



RT6

DIAGNÓSTICO

PRELIMINAR

REVISÃO 05

PORTO ALEGRE, 4 DE FEVEREIRO DE 2021.



## APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o **Relatório do Diagnóstico Preliminar** referente aos serviços de elaboração de Zoneamento Ambiental para a atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí.

O trabalho está orientado para atendimento do Termo de Referência do Processo Administrativo Eletrônico/PROA 17/0567-0001757-5.

Porto Alegre, 4 de fevereiro de 2021.



## INFORMAÇÕES GERAIS

---

### **a) Identificação do Projeto**

Zoneamento Ambiental - Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí.

### **b) Empresa Consultora Contratada**

PROFILL Engenharia e Ambiente S.A.

Avenida Iguaçu, 451 – 6º andar – Petrópolis - Porto Alegre/RS

Fone: (51) 3211-3944

E-mail: [profill@profill.com.br](mailto:profill@profill.com.br)

### **c) Endereço para correspondência**

Avenida Iguaçu, 451 – 6º andar – Petrópolis - Porto Alegre/RS

Fone: (51) 3211-3944

E-mail: [patricia@profill.com.br](mailto:patricia@profill.com.br)



**d) Equipe Técnica Responsável**

<b>Nome</b>	<b>Formação</b>	<b>Registro</b>
Mauro Jungblut	Eng. Civil, Me.	CREA 77.501
Carlos Ronei Bortoli	Eng. Civil, Me.	CREA 93.660
Patrícia Luísa Cardoso	Eng. Civil, Me.	CREA 121.079
Sidnei Agra	Eng. Civil, Me.	CREA 103149
Juliana Jucélia Tonet	Arquiteta e Urbanista	CAU A41939-7
Daniel Pereira	Biólogo, Dr.	CRBio 28427-03
Juan Anza	Biólogo, Me.	CRBio 034805-03
Willi Bruschi Junior	Biólogo, Dr.	CRBio 08459-03
Nilson Teixeira de Oliveira	Eng. Civil, Me	CREA 125.231
André Bastos	Geólogo	CREA 93.626
Rodrigo Pereira de Oliveira	Geólogo	CREA 108.040
André Luis Queiroz Araújo	Geógrafo	CREA 111.946
Guilherme Joaquim	Geógrafo	CREA 173.142
Isabel Rekowsky	Geógrafa, Me.	CREA 187.829
Nilson Lopes	Sociólogo	-
Samuel do Nascimento de Campos	Graduando do Curso de Geografia	-





**e) Comissão Técnica de Acompanhamento do Zoneamento Ambiental  
para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio  
Jacuí:**

Nome	Formação
Alexandre de Paula Alves	Eng. Cartógrafo
Claudia Bos Wolff	Eng. Agrônoma
Clebes Brum Pinheiro	Biólogo
Cristina Rodrigues Wenzel	Bióloga
Diego Polacchini Carrillo	Eng. Civil Hidrólogo
Érica Onzi Pastori	Cientista Social
Luciana Regina Petry Anele	Arq. Urbanista
Rafael Fernandes e Silva	Eng. Geólogo
Rafael Midugno	Geólogo
Rejane Maria Valdameri	Geógrafa
Tanice Cristina Kormann	Geógrafa



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADCP	Perfilador de Corrente Acústico Doppler ( <i>Acoustic Doppler Current Profilers</i> )
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEPAC Civil	Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil
ANM	Agência Nacional de Mineração
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
APAEDJ	Área de Proteção Ambiental Estadual Delta do Jacuí
APP	Área de Preservação Permanente
AVA-DANs	Avaliação de Danos
CBRO	Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos
CESA	Companhia Estadual de Silos e Armazéns
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração
CGBH	Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica
CGEO/CGTIG	Coordenação de Geoprocessamento
CNPM	Conselho Nacional de Política Mineral
COBRADE	Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONGAPES	Conselho Gaúcho de Aquicultura e Pesca Sustentáveis
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
COPELMI	Companhia de Pesquisas e Lavras Minerais
COPELMI	Companhia Petroquímica do Sul
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
CEPED	Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
Cs	Concentrações de Sedimentos
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DIOUT	Divisão de Outorga e Fiscalização dos Recursos Hídricos da Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul
DISME/INMET	Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia
DMAE	Departamento de Água e Esgoto
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DOU	Diário Oficial da União
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DRH	Departamento de Recursos Hídricos
DUC	Divisão de Unidades de Conservação
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
Eletróbrás	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENOS	El Niño Oscilação Sul
ETE	Estação Tratamento de Esgoto



FCP	Fundação Cultural Palmares
FEE	Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser
FEPAGRO	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler
FESINPERS	Federação dos Sindicatos de Pescadores do Rio Grande do Sul
FIDE	Formulário de Informações sobre Desastres
FURG	Universidade Federal de Rio Grande
FZB	Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul
GM	Grupamentos Mineiros
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IDESE	Índice de Desenvolvimento Socioeconômico
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INSS	Instituto Nacional de Seguro Social
IQA	Índice de Qualidade da Água
IRGA	Instituto Rio Grandense do Arroz
ISA	Instituto Socioambiental
IVAB	Indústria por percentual de potencial poluidor
LP	Licença Prévia
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LPI	Licença Prévia de Instalação
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
METROPLAN	Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPA	Ministério da Pesca e Aquicultura
MPF	Ministério Público Federal
NOPRED	Notificação Preliminar de Desastre
NSF	<i>National Sanitation Foundation</i>
OD	Oxigênio Dissolvido
PCA	Plano de Controle Ambiental
PEDJ	Parque Estadual do Delta do Jacuí
PHE	Plano Hidroviário Estratégico
PIB	Produto Interno Bruto
PK	Ponto Quilométrico
PERH-RS	Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul
PROBIO	Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira
PROTEGER	Programa técnico para o gerenciamento da região metropolitana de Porto Alegre
Q	Vazão Líquida
Qsd	Descarga de Material em Suspensão Proveniente da Bacia Hidrográfica
Qsf	Descarga Sólida Transportada por Arrasto de Fundo
Qsl	Descarga de Material em Suspensão Proveniente do Leito do Rio
Qss	Descarga Sólida em Suspensão
RADAM	Projeto Radar da Amazônia



RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
RCA	Relatório de Controle Ambiental
RGP	Registro Geral da Pesca
REBIO	Reserva Biológica
RIMA	Relatório de Impacto ambiental
RMPA	Região Metropolitana de Porto Alegre
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
RTID	Relatório Técnico de Identificação e Delimitação
SAG	Sistema Aquífero Guarani
SDR	Secretaria do Desenvolvimento Rural, Pesca e Cooperativismo
SEMA	Secretaria Estadual de Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIGMINE	Sistema de Informações Geográficas da Mineração
SINDUSCON-RS	Sindicato das Indústrias da Construção Civil no Estado do Rio Grande do Sul
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SPH	Superintendência de Portos e Hidrovias
SUPRG	Superintendência do Porto de Rio Grande
SUREG-PA	Superintendência Regional de Porto Alegre da CPRM
TR	Termo de Referência
TI	Terra Indígena
TUP	Terminal de Uso Privado
UC	Unidades de Conservação
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UPG	Unidade de Planejamento e Gestão
USLE	<i>Universal Soil Loss Equation</i>
UTE	Usina Termelétrica
UTM	Universal Transversa de Mercator
VAB	Valor Adicionado Bruto





## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Estações meteorológicas selecionadas – INMET.....	34
Quadro 3.2 – Estações pluviométricas selecionadas - ANA.....	34
Quadro 3.3 – Precipitação total anual (acumulada).....	39
Quadro 3.4 – Síntese de ocorrências entre 1991 e 2012 nos municípios que interceptam os trechos médio e baixo do Rio Jacuí.....	43
Quadro 3.5 – Parâmetros analisados e respectivos métodos de análise.....	67
Quadro 3.6 - Padrões de fósforo total para águas doces, segundo a Resolução CONAMA Nº 357/05. ....	84
Quadro 3.7 – Padrões de qualidade de águas doces segundo a Resolução CONAMA Nº 357/05 para o Nitrogênio Amoniacal. ....	86
Quadro 3.8 - Perfil batimétrico da seção 1.....	130
Quadro 3.9 - Perfil batimétrico da seção 2, lado esquerdo.....	130
Quadro 3.10 – Perfil batimétrico da seção 2, canal direito.....	131
Quadro 3.11 – Perfil batimétrico da seção 3.....	131
Quadro 3.12 – Perfil batimétrico da seção 4, canal esquerdo.....	132
Quadro 3.13 – Perfil batimétrico da seção 4, canal direito.....	132
Quadro 3.14 – Perfil batimétrico da seção 5, lado esquerdo.....	133
Quadro 3.15 – Perfil batimétrico da seção 5, lado direito.....	133
Quadro 3.16 – Perfil batimétrico da seção 6.....	134
Quadro 3.17 – Perfil batimétrico da seção 7.....	134
Quadro 3.18 – Perfil batimétrico da seção 8.....	135
Quadro 3.19 – Perfil batimétrico da seção 9.....	135
Quadro 3.20 – Perfil batimétrico da seção 10.....	136
Quadro 3.21 – Perfil batimétrico da seção 11.....	136
Quadro 3.22 – Perfil batimétrico da seção 12, lado esquerdo.....	137
Quadro 3.23 – Perfil batimétrico da seção 12, lado direito.....	137
Quadro 3.24 – Perfil batimétrico da seção 13.....	138
Quadro 3.25 – Perfil batimétrico da seção 14.....	138
Quadro 3.26 – Perfil batimétrico da seção 15.....	139
Quadro 3.27 – Perfil batimétrico da seção 16.....	139
Quadro 3.28 – Perfil batimétrico da seção 17.....	140
Quadro 3.29 – Perfil batimétrico da seção 18.....	140
Quadro 3.30 – Perfil batimétrico da seção 19.....	141
Quadro 3.31 – Perfil batimétrico da seção 20.....	141
Quadro 3.32 – Perfil batimétrico da seção 21.....	142
Quadro 3.33 – Perfil batimétrico da seção 22.....	142
Quadro 3.34 – Perfil batimétrico da seção 23.....	143
Quadro 3.35 – Perfil batimétrico da seção 24.....	143
Quadro 3.36 – Perfil batimétrico da seção 25.....	144
Quadro 4.1 – Lista das espécies da fauna terrestre registradas através do levantamento de dados secundários e definidas como aquáticas/semiaquáticas para o presente estudo.....	333
Quadro 4.2 – Lista das espécies de anfíbios registradas para a área de estudo através do levantamento de dados secundários, incluindo ordens e famílias taxonômicas, nomes científicos e populares, além da relação de referências bibliográficas que originaram cada registro.....	335
Quadro 4.3 – Lista das espécies de répteis registradas para a área de estudo através do levantamento de dados secundários, incluindo ordens e famílias taxonômicas, nomes científicos e populares, além da relação de referências bibliográficas que originaram cada registro.....	338
Quadro 4.4 – Lista das espécies de aves registradas para a Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí através do levantamento de dados secundários, com ordens e famílias taxonômicas, nomes científicos e populares, referências bibliográficas que originaram cada registro e destaque para espécies de hábitos florestais ou aquáticos.....	342
Quadro 4.5 – Lista das espécies de aves registradas para a área de estudo e ameaçadas de extinção em ao menos um dos níveis: estadual (RS), nacional (BR) e global (GL). ....	349



Quadro 4.6 – Lista das espécies de mamíferos registradas para a Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí através do levantamento de dados secundários, com ordens e famílias taxonômicas, nomes científicos e populares, referências bibliográficas que originaram cada registro, grau de ameaça de extinção em níveis estadual (RS), nacional (BR), global (GL), e hábito “florestal” (FL) e “Semiaquático (SM)”.....	351
Quadro 4.7 – Lista das espécies de mamíferos registradas para a área de estudo e ameaçadas de extinção em ao menos um dos níveis: estadual (RS), nacional (BR) e global (GL).....	356
Quadro 4.8 – Lista dos pontos de vistoria (PV) avaliados no rio Jacuí. ....	360
Quadro 4.9 – Resultados da avaliação por vistorias de pontos de interesse para fauna terrestre. ...	362
Quadro 4.10 – Exemplos de ambientes mapeados como relevantes para a ictiofauna no rio Jacuí. ....	519
Quadro 4.11 –Lista dos pontos de amostragem (PA) da ictiofauna estabelecidos no rio Jacuí. ....	525
Quadro 4.12 – Lista dos pontos de amostragem da ictiofauna estabelecidos no rio Jacuí, incluindo artes de pesca e esforço amostral aplicado nas três campanhas realizadas. ....	528
Quadro 4.13 - Lista das espécies de peixes registradas para a Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí através do levantamento de dados secundários, com ordens e famílias taxonômicas, nomes científicos e populares, referências bibliográficas que originaram cada registro e grau de ameaça de extinção em níveis estadual (RS), nacional (BR) e global (GL).....	533
Quadro 4.14 – Lista das espécies de peixes capturadas durante as amostragens na área de estudo, incluindo abundância absoluta (AA), abundância relativa (AR), graus de ameaça de extinção, espécies migratórias (Mig – apenas as reconhecidas como grandes e médias migratórias nativas da bacia hidrográfica), endêmicas (end), exóticas (Exot) e de importância comercial (Imp). ....	548
Quadro 4.15 - Lista das espécies exóticas registradas durante o levantamento de dados secundários. ....	558
Quadro 4.16 - Lista das espécies de peixes potamódromas de longas, médias e curtas distâncias de acordo com Luz-Agostinho e colaboradores (2010) e no Plano de Bacia do Baixo Jacuí. ....	562
Quadro 4.17 - Lista das espécies registradas para a área de estudo e ameaçadas de extinção em ao menos um dos níveis: estadual (RS), nacional (BR) e global (GL). ....	563
Quadro 4.18 – Relação de pontos de amostragem da ictiofauna, tipo de ambiente, número de indivíduos capturados, riqueza específica e observações.....	568
Quadro 5.1 - Disposição dos municípios conforme os subtrechos – margem esquerda. ....	573
Quadro 5.2 - Disposição dos municípios conforme os subtrechos – margem direita.....	573
Quadro 5.3 - Processo de criação dos municípios em estudo e etnias.....	576
Quadro 5.4 - Produto Interno Bruto (PIB), participação no estado e PIB <i>per capita</i> - 2016. ....	578
Quadro 5.5 - Percentual de participação no Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos (VAB), por setores de atividade econômica – 2016.....	579
Quadro 5.6 - Área plantada (em hectares) das principais atividades agrícolas (lavoura temporária), além do total plantado nos municípios em estudo – 2018.....	581
Quadro 5.7 - Área destinada à colheita (em hectares) das principais atividades agrícolas (lavoura permanente), além do total destinado à colheita nos municípios em estudo – 2018. ....	582
Quadro 5.8 - Principais rebanhos (cabeças) por tipo nos municípios em estudo – 2018. ....	582
Quadro 5.9 - Emprego formal no setor secundário – 2017.....	583
Quadro 5.10 - Emprego formal no setor terciário – 2017. ....	584
Quadro 5.11 - Classes de rendimento nominal mensal das pessoas economicamente ativas ocupadas nos municípios em estudo – 2010.....	586
Quadro 5.12 – Síntese dos questionamentos utilizados.....	601
Quadro 5.13 – População residente nos municípios em estudo e Rio Grande do Sul (segundo situação de domicílio e gênero) - 2010. ....	604
Quadro 5.14 – Taxa de crescimento anual da população urbana, rural e total nos municípios em estudo e Rio Grande do Sul – 1991, 2000 e 2010.....	605
Quadro 5.15 – Resumo das Informações básicas dos setores censitários próximos ao rio Jacuí - 2010.....	606
Quadro 5.16 – População atendida, quantidade de ligações ativas e extensão da rede de abastecimento de água – 2017.....	623
Quadro 5.17 – Forma de abastecimento de água nos domicílios dos setores censitários próximos ao rio Jacuí - 2010.....	624
Quadro 5.18 – População atendida e extensão da rede de esgotos – 2017.....	624



Quadro 5.19 – Esgotamento Sanitário nos domicílios dos setores censitários próximos ao rio Jacuí - 2010.....	625
Quadro 5.20 – Frequência da coleta de resíduos e percentual de atendimento da população – 2017. ....	626
Quadro 5.21 – Destino do lixo nos domicílios dos setores censitários próximos ao rio Jacuí - 2010.....	626
Quadro 5.22 – Existência de energia elétrica nos domicílios presentes nos municípios em estudo - 2010.....	628
Quadro 5.23 –Existência de energia elétrica nos domicílios dos setores censitários próximos ao rio Jacuí - 2010.....	628
Quadro 5.24 – Instituições atuantes na área de estudo. ....	629
Quadro 5.25 – Síntese dos questionamentos utilizados.....	630
Quadro 5.26 - Principais características da Hidrovia rio Jacuí. ....	636
Quadro 5.27 - Características técnicas principais das Barragens Eclusas localizadas na Hidrovia Rio Jacuí. ....	637
Quadro 5.28 - Travessia hidroviária intermunicipal efetuada no rio Jacuí.....	640
Quadro 5.29 - Travessia hidroviária municipal efetuada no rio Jacuí.....	640
Quadro 5.30 - Portos e terminais na Hidrovia Rio Jacuí inseridos na bacia hidrográfica do Baixo Jacuí. ....	641
Quadro 5.31 - Empreendimentos do setor de recreação e lazer nos municípios interceptados pelos cursos médio e baixo do rio Jacuí - balneários.....	644
Quadro 5.32 - Empreendimentos do setor de recreação e lazer nos municípios interceptados pelos cursos médio e baixo do rio Jacuí - campings e áreas de lazer. ....	644
Quadro 5.33 - Colônia de pescadores em municípios que interceptam o rio Jacuí. ....	654
Quadro 5.34 – Síntese dos questionamentos utilizados.....	659
Quadro 5.35 - Captações junto ao rio Jacuí. ....	668
Quadro 5.36 - Captações de água para consumo humano. ....	670
Quadro 5.37- Unidades de Conservação identificadas. ....	734
Quadro 5.38 – Categorias de uso e ocupação do solo na bacia do Baixo Jacuí. (Fonte: FZB, 2018).....	743

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1- Seções monitoradas e suas respectivas larguras da seção transversal.....	59
Tabela 3.2– Parâmetros morfométricos para as bacias hidrográficas do rio Jacuí.....	63
Tabela 3.3– Resultados das campanhas de diagnóstico realizadas em 2019.....	78
Tabela 3.4– Coordenadas geodésicas (SIRGAS, 2000) para o centro das seções de referência. ....	125
Tabela 3.5– Dados de vazão das seções de referência para as seções PTS - S1 a PTS - S10.....	127
Tabela 3.6– Dados de vazão das seções de referência para as seções PTS- S11 a PTS- S19.....	128
Tabela 3.7 – Dados de vazão das seções de referência para as seções PTS- S20 a PTS-S23.....	129
Tabela 3.8 – Dados de vazão das seções de referência para as seções PTS- S24 a PTS- S25.....	129
Tabela 3.9 – Dados da descarga sólida de arrasto para as seções S1 a S25.....	178
Tabela 3.10 – Resumo dos resultados do monitoramento da vazão, concentração desedimentos em suspensão e sedimentos em arraste para as 25 seções monitoradas.....	179
Tabela 3.11 – Coordenadas geográficas decimais dos pontos registrados na primeira campanha da caracterização da fisiologia da paisagem. ....	195
Tabela 3.12 – Intervalo, distância e orientação dos segmentos de canais retilíneos que possuem condicionamento estrutural (fraturas ou falhas) no Subtrecho C 2.....	204
Tabela 3.13 – Intervalo, distância e orientação dos segmentos de canais retilíneos que possuem condicionamento estrutural (fraturas ou falhas) no Subtrecho C 1.....	226
Tabela 3.14 – Intervalo, distância e orientação dos segmentos de canais retilíneos que possuem condicionamento estrutural (fraturas ou falhas) no Subtrecho B.....	254
Tabela 3.15 – Intervalo, distância e orientação dos segmentos de canais retilíneos que possuem condicionamento estrutural (fraturas ou falhas) no Subtrecho A.....	292
Tabela 3-16 – Espessura de sedimentos arenosos obtidas nas sondagens SPT realizadas nas seções de referência.....	306



Tabela 4.1– Classificação dos trechos do rio Jacuí com base na geologia e geomorfologia. O regime de fluxo em cada classe pode ser predominante lóxico ou lântico dependendo das eclusas ou da influência do Guaíba. A delimitação destes trechos ainda não foi avaliada por modelagem.....	371
Tabela 4.2 – Alguns mesohabitats do Baixo rio Jacuí visualizados mediante imagens do Google Earth de acordo com a terminologia de MORING (2014) modificado de Platania (1993). .....	374
Tabela 4.3– Classificação dos trechos do rio Jacuí com base na geologia e geomorfologia. O regime de fluxo em cada classe pode ser predominante lóxico ou lântico dependendo das eclusas ou da influência do Guaíba. ....	376
Tabela 4.4– Habitats amostrados no rio Jacuí.....	376
Tabela 4.5– Atributos considerados na qualificação dos mesohabitats. ....	383
Tabela 4.6– Métricas selecionadas para a avaliação da estrutura das comunidades amostradas. ...	387
Tabela 4.7– Escores de relativos a tolerância de taxa à poluição, para cálculo do índice biótico de famílias (IBF) de Hilsenhoff, adaptado de Strieder <i>et al.</i> (2006). ....	388
Tabela 4.8– Intervalo de valores do índice biótico de famílias (IBF) de Hilsenhoff e as respectivas classes de qualidade.....	388
Tabela 4.9– Escores de relativos sensibilidade de taxa à poluição, para cálculo do índice biótico (Biological Monitoring Working Party), denominado BMWP. Os escores utilizados seguem o Instituto Ambiental do Paraná (IAP*). ....	389
Tabela 4.10– Intervalo de valores do índice biótico (Biological Monitoring Working Party), denominado BMWP e as respectivas classes de qualidade, de acordo com o Instituto Ambiental do Paraná (IAP*) .....	390
Tabela 4.11– Intervalo de valores do índice biótico (Biological Monitoring Working Party), denominado BMWP e as respectivas classes de qualidade, de acordo com Silva et al (2016). ....	390
Tabela 4.12– Composição de espécies de algas epifíticas em mesohabitats com presença de macrófitas. Campanha 1 (abril de 2019). <i>Eichhornia azurea</i> (Ea), arbórea (arb), macrófita emergente não identificada (eNI). ....	400
Tabela 4.13– Composição de espécies de algas epifíticas em mesohabitats com presença da macrófita <i>Eichhornia azurea</i> , água-pé de barçoço. <i>Backwater</i> (BW), barra exposta em pontal (BEP), ilha vegetada (IV). Campanha 1 (dezembro de 2019). ....	405
Tabela 4.14– Composição de espécies de algas epipélicas em mesohabitats com presença de substrato rochoso. ....	406
Tabela 4.15– Composição de espécies de algas epipélicas em mesohabitats com presença de substrato rochoso. ....	408
Tabela 4.16 – Densidade de organismos fitoplanctônicos em amostras coletadas de superfície (SF) por filtração (ind.m <sup>-3</sup> ) e por meio de garrafa (ind.mL <sup>-1</sup> ) de Van Dorn na superfície (S), meio (M) e fundo (F). Campanha 1 (abril de 2019). ....	412
Tabela 4.17 – Densidade de organismos fitoplanctônicos em amostras coletadas de superfície (SF) por filtração (ind.m <sup>-3</sup> ) e por meio de garrafa (ind.mL <sup>-1</sup> ) de Van Dorn na superfície (S), meio (M) e fundo (F). Campanha 1 (dezembro de 2019). ....	418
Tabela 4.18 – Densidade de organismos zooplanctônicos em amostras coletadas de superfície (SF) por filtração (ind.m <sup>-3</sup> ) e por meio de garrafa (ind.mL <sup>-1</sup> ) de <i>Van Dorn</i> na superfície (S), meio (M) e fundo (F). Campanha 1 (abril de 2019). ....	431
Tabela 4.19 – Densidade de organismos zooplanctônicos em amostras coletadas de superfície (SF) por filtração (ind.m <sup>-3</sup> ) e por meio de garrafa (ind.mL <sup>-1</sup> ) de <i>Van Dorn</i> na superfície (S), meio (M) e fundo (F). Campanha 2 (dezembro de 2019). ....	433
Tabela 4.20 – Densidade de organismos fitoplanctônicos em amostras coletadas de superfície por filtração - fil (ind.m <sup>-3</sup> ) e por meio de garrafa (ind.mL <sup>-1</sup> ) de Van Dorn na superfície (s), meio (m) e fundo (f), nas margens esquerda (E), direita (D) e centro (C). Devido ao grande número de amostras, nesta tabela foram discriminadas apenas as amostras que tiveram registros de organismos. ....	439
Tabela 4.21 – Densidade de organismos fitoplanctônicos em amostras coletadas a montante e jusante da draga 2 em operação, por filtração (SF) na superfície (ind.m <sup>-3</sup> ) e por meio de garrafa de <i>Van Dorn</i> na superfície (S), meio (M) e fundo (F) (ind.mL <sup>-1</sup> ). *dados utilizados para comparação de métricas de abundância, riqueza e diversidade por meio de permutações. ....	441
Tabela 4.22 – Comparação entre os valores de abundância, riqueza e diversidade de organismos fitoplanctônicos referentes às coletas de montante e jusante (10000 permutações; p<0,05), da operação de uma draga de extração de areia, no trecho entre a cidade de Triunfo e o Porto Batista, RS. Draga 1.....	446





Tabela 4.23 – Comparação entre os valores de abundância, riqueza e diversidade de organismos fitoplanctônicos referentes às coletas de montante e jusante (10000 permutações;  $p < 0,05$ ), da operação de uma draga de extração de areia, no trecho entre a cidade de Triunfo e o Porto Batista, RS. Draga 2..... 446

Tabela 4.24 – Densidade de organismos zooplanctônicos em amostras coletadas a montante e jusante da draga 1 em operação, por filtração (SF) na superfície ( $\text{ind.m}^{-3}$ ) e por meio de garrafa de *Van Dorn* na superfície (S), meio (M) e fundo (F) ( $\text{ind.mL}^{-1}$ ). \*dados utilizados para comparação de métricas de abundância, riqueza e diversidade por meio de permutações. Margem direita (MD), esquerda (ME) e ponto central à draga (CDR). \*\*organismos ausentes em CRD a jusante. Amostras com densidade nulas não foram consideradas nesta tabela..... 447

Tabela 4.25 – Densidade de organismos zooplanctônicos em amostras coletadas a montante e jusante da draga 2 em operação, por filtração (SF) na superfície ( $\text{ind.m}^{-3}$ ) e por meio de garrafa de *Van Dorn* na superfície (S), meio (M) e fundo (F) ( $\text{ind.mL}^{-1}$ ). \*dados utilizados para comparação de métricas de abundância, riqueza e diversidade por meio de permutações..... 447

Tabela 4.26 – Comparação entre os valores de abundância, riqueza e diversidade de organismos zooplanctônicos referentes às coletas de montante e jusante (10000 permutações;  $p < 0,05$ ), da operação de uma draga de extração de areia, no trecho entre a cidade de Triunfo e o Porto Batista, RS. Draga 1..... 449

Tabela 4.27 – Comparação entre os valores de abundância, riqueza e diversidade de organismos zooplanctônicos referentes às coletas de montante e jusante (10000 permutações;  $p < 0,05$ ), da operação de uma draga de extração de areia, no trecho entre a cidade de Triunