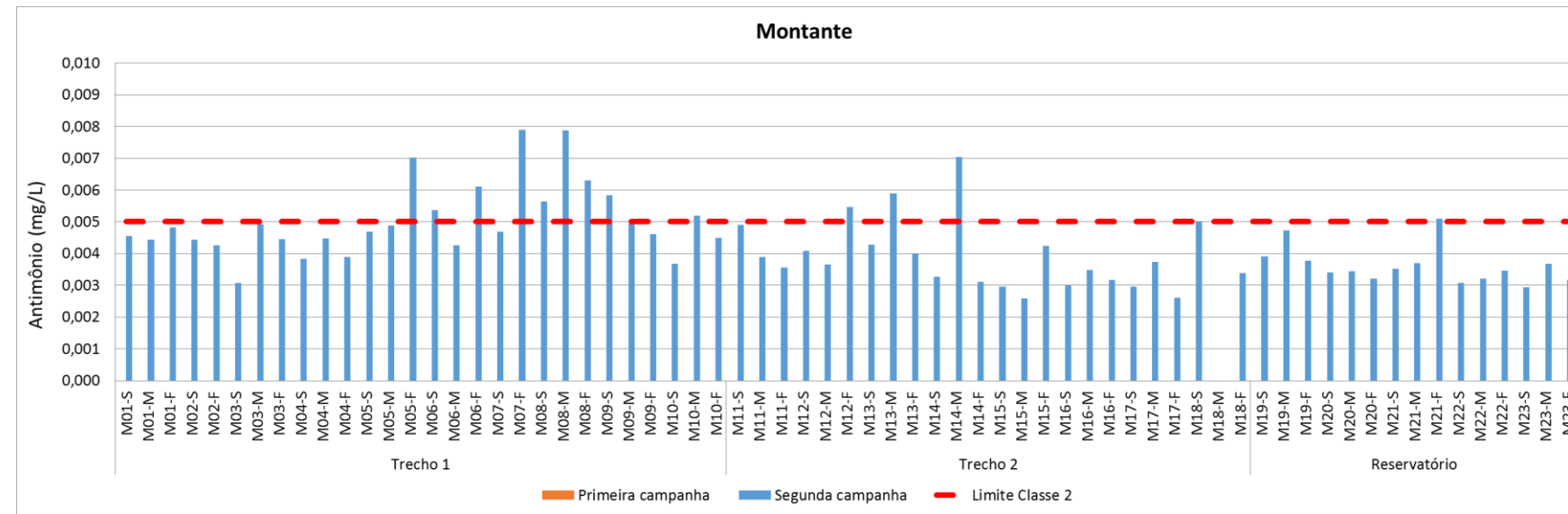


Figura 5.1.6-47 - Antimônio (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

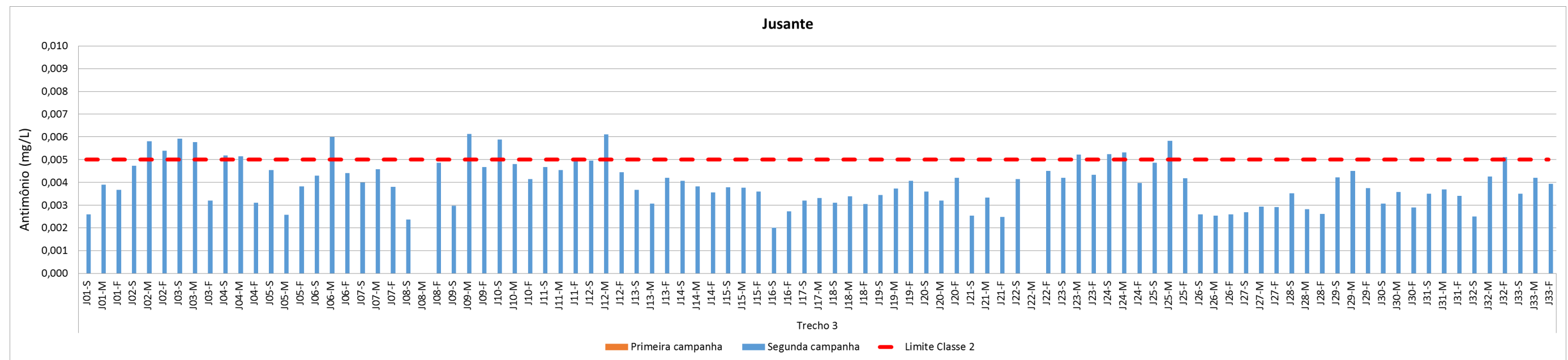


Figura 5.1.6-48 - Antimônio (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

Durante o período seco o ferro dissolvido foi quantificado em todas as amostras e esteve acima do limite estabelecido pela referida legislação (0,3 mg/L) apenas nas amostras dos pontos J04, J05, J06, J07 e na amostra de fundo de J01. Nestes pontos, os valores de ferro dissolvido variaram entre 0,32 e 0,46 mg/L. Nas outras amostras coletadas a jusante, bem como em todas as amostras coletadas a montante o teor de ferro ficou abaixo de 0,3 mg/L (**Figura 5.1.6-49**).

No período chuvoso o ferro dissolvido esteve em desconformidade com a referida legislação (0,3 mg/L) na maioria das amostras coletadas a montante, onde a concentração média foi de 0,58 mg/L. A jusante, a concentração máxima de ferro dissolvido observada foi de 0,28 mg/L, ou seja, todas as amostras estavam abaixo do limite preconizado pelo artigo 15 da Resolução CONAMA N° 357/2005 (**Figura 5.1.6-50**).

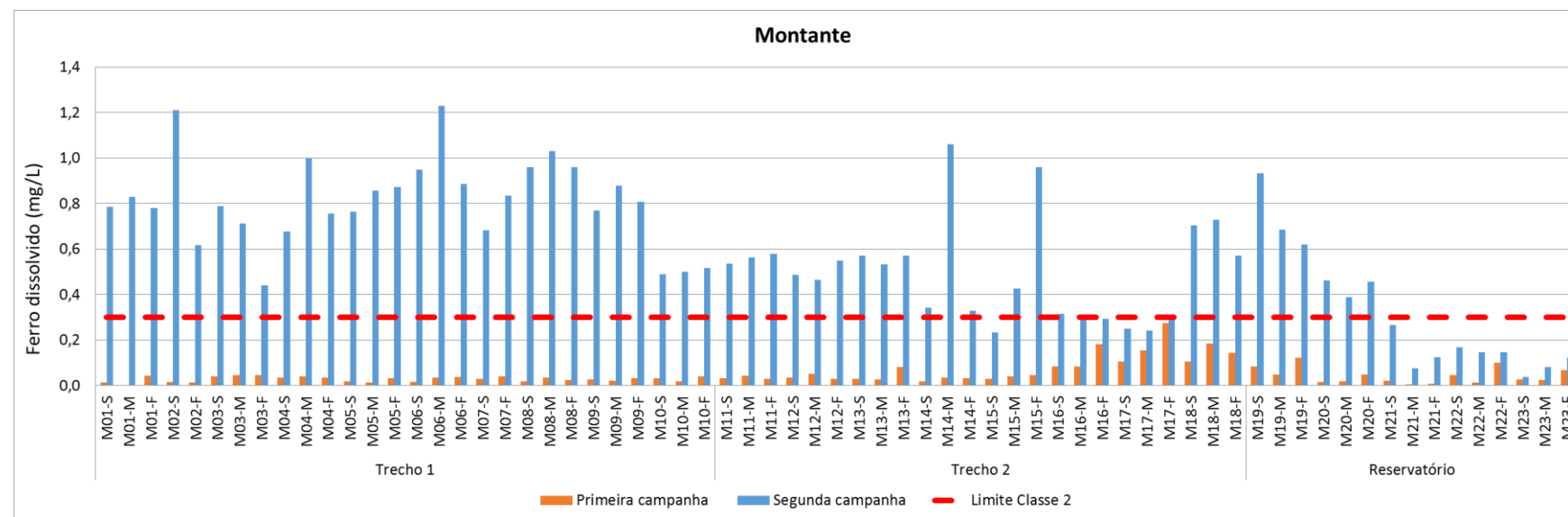


Figura 5.1.6-49 - Ferro dissolvido (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

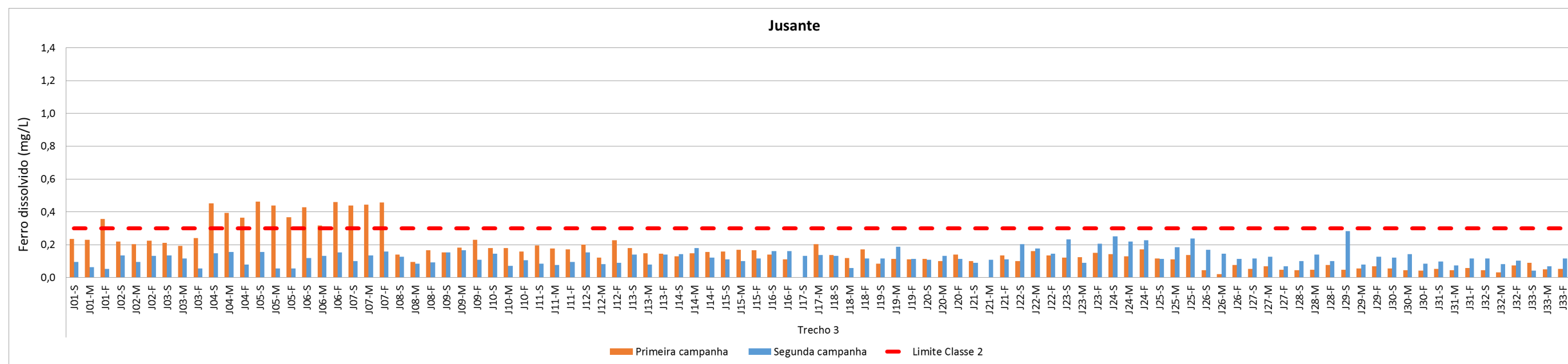


Figura 5.1.6-50 - Ferro dissolvido (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

Durante o período seco o zinco foi quantificado na maioria das amostras analisadas, no entanto esteve acima do limite estabelecido pela legislação supracitada (0,18 mg/L) em apenas 4 amostras a montante, nas quais variou de 0,188 a 0,237mg/L, e em 10 amostras a jusante, com concentrações variando entre 0,213 e 0,281 mg/L. No geral, a concentração média de zinco foi 0,03 e 0,04 mg/L nas amostras coletadas a montante e a jusante, respectivamente (**Figura 5.1.6-51**).

No período chuvoso o zinco foi quantificado em quase todas as amostras analisadas, tanto a montante como a jusante, mas apenas a amostra de superfície do ponto J20, a jusante, a concentração esteve em desacordo com a referida legislação (0,18 mg/L), com valor de 0,209 mg/L. A concentração média de zinco foi de 0,007 mg/L em todos os trechos amostrados (**Figura 5.1.6-52**).

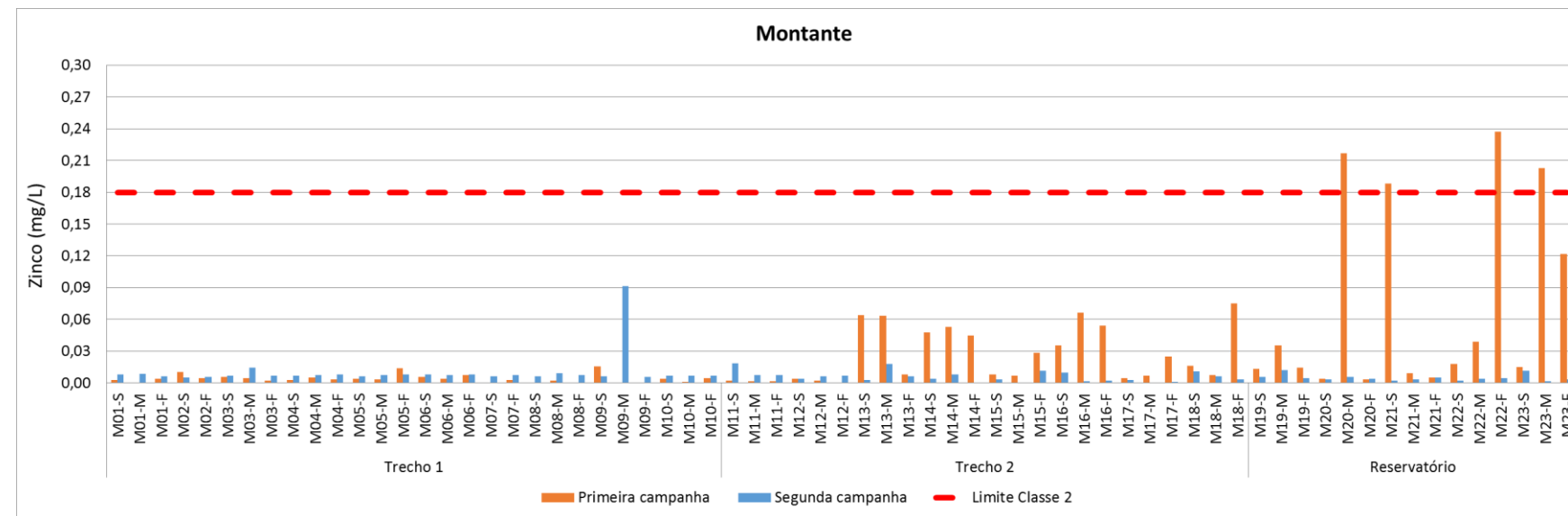


Figura 5.1.6-51 - Zinco (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

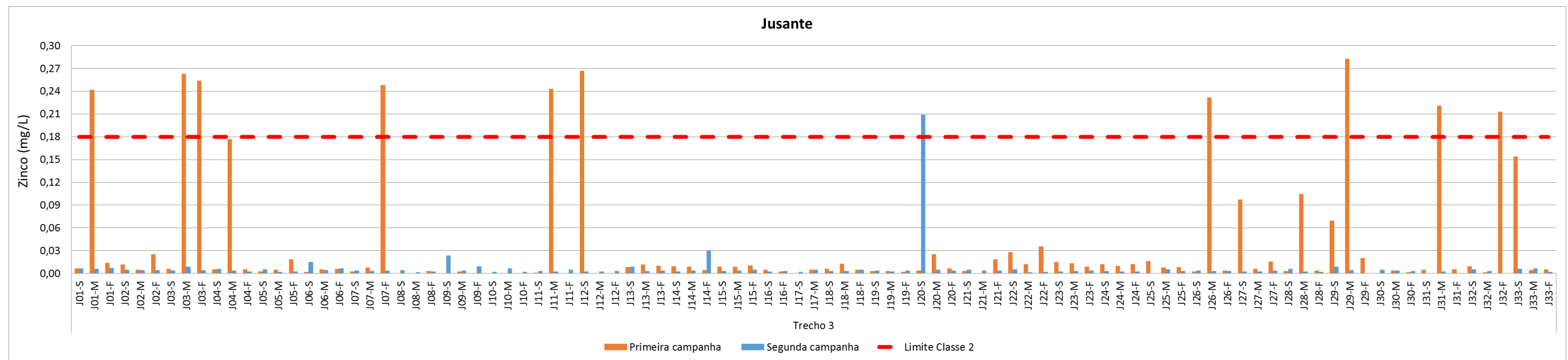


Figura 5.1.6-52 - Zinco (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

Durante o período seco a concentração do fósforo total não foi quantificada em nenhuma amostra a montante. A jusante as concentrações variaram entre 0,01 e 0,02 mg/L, portanto estando bem abaixo do limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005, cuja concentração é de 0,05 mg/L (**Figura 5.1.6-53**).

No período chuvoso as concentrações de fósforo total estiveram em desacordo com a referida resolução em todas as amostras, exceto nas amostras de meio e fundo do ponto M16 e de meio do ponto M17. Para este parâmetro a concentração média observada a montante e a jusante foi de 0,09 mg/L, muito superior ao limite estabelecido pela legislação (**Figura 5.1.6-54**).

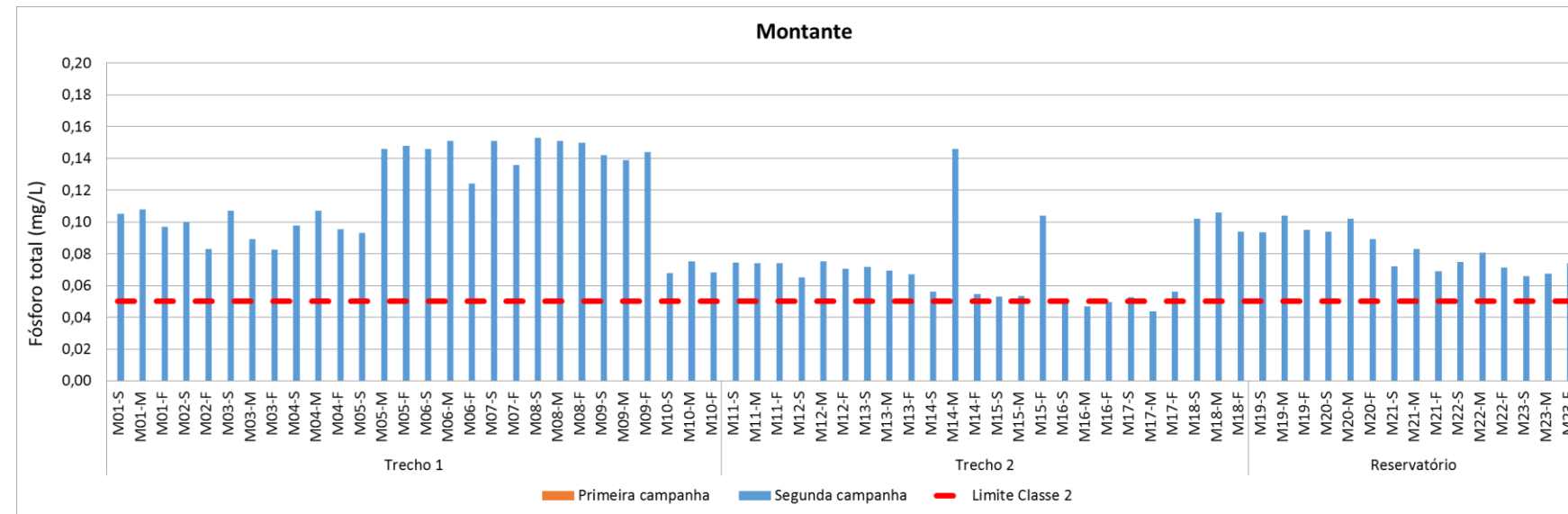


Figura 5.1.6-53 - Fosforo total (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à montante no Trecho 1, Trecho 2 e Reservatório. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

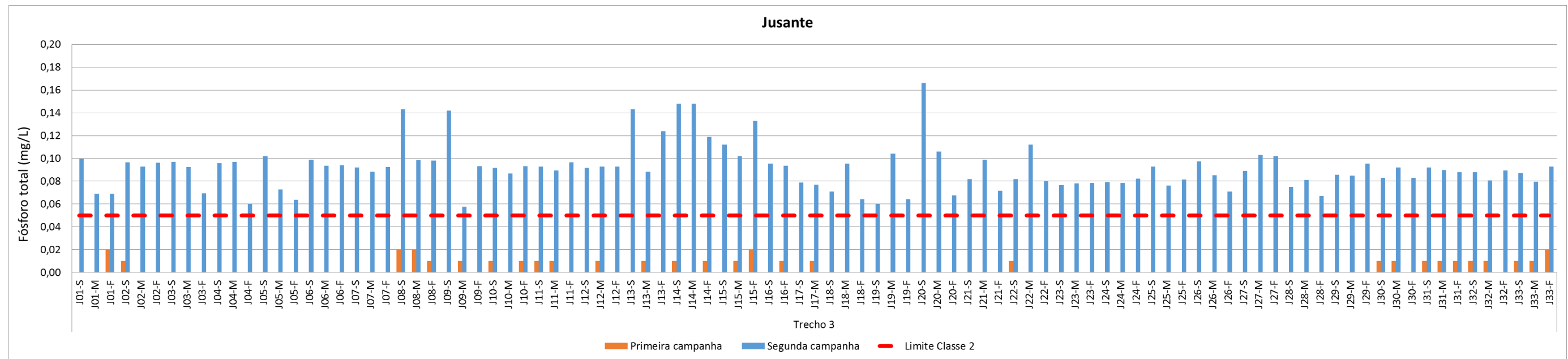


Figura 5.1.6-54 - Fosforo total (mg/L) das amostras de água de superfície, meio e fundo dos pontos à jusante no Trecho 3. A linha vermelha pontilhada representa o limite Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005

No período seco os parâmetros bário, cloreto e manganês foram quantificados em todas as amostras em conformidade com o artigo 15 da Resolução CONAMA N° 357/2005. Da mesma forma, algumas amostras apresentaram concentrações quantificáveis de Boro, Chumbo, Cianeto, Cobalto, Cobre dissolvido, Cromo, Fósforo total, Níquel, Nitrato, Nitrogênio Amoniacal e Sulfato, todas em conformidade com a referida legislação. Nitrito, Selênio e Urânio foram quantificados em concentrações muito baixas, próximas ao limite de quantificação do método analítico utilizado, em poucas amostras. Arsênio, Berílio, Cádmiio, Fluoreto, Lítio, Mercúrio, Prata, Sulfeto e Vanádio estiveram em concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado em todas as amostras analisadas.

No período chuvoso os parâmetros bário, cloreto e manganês foram quantificados em todas as amostras em conformidade com a legislação supracitada. Da mesma forma, algumas amostras apresentaram concentrações quantificáveis de Boro, Chumbo, Cianeto, Cobalto, Cobre dissolvido, Cromo, Níquel, Nitrato, Selênio, Sulfato e Vanádio, todas em conformidade com a referida legislação. Fluoreto, Lítio, Mercúrio e Nitrogênio amoniacal foram quantificados em concentrações muito baixas, próximas ao limite de quantificação do método analítico utilizado, em poucas amostras. Arsênio, Berílio, Cádmiio, Nitrito, Prata, Selênio, Sulfeto e Urânio estiveram em concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado em todas as amostras analisadas.

5.1.6.2.3.4 Parâmetros orgânicos

Dentre os 54 parâmetros orgânicos analisados 10 foram quantificados e apenas 8 excederam os limites estabelecidos no artigo 15 da Resolução CONAMA N° 357/2005.

No período seco no ponto J18-M os parâmetros que estiveram acima do limite foram os HPAs: Benzo (a) antraceno (0,105 µg/L), Benzo (a) pireno (0,086 µg/L), Benzo (b) fluoranteno (0,120 µg/L), Benzo (k) fluoranteno (0,112 µg/L), Criseno (0,075 µg/L), Dibenzo (a,h) antraceno (0,080 µg/L) e o Indeno (1,2,3,cd) pireno (0,113 µg/L).

No período chuvoso os HPAs excederam os limites pontualmente, a montante no ponto M08-M: Benzo (b) fluoranteno (0,112 µg/L), Benzo (k) fluoranteno (0,069 µg/L), Indeno (1,2,3,cd) pireno (0,058 µg/L); e a jusante no ponto J04-S: Benzo (a) antraceno (0,076 µg/L), Benzo (b) fluoranteno (0,100 µg/L), Benzo (k) fluoranteno (0,042 µg/L), Criseno (0,081 µg/L); e no ponto J31-M: o Tolueno (0,003 µg/L).

5.1.6.2.3.5 Ecotoxicologia

Durante o período seco, nenhuma amostra a montante causou toxicidade aos organismos teste. Os resultados obtidos no ensaio podem ser observados na **Figura 5.1.6-55**.

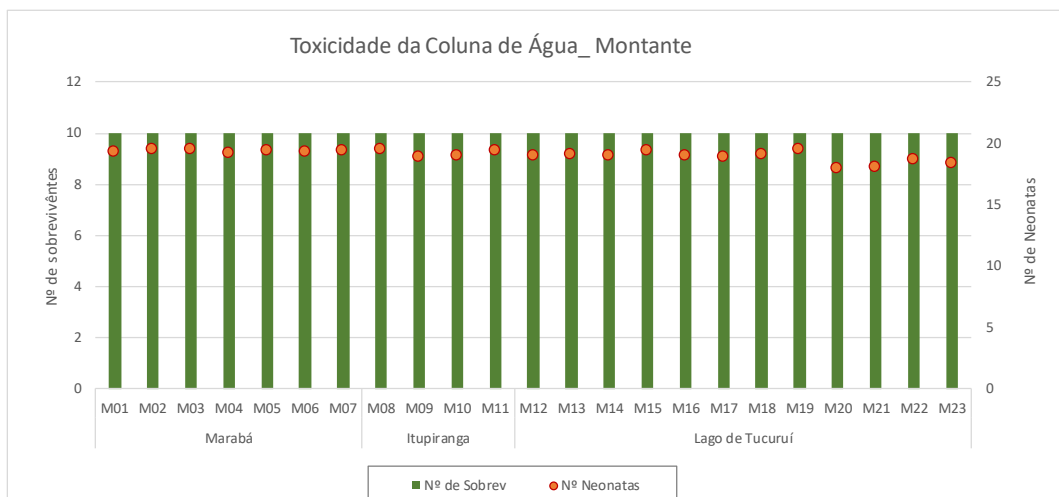


Figura 5.1.6-55 - Número de sobreviventes e de neonatas produzidas em cada amostra, durante o ensaio

Entre as 33 amostras coletadas à jusante do Lago de Tucuuruí, entre as cidades de Tucuuruí e Baião, 15 amostras causaram efeito crônico e duas causaram efeito agudo aos exemplares de *C. dubia*, durante o período de exposição do ensaio.

As amostras que afetaram a reprodução de *C. dubia* foram J06, J07, J09, J10, J11, J13, J14, J15, J16, J17, J18, J19, J20, J21 e J30. E as amostras que afetaram a sobrevivência dos organismos teste foram J04 e J08. Os resultados obtidos no ensaio com as amostras coletadas a jusante da barragem de Tucuuruí encontram-se na **Figura 5.1.6-56**

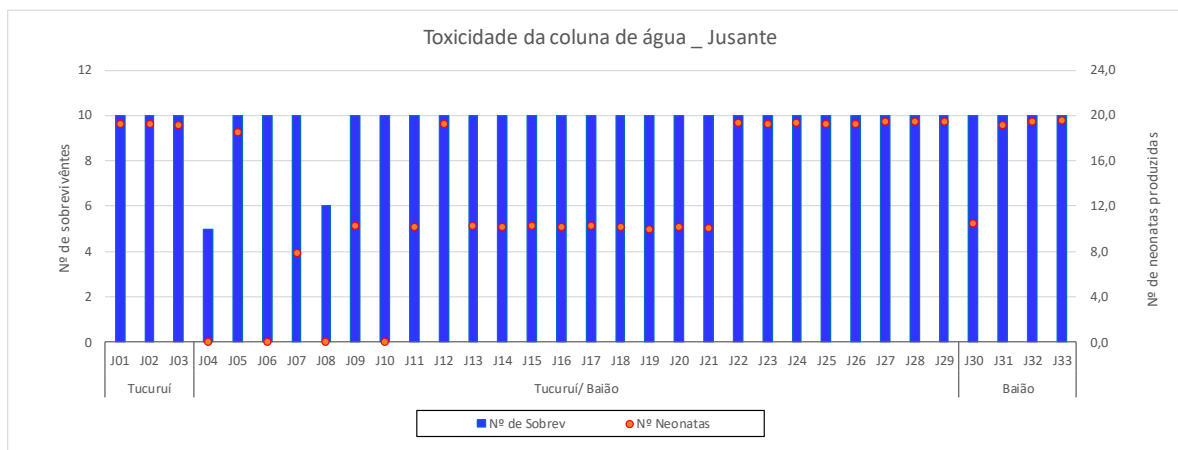


Figura 5.1.6-56 - Número de sobreviventes e de neonatas produzidas em cada amostra durante o ensaio

Durante o período chuvoso, as amostras dos Pontos M01, M04, M05 e M10 do trecho 1, e a amostra do Ponto M19, localizada no lago de Tucuçuí, causaram toxicidade crônica aos organismos teste, ou seja, o número de neonatas produzido nestas amostras foram significativamente menores do que o número de neonatas produzidos na amostra controle. Os resultados obtidos no ensaio encontram-se na **Figura 5.1.6-57**

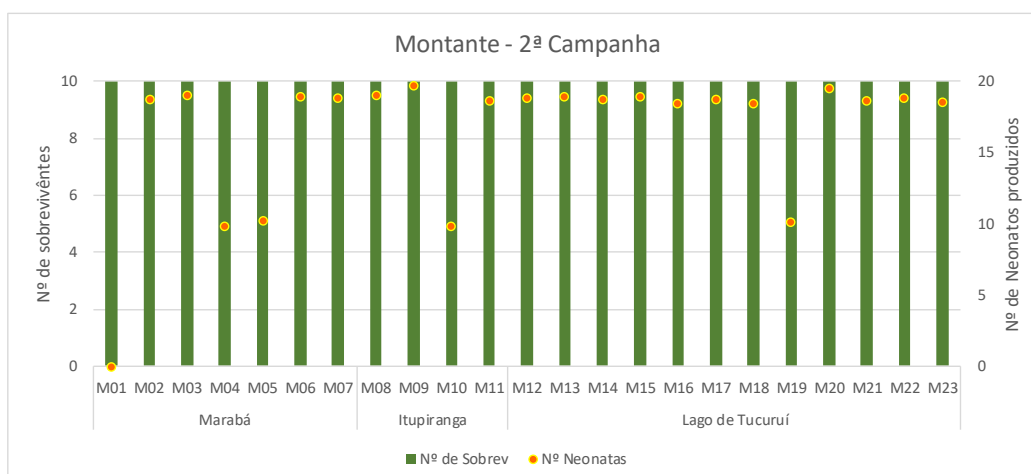


Figura 5.1.6-57 - Número de sobreviventes e de neonatas produzidas, em cada amostra, durante o ensaio

De acordo com o resultado do ensaio realizado com as 33 amostras coletadas à jusante, no trecho 3, somente cinco amostras afetaram a reprodução de *C. dubia*, durante o período de exposição. As amostras que causaram efeito crônico foram as dos Pontos J07, J12, J26 e J27. E a amostra que causou efeito agudo e, portanto, afetou a sobrevivência dos organismos teste foi a amostra do Ponto J22.

Os resultados obtidos no ensaio com as amostras coletadas a jusante de Tucuruí encontram-se na **Figura 5.1.6-58**.

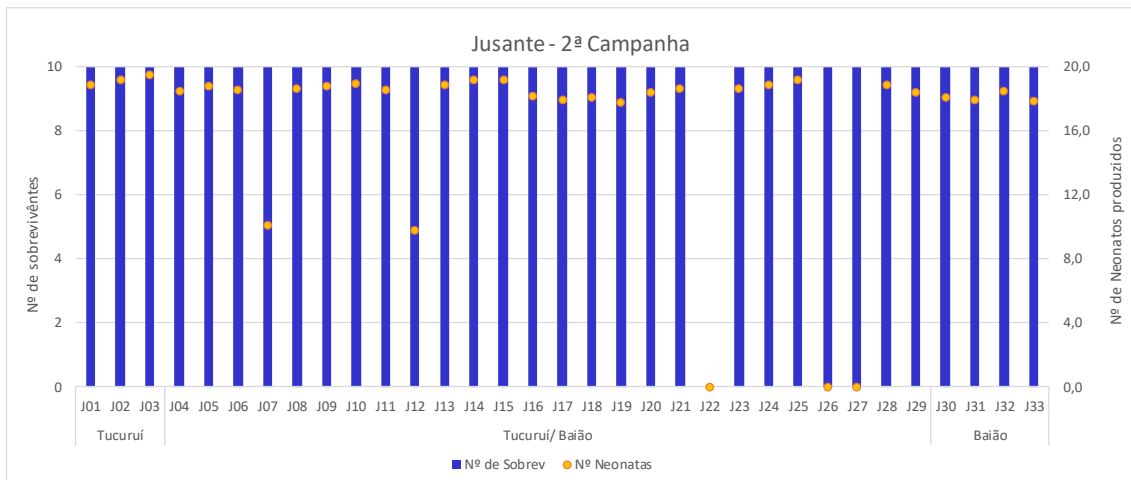


Figura 5.1.6-58 - Número de sobreviventes e de neonatas produzidas, em cada amostra, durante o ensaio

Em uma comparação dos resultados dos ensaios ecotoxicológicos realizados entre as duas campanhas da região à montante pôde-se verificar que no período seco, das 23 amostras coletadas nenhuma causou efeito adverso aos organismos teste, enquanto que no período chuvoso, 5 amostras causaram efeito crônico aos organismos teste **Tabela 5.1.6-29**.

Tabela 5.1.6-29 - Resultados dos ensaios ecotoxicológicos realizados com as amostras de coluna de água coletadas à montante, nos períodos seco e chuvoso, em setembro de 2017 e janeiro de 2018, respectivamente

ID_AMOSTRA	Localização	Resultados	
		1ª CAMPANHA	2ª CAMPANHA
M01	Trecho 1 - Dragagem	Não Tóxico	Efeito crônico
M02	Trecho 1 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
M03	Trecho 1 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
M04	Trecho 1 - Dragagem	Não Tóxico	Efeito crônico
M05	Trecho 1 - Dragagem	Não Tóxico	Efeito crônico
M06	Trecho 1 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
M07	Trecho 1 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
M08	Trecho 1 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
M09	Trecho 1 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
M10	Trecho 1 - Dragagem	Não Tóxico	Efeito crônico
M11	Trecho 2 - Derrocamento	Não Tóxico	Não Tóxico
M12	Trecho 2 - Derrocamento	Não Tóxico	Não Tóxico
M13	Trecho 2 - Derrocamento	Não Tóxico	Não Tóxico
M14	Trecho 2 - Derrocamento	Não Tóxico	Não Tóxico
M15	Trecho 2 - Derrocamento	Não Tóxico	Não Tóxico
M16	Trecho 2 - Derrocamento	Não Tóxico	Não Tóxico
M17	Trecho 2 - Derrocamento	Não Tóxico	Não Tóxico
M18	Trecho 2 - Derrocamento	Não Tóxico	Não Tóxico
M19	Reservatório	Não Tóxico	Efeito crônico
M20	Reservatório	Não Tóxico	Não Tóxico
M21	Reservatório	Não Tóxico	Não Tóxico
M22	Reservatório	Não Tóxico	Não Tóxico
M23	Reservatório	Não Tóxico	Não Tóxico

Com relação às amostras coletadas à jusante, no período de seca, 17 causaram efeito crônico e uma causou efeito agudo aos organismos teste. No período chuvoso houve redução no número de amostras tóxicas, porém quatro amostras ainda causaram efeito crônico e uma amostra efeito agudo, como apresentado de modo comparativo na **Tabela 5.1.6-30**.

Tabela 5.1.6-30 - Resultados dos ensaios ecotoxicológicos realizados com as amostras de coluna de água coletadas à jusante, nos períodos seco e chuvoso, em setembro de 2017 e janeiro de 2018, respectivamente

ID_AMOSTRA	Localização	Resultados	
		1ª CAMPANHA	2ª CAMPANHA
J01	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
J02	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
J03	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
J04	Trecho 3 - Dragagem	Efeito agudo	Não Tóxico
J05	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
J06	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J07	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Efeito crônico
J08	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J09	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J10	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J11	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J12	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Efeito crônico
J13	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J14	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J15	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J16	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J17	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J18	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J19	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J20	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J21	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J22	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Efeito agudo
J23	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
J24	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
J25	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
J26	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Efeito crônico
J27	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Efeito crônico
J28	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
J29	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
J30	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Não Tóxico
J31	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
J32	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico
J33	Trecho 3 - Dragagem	Não Tóxico	Não Tóxico

5.1.6.2.3.6 Integração dos parâmetros analisados para avaliação da qualidade de água

Para um melhor entendimento da qualidade da água na área de estudo, os parâmetros analisados na coluna de água como os compostos orgânicos, metais e nutrientes foram considerados somente quando ocorreram acima do limite proposto pela legislação, em qualquer uma das três camadas de água (superfície meio e fundo), então foram agregados e citados, o mesmo procedimento foi utilizado na interpretação dos resultados dos ensaios ecotoxicológicos. E como parâmetros biológicos foram considerados as contagens de coliformes totais, E. Coli, cianobactérias e a DBO e citadas somente quando os valores medidos ultrapassaram os limites propostos pela legislação. Já os demais parâmetros analisados não foram citados e, portanto, se enquadraram nos limites propostos para qualidade de água doce classe 2.

No período seco a maioria dos parâmetros físicos químicos e biológicos analisados não ultrapassaram o limite proposto pela resolução CONAMA N° 357/2005 para água doce classe 2. Somente algumas amostras coletadas à montante (M20 a M21), apresentaram teores de zinco acima do limite proposto pela resolução CONAMA N° 357/2005, enquanto que estas mesmas amostras também apresentaram elevada contagem de cianobactéria. Portanto a presença do zinco, do nitrogênio amoniacal na amostra M09 e o elevado número de cianobactérias que, à priori, podem causar efeito adverso aos organismos teste, neste caso não apresentaram potencial efeito tóxico (**Tabela 5.1.6-31**).

Tabela 5.1.6-31 - Parâmetros que ultrapassaram o limite proposto pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 - classe 2 – água doce no período seco

ID_AMOSTRA	Localização	Acima do limite para classe 2		
		Ecotoxicologia	Contaminantes	P. Biológicos
M01	Trecho 1 - Dragagem			
M02	Trecho 1 - Dragagem			
M03	Trecho 1 - Dragagem			
M04	Trecho 1 - Dragagem			
M05	Trecho 1 - Dragagem			
M06	Trecho 1 - Dragagem			Cianobactérias
M07	Trecho 1 - Dragagem			
M08	Trecho 1 - Dragagem			
M09	Trecho 1 - Dragagem		Nitrog.Amoniacal	
M10	Trecho 1 - Dragagem			
M11	Trecho 2 Derrocamento			Cianobactérias
M12	Trecho 2 Derrocamento			Cianobactérias
M13	Trecho 2 Derrocamento			
M14	Trecho 2 Derrocamento			
M15	Trecho 2 Derrocamento			
M16	Trecho 2 Derrocamento			Cianobactérias
M17	Trecho 2 Derrocamento			Cianobactérias
M18	Trecho 2 Derrocamento			
M19	Reservatório			
M20	Reservatório		Zn	Cianobactérias
M21	Reservatório		Zn	Cianobactérias
M22	Reservatório		Zn	Cianobactérias
M23	Reservatório		Zn	

Neste mesmo trecho, durante o período chuvoso, a grande maioria das amostras apresentaram teores de alumínio, antimônio, ferro dissolvido e fósforo total acima do limite proposto para água doce classe 2; além de potencial tóxico em 5 amostras, sendo 4 na região entre Marabá e Itupiranga. A presença de teores elevados de ferro dissolvido e antimônio pode ser explicado pela presença destes elementos no solo e pela lixiviação e drenagem do solo durante o período chuvoso (**Tabela 5.1.6-32**).

Tabela 5.1.6-32 - Parâmetros que ultrapassaram o limite proposto pela Resolução CONAMA N° 357/2005 - classe 2 - água doce no período chuvoso

ID_AMOSTRA	Localização	Acima dos limites para classe 2		
		Ecotoxicologia	Contaminantes	P. Biológicos
M01	Trecho 1 - Dragagem	Efeito crônico	Al, Fe,P	
M02	Trecho 1 - Dragagem		Al, Fe,P	
M03	Trecho 1 - Dragagem		Al, Fe,P	
M04	Trecho 1 - Dragagem		Al, Fe,P	
M05	Trecho 1 - Dragagem		Al, Fe, Sb, P	
M06	Trecho 1 - Dragagem		Al, Fe, Sb, P	
M07	Trecho 1 - Dragagem		Al, Fe, Sb, P	
M08	Trecho 1 - Dragagem		Al, Fe, Sb, P e Hpas	
M09	Trecho 1 - Dragagem		Al, Fe, Sb e P	
M10	Trecho 1 - Dragagem		Efeito crônico	
M11	Trecho 2 Derrocamento	Fe, P		
M12	Trecho 2 Derrocamento	Al, Fe, Sb, P		
M13	Trecho 2 Derrocamento	Fe, Sb, P		
M14	Trecho 2 Derrocamento	Al,Fe, Sb, P		
M15	Trecho 2 Derrocamento	Al, Fe, P		
M16	Trecho 2 Derrocamento	Fe, P		
M17	Trecho 2 Derrocamento	Fe, P		
M18	Trecho 2 Derrocamento	Al, Fe, P		
M19	Reservatório	Efeito crônico	Fe, P	Cianobactérias
M20	Reservatório		Fe, P	
M21	Reservatório		P	
M22	Reservatório		P	
M23	Reservatório		P	

Durante o período seco, no trecho 3, jusante, 16 amostras coletadas entre o município de Tucuruí e Baião apresentaram potencial tóxico, valores de ferro dissolvido e zinco acima do limite classe 2, e contagem de cianobactérias acima dos limites propostos pela resolução CONAMA N° 357/2005. Os teores de ferro e antimônio podem ser atribuídos à presença natural no solo da região e o aumento durante a estação chuvosa, devido a lixiviação do solo. As amostras dos pontos que apresentaram potencial tóxico foram coletadas no início do trecho jusante, enquanto que a elevada presença de cianobactérias ocorreu nos pontos localizados no final deste trecho. A toxicidade no início do trecho pode ser explicada pela presença de cianobactérias, antes do período de coleta, pois após o “*bloom*” ocorre o rompimento destas algas e a cianotoxina pode ser liberada na coluna de água causando toxicidade aos organismos (Tabela 5.1.6-33).

Tabela 5.1.6-33 - Parâmetros que ultrapassaram o limite proposto pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 - classe 2 – água doce no período seco

ID_AMOSTRA	Localização	Acima do limite para classe 2		
		Ecotoxicologia	Contaminantes	P. Biológicos
J01	Trecho 3 - Dragagem		Fe e Zn	
J02	Trecho 3 - Dragagem			
J03	Trecho 3 - Dragagem		Zn	
J04	Trecho 3 - Dragagem	Efeito agudo	Fe	
J05	Trecho 3 - Dragagem		Fe	
J06	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Fe	
J07	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Fe e Zn	
J08	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico		
J09	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico		
J10	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico		
J11	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Zn	
J12	Trecho 3 - Dragagem		Zn	
J13	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico		
J14	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico		
J15	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico		
J16	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico		
J17	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico		
J18	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Hpas	
J19	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico		
J20	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico		
J21	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico		
J22	Trecho 3 - Dragagem			
J23	Trecho 3 - Dragagem			
J24	Trecho 3 - Dragagem			Cianobactérias
J25	Trecho 3 - Dragagem			Cianobactérias
J26	Trecho 3 - Dragagem		Zn	
J27	Trecho 3 - Dragagem			Cianobactérias
J28	Trecho 3 - Dragagem			Cianobactérias
J29	Trecho 3 - Dragagem		Zn	Cianobactérias
J30	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico		Cianobactérias
J31	Trecho 3 - Dragagem		Zn	Cianobactérias
J32	Trecho 3 - Dragagem		Zn	Cianobactérias
J33	Trecho 3 - Dragagem			Cianobactérias

Durante a estação chuvosa (**Tabela 5.1.6-34**), trecho 3, jusante ocorreu aumento dos teores de antimônio e fósforo total provavelmente por conta da drenagem do solo e a presença de cianobactérias em valores elevados ocorreu somente em 3 amostras. Em relação a toxicidade somente 5 amostras foram tóxicas, tal toxicidade não pode ser diretamente atribuída a presença das cianobactérias.

Tabela 5.1.6-34 - Parâmetros que ultrapassaram o limite proposto pela Resolução CONAMA N° 357/2005 - classe 2 – água doce no período chuvoso

ID_AMOSTRA	Localização	Acima do limite para classe 2		
		Ecotoxicologia	Contaminantes	P. Biológicos
J01	Trecho 3 - Dragagem		P	
J02	Trecho 3 - Dragagem		Sb, P	
J03	Trecho 3 - Dragagem		Sb, P	
J04	Trecho 3 - Dragagem		Al, Sb, P e Hpas	
J05	Trecho 3 - Dragagem		Al, P	
J06	Trecho 3 - Dragagem		Sb, P	
J07	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	P	
J08	Trecho 3 - Dragagem		P	
J09	Trecho 3 - Dragagem		Sb, P	
J10	Trecho 3 - Dragagem		Sb, P	
J11	Trecho 3 - Dragagem		Sb, P	
J12	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	Sb, P	
J13	Trecho 3 - Dragagem		P	
J14	Trecho 3 - Dragagem		P	
J15	Trecho 3 - Dragagem		P	
J16	Trecho 3 - Dragagem		Al, P	
J17	Trecho 3 - Dragagem		Al, P	
J18	Trecho 3 - Dragagem		Al, P	
J19	Trecho 3 - Dragagem		Al, P	Cianobactérias
J20	Trecho 3 - Dragagem		Zn, P	
J21	Trecho 3 - Dragagem		P	
J22	Trecho 3 - Dragagem	Efeito agudo	P	
J23	Trecho 3 - Dragagem		Sb	
J24	Trecho 3 - Dragagem		Sb	
J25	Trecho 3 - Dragagem		Sb	Cianobactérias
J26	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	P	
J27	Trecho 3 - Dragagem	Efeito crônico	P	
J28	Trecho 3 - Dragagem		P	
J29	Trecho 3 - Dragagem		P	
J30	Trecho 3 - Dragagem		P	
J31	Trecho 3 - Dragagem		P	
J32	Trecho 3 - Dragagem		Sb, P	
J33	Trecho 3 - Dragagem		P	Cianobactérias

Embora a contagem destas células não tenha ultrapassado o limite estabelecido nas amostras onde ocorreu potencial toxicidade, no estudo da comunidade planctônica estes organismos estiveram presentes na maioria das amostras do fitoplâncton.

A ocorrência de cianobactérias em elevados níveis pode ser atribuída ao aumento de nutrientes na água, aliado as altas temperaturas. Embora não tenha sido detectado elevados valores de nutrientes nestas amostras, a floração de cianofíceas em reservatórios ocorre devido ao processo de eutrofização decorrente do despejo de esgotos domésticos, industriais e da drenagem de campos de agricultura (Takenaka, *et al*, 2007).

De maneira geral entre a primeira e a segunda campanha houve aumento nos valores de alguns parâmetros químicos analisados, bem como um aumento na frequência de ocorrência entre os pontos amostrados. Alguns elementos como ferro dissolvido e antimônio devem ser melhor investigados uma vez que a região é submetida a extração de recursos minerais e os valores obtidos, mesmo acima dos limites da legislação federal podem ser naturais do solo da região e ocorreram com maior intensidade durante o período chuvoso. Já os efeitos tóxicos encontrados podem ser atribuídos presença de cianobactérias mesmo em baixas concentrações, que quando ingeridas pelos organismos teste podem causar tais efeitos ou devido a presença da cianotoxina na água, ao final das florações (Takenaka, *et al*, 2007).

5.1.6.2.4 Discussão

Impactos ambientais em águas de rios ocorrem em decorrência do uso inadequado dos mananciais.

O aproveitamento da energia hidrelétrica é a principal forma de uso não consuntivo da água. No Brasil, as usinas hidrelétricas respondem por cerca de 90% da produção de energia elétrica (MMA/MEC, 2005). Foram construídas grandes usinas, como as de Itaipu, Tucuruí e Sobradinho. Além do alto custo da construção, usinas hidrelétricas de grande porte geralmente causam grande impacto ambiental nas regiões onde são instaladas, pois tendem a alagar áreas extensas, com sérios reflexos sobre o meio físico, a população local e conseqüentemente sobre os ecossistemas e a qualidade da água.

Os ecossistemas de água doce são divididos em dois grupos: ambientes lênticos e lóticos (Odum, 2012). As principais diferenças entre os ecossistemas lóticos (rios, riachos, etc.) e os lênticos (lagos e lagoas) são que os ambientes lóticos estão em

permanente movimento horizontal de correntes e tende a ser um fator limitante e de controle, com maior dispersão, ao contrário dos ambientes lênticos, os quais são caracterizados pela estagnação da água (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008). A interação com a bacia hidrográfica, ou seja, as trocas com o solo e a água por processos de lixiviação são mais intensos em ambientes lóticos, gerando assim um ambiente muito mais dinâmico com comunidades de metabolismo heterotrófico (ODUM, 2012).

Os reservatórios são ecossistemas mistos ou híbridos de rios e lagos (WETZEL, 2001; TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008; ESTEVES, 2011). Esses ecossistemas possuem características próprias como influência externa, morfologia e hidrologia diferentes de lagos e rios e fontes externas e internas de matéria (KIMMEL *et al.*, 1990). Represas ou reservatórios estão divididos em três zonas (TUNDISI, 1985; HENRY, 1999):

- Zona de influência fluvial com características lóticas (ZF);
- Zona intermediária ou de transição (ZI); e
- Zona lacustre (próximo à barragem) com características de ambiente lêntico (ZL).

De acordo com a localização dos pontos de amostragem, os pontos M20 até M23 são caracterizados como pontos dentro da ZL, enquanto que os pontos M15 até M19 estão na ZI e os pontos M11 até M14 dentro da ZF.

A concentração de oxigênio dissolvido é uma das variáveis limnológicas mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011). Maiores concentrações são esperadas em ambientes lóticos devido à dependência do oxigênio em relação à temperatura (baixa temperatura contribui para aumentar o oxigênio dissolvido na água), e a correnteza em relação à mistura e solubilização (MARGALEF, 1983; ESTEVES, 2011). De fato, na ZL a média de oxigênio dissolvido entre os pontos foi de 5,36 mg/L, na ZI de 5,65 mg/L e na ZF de 6,16 mg/L, confirmando que no ambiente lêntico (ZL) há menor disponibilidade de oxigênio dissolvido. A pouca diferença encontrada entre os ambientes pode ser explicada em virtude da temperatura da água, em torno de 30°C com variação menor do que 0,7°C, o que contribui para a menor solubilidade do oxigênio

encontrada. Outra diferença esperada diz respeito à turbidez da água, devido ao baixo movimento no ambiente lântico espera-se uma menor turbidez, como foi encontrada na ZL (média de 2,12 NTU), contrário ao ambiente intermediário (8,39 NTU) com maior mistura e o ambiente fluvial com média de 3,54 NTU. Os pontos à jusante apresentaram a menor concentração de oxigênio dissolvido, principalmente entre os pontos J01 até J22, a partir do ponto J23 parece haver maior contribuição hídrica ao rio Tocantins, no trecho analisado à jusante, o que pode favorecer a oxigenação. Segundo Santos e colaboradores (2015), em Marabá os despejos de efluentes domésticos no rio Tocantins estão poluindo o meio ambiente e a vida aquática, causando diminuição do oxigênio dissolvido, entretanto, nos pontos de monitoramento mais próximos à Marabá (M1 até M4) no presente estudo as concentrações de oxigênio foram encontradas acima de 5 mg/L.

Na segunda campanha à montante, as concentrações de oxigênio dissolvido estiveram de acordo com os limites da Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005 (≥ 5 mg/L), com exceção da amostra dos pontos M22 e M23, da mesma forma como encontrado nos resultados da primeira campanha. Diferente da primeira campanha esse resultado mostrou, que tanto à jusante quanto a montante foram observadas concentrações de oxigênio dissolvido mais elevada, que pode ter sido influenciada pelo aumento da vazão do rio que promove maior dinâmica e conseqüentemente mistura e trocas gasosas com a atmosfera. A turbidez indicou maior carga de sedimento em suspensão, característico de período de alta vazão, com a maioria dos valores acima de 40 NTU.

O pH compõe uma das variáveis de potabilidade da água, de forma que as águas destinadas ao abastecimento público devem apresentar valores entre 6,0 e 9,5, de acordo com a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Entretanto com relação à qualidade ambiental, o enquadramento dos corpos hídricos de água doce nas Classes 1, 2, 3 e 4 o pH deve variar entre 6 e 9, de acordo com o estabelecido pela legislação federal, sendo que os critérios de proteção da vida aquática fixam o pH entre 6 e 9 (ANA, 2009). Os valores de pH pouco variaram no ambiente sob influência da represa, estando próximo de 7 em todas as zonas (ZF, ZI e ZL).

A concentração de Cloro Residual mostrou-se acima do permitido pela Resolução CONAMA N° 357/2005 em muitos pontos analisados tanto na primeira quanto na segunda campanha. O cloro é um agente bactericida, e é adicionado ao tratamento da água com o objetivo de eliminar bactérias e outros micro-organismos que podem estar presentes na água. Conhecer o teor de cloro ativo que permanece após a cloração da água permite garantir a qualidade microbiológica da água, ou seja, se ela está em condições de uso. A Lei 1.469 (Brasil, 2001) em seu Art. 13º, cita que após a desinfecção, a água deve conter o teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L. De acordo com a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) a água como produto entregue ao consumidor deve conter, segundo o Ministério da Saúde, uma concentração mínima de 0,2 mg/L de cloro residual. A descloração antes do lançamento, geralmente com dióxido de enxofre, tem sido a opção utilizada para reduzir os impactos no meio ambiente da disposição de efluentes desinfetados com cloro, bem como para se adequar à legislação (SPERLING, 1996).

As atividades de dragagem, previstas para a região, podem afetar a qualidade da água, mesmo sendo em um ambiente pouco impactado. Consistem alguns impactos ambientais na qualidade da água decorrente de obra de dragagem, com efeito direto ou indireto sobre o meio ambiente (OECD, 1993; LEAL, 2000; PORTO e TEIXEIRA, 2002; TORRES, 2000):

- Possível alteração dos padrões de circulação, mistura da água e turbidez; e
- Poluição por substâncias tóxicas (naturais ou não) existentes no material de dragagem, sua suspensão e movimentação durante a atividade, com alteração da qualidade da água (turbidez).

A ressuspensão do sedimento de fundo pode remobilizar possíveis contaminantes e nutrientes, alterando a qualidade da água, o que pode colocar em risco também a saúde de populações ribeirinhas que vivem ou dependem de pesca artesanal (Patchineelam *et al*, 2008; Teixeira, 2009). No entanto, os resultados encontrados durante a segunda campanha sugerem uma possível influência de rejeitos domésticos e/ou industriais da cidade de Marabá, pois em muitos pontos de monitoramento próximos (M01 a M08) a concentração de parâmetros como

Alumínio, Fósforo Total e Ferro Dissolvido estiveram acima do permitido pela Resolução CONAMA N° 357/2005.

Dentre as populações de organismos planctônicos, a que mais se destaca na classificação ecológica dos corpos d'água é a do fitoplâncton, que inclui as algas e as cianobactérias. As alterações ambientais podem ser percebidas através da presença de cianobactérias, pois elas dominam ambientes eutróficos causando a supressão do crescimento de outros grupos fitoplanctônicos por excreção de certas substâncias tóxicas, como as cianotoxinas, responsáveis pela defesa contra predadores zooplanctônicos (SOUZA *et al* 1998).

As inúmeras florações de algas tóxicas tanto em lagos, rios e oceanos, são responsáveis pelo envenenamento e morte de animais silvestres, domésticos e gado em vários países (BEYRUTH *et al*, 1992).

Durante a primeira campanha, a média de 37,6 mg/L de sólidos dissolvidos confirma, da mesma forma como para a turbidez, uma baixa carga sedimentar ao longo da coluna d'água, valor esperado para o período de baixa vazão na qual foram feitas as amostragens. A contagem de cianobactérias a partir do ponto J24 também pode estar relacionada à maior contribuição hídrica deste ponto até o J33, favorecendo o aporte de matéria orgânica, que combinada ao período de estiagem e as altas temperaturas, resultam em uma proliferação de algas cianofíceas ou cianobactérias.

Os pontos a montante próximos de Marabá apresentaram as maiores concentrações de coliformes totais, muito possivelmente devido à proximidade a um município mais urbanizado do que os demais pontos. Em áreas urbanas pode haver o despejo de rejeitos no ambiente natural, acarretando no aumento de coliformes, o que pode estar ocorrendo nos pontos M01 a M03. Entretanto, nenhum outro parâmetro reforçou essa hipótese, restrito aos primeiros pontos de amostragem, indicando que mesmo em um período de baixa vazão (menor mistura turbulenta) há uma rápida diluição de qualquer material que possa vir a ser lançado no ambiente.

Na área de estudo, durante o período seco foi observado que os parâmetros como: Cloro residual, Zinco e a quantidade de cianobactérias estiveram acima do limite

permitido pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para águas Classe 2, mostrando que antes de qualquer intervenção de obras sobre o rio já há uma alteração desses parâmetros. Esses resultados mostraram que o ambiente em questão já apresenta alguma influência das atividades antrópicas, como o possível despejo de efluentes domésticos e industriais, capazes de alterar a qualidade da água. No entanto, nota-se que o ambiente fluvial é altamente dinâmico, provocando rápida diluição de qualquer contaminante. Porém, mesmo nos pontos mais próximos de centros urbanos, como os pontos M01 a M03, próximos de Marabá, não foram observadas alterações significativas.

Na segunda campanha de monitoramento foram observados parâmetros acima do limite permitido pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para águas Classe 2, com destaque para o Cloro Residual, Ferro Dissolvido, Fósforo Total e o Alumínio. A alteração desses parâmetros não foi encontrada apenas próximo de áreas urbanas, como nos pontos próximos da cidade de Marabá, e sim ao longo do todo o trecho à montante do rio. Um dos principais fatores que contribuem para o comprometimento da qualidade das águas continentais é o lançamento de efluentes domésticos, industriais e a drenagem do solo de áreas urbanas e agrícolas, e o fato de haver maior vazão durante a segunda campanha pode favorecer o aumento da concentração dos parâmetros citados.

Quanto aos parâmetros ecotoxicológicos, durante o período seco, no caso das amostras do trecho 3, à jusante, não foi possível atribuir diretamente a causa da toxicidade aos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados simultaneamente nas amostras de coluna de água. Alguns parâmetros analisados podem ajudar a explicar a ocorrência de tais efeitos, como a presença do ferro dissolvido e do zinco que ultrapassaram os limites propostos para a Classe 2, e a presença de cianofíceas em grande densidade.

O número de cianobactérias ultrapassou o limite proposto pela resolução CONAMA N° 357/2005 para a Classe 2 somente em algumas amostras. No estudo da comunidade fitoplanctônica, realizado para o diagnóstico ambiental do meio biótico do presente estudo de impacto ambiental, as cianofíceas foram o segundo grupo do fitoplâncton predominante em todos os trechos amostrados. O grupo das clorofíceas foram as algas com maior densidade de células nos trechos 1 e 2,

Montante e Pedral, respectivamente. Enquanto as cianobactérias foram as mais representativas quantitativamente nos trechos Reservatório e Jusante, onde as ocorreu efeito crônico, para *C. dubia*, em praticamente metade das amostras testadas.

Em ambientes aquáticos eutróficos a presença de florações pode representar riscos à saúde humana e a biota aquática pelo fato das cianofíceas produzirem cianotoxinas, substâncias que podem ser liberadas para a coluna de água devido à lise celular afetando tanto a sobrevivência quanto a reprodução da biota aquática (Ferrão- Filho, *et al*; 2007).

Em um estudo realizado por Takenaka *et al.* (2007) com duas espécies de dafinídeos, amostras de florações de cianofíceas presentes nos reservatórios de Barra Bonita e Promissão, no médio Tiête - SP, foram coletadas e preparados extratos para análise de microcistina oriundas das espécies mais representativas de cianofíceas como *Microcystis aeruginosa* em Promissão e *Pseudanabaena mucicola* em Barra Bonita. Todos os extratos testados causaram alteração da sobrevivência e na reprodução dos dafinídeos.

Em sistemas aquáticos estes microorganismos podem produzir efeitos tóxicos devido a exposição direta de seus metabólitos liberados na coluna de água após o colapso deste “*bloom*”, ou pela própria ingestão pelo zooplâncton, produzindo efeitos negativos tanto na sobrevivência quanto no desenvolvimento dos organismos (Ramirez, *et al* 2010).

Os gêneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscillatória*, *Aphanizomenon* e *Cylindrospermopsis* são alguns gêneros mais comuns formadores de “*bloom*” (MOUSTAKA - GOURI *et al* ,2006).

Durante o período seco as cianofíceas de mesmo gênero como: *Microcystis aeruginosa*; *Microcystis wesenbergii*; *Oscillatoria perornata* e *Pseudanabaena mucicola* ocorreram em densidades elevadas em amostras coletadas à jusante, o que pode explicar o efeito tóxico ocorrido em 17 das 33 amostras testadas neste trecho.

No período chuvoso cerca de cinco das 23 amostras coletas à montante apresentaram efeito crônico, no entanto tais efeitos também não puderam ser atribuídos à presença de cianofíceas. Amostras dos Pontos M01, M04, M05, M10 e M19 apresentaram valores de ferro dissolvido e fósforo acima do limite estabelecido pelo CONAMA N° 357/2005 para a classe 2. Provavelmente, a presença desses nutrientes pode indicar a presença simultânea de contaminantes oriundos da drenagem terrestre ou do descarte de efluentes urbano. De maneira geral houve um aumento significativo dos níveis de ferro dissolvido e fósforo total, em relação ao período seco.

No período chuvoso, no trecho 3, à jusante houve uma redução no número de amostras tóxicas em relação ao período chuvoso. No entanto, o ferro dissolvido não ultrapassou o limite CONAMA N° 357/2005 para classe 2 em nenhuma amostra, mas o fósforo total apresentou valores elevados em todas as amostras analisadas e as cianofíceas foram abundantes na maioria dos Pontos à jusante, o que pode explicar a toxicidade observada nas amostras dos Pontos J12, J22, J26 e J27. Exceto para a amostra do Ponto J07, onde a toxicidade observada não pode ser atribuída à presença de cianobactérias e de ferro dissolvido. Somente o fósforo esteve acima do limite proposto pela CONAMA N° 357/2005, para classe 2, nesta amostra.

As duas campanhas de caracterização da qualidade da água foram executadas em distintos períodos de vazão, o que pode contribuir para diferenças encontradas entre os parâmetros analisados. Segundo dados climatológicos de séries temporais obtidas em estações de medição da região, durante a primeira campanha, realizada no período seco, em setembro/2017 a vazão do rio Tocantins esteve abaixo de 5.000 m³/s, enquanto que durante a segunda campanha (janeiro/2018), período chuvoso a vazão foi superior a 12.000 m³/s. Entre os parâmetros mais distintos encontrados nas duas campanhas realizadas estão o Alumínio, o Ferro Dissolvido e o Fósforo Total, considerando a média da coluna de água para cada ponto.

Os resultados mostraram um claro aumento na concentração de Alumínio dissolvido durante a segunda campanha, principalmente nos pontos localizados à montante e mais próximos da cidade de Marabá, M01 até M08. Durante a primeira

campanha já ocorreram concentrações mais elevadas nesses pontos em comparação aos demais, no entanto, somente na segunda campanha as concentrações ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/2005. Adicionalmente, destaca-se também que alguns pontos à jusante estiveram acima do limite estabelecido, porém com concentrações menores do que os pontos à montante. Esse resultado pode ter ocorrido em virtude do período de chuvas característico da região durante o mês de janeiro, o qual aumenta o processo de lixiviação, resultando na maior quantidade de compostos químicos (tais como o Alumínio dissolvido) que podem ser carreados em maior quantidade para os corpos hídricos, diferentemente do período de estiagem. O mesmo processo, lixiviação, pode ser a causa das maiores concentrações encontradas acima do permitido para o Ferro Dissolvido e para o Fósforo Total.

5.1.6.2.5 Conclusão

A caracterização da qualidade das águas mostrou que na estação seca (primeira campanha) e chuvosa (segunda campanha) ocorreram alterações nos padrões de qualidade em alguns parâmetros distribuídos ao longo dos pontos de amostragem. O quadro de integração abaixo resume os resultados encontrados que estiveram em desacordo com a Resolução CONAMA N° 357/2005. Foram observados efeitos tóxicos em 17 amostras a jusante durante a primeira campanha, enquanto que durante a segunda campanha ocorreram em 5 amostras tanto a jusante quanto a montante.

Quadro 5.1.6-2 - Resultados em desacordo com a Resolução CONAMA N° 357/2005

Campanha	Trecho	Parâmetro	Número de pontos
Primeira	Jusante	Cloro residual	23
		Zinco	10
		Ferro dissolvido	5
		HPAs	1
		Cianobactérias	14
	Montante	Cloro residual	29
		Nitrogênio amoniacal	1
		Zinco	4
Cianobactérias		12	
Segunda	Jusante	Cloro residual	33
		Alumínio	9
		Fósforo total	33
		Antimônio	16
		HPAs	2
		Cianobactérias	3
	Montante	Cloro residual	23
		Alumínio	28
		Ferro dissolvido	20
		Fósforo total	23
		Antimônio	13
		HPAs	1
		Cianobactérias	1

É evidente a diferença entre as estações seca e chuvosa, tanto na quantidade de elementos e compostos químicos disponíveis na coluna d'água quanto em suas concentrações.

Portanto é importante que haja atenção por parte do poder público em relação as fontes de contaminantes, pois em períodos de chuva e, conseqüentemente, maior vazão a disponibilidade é maior, assim como o seu potencial de contaminação.

Com esse estudo foi possível traçar uma linha de base sobre a qualidade das águas, passíveis de comparação com novas informações que serão geradas em monitoramento durante e pós obra.

A análise dos recursos hídricos não identificou dentro da área de influência do empreendimento locais potenciais de sensibilidade ambiental, como a ocorrência de nascentes. Entretanto, algumas nascentes foram identificadas dentro da Rede Hidrográfica Tocantins-Araguaia, conforme informado no Estudo de Impacto Ambiental da Ferrovia Paraense S.A. (EIA - Ferroria Paraense, 2017). Entre as nascentes em destaque pode-se citar as identificadas na bacia do rio Itacaiúnas, córrego Jatobá, microbacia do rio Cardoso, riacho Novo e o rio Maria, córrego Ururé, rio Inajazinho e rio Inajá, todas pertencentes à RH Tocantins-Araguaia.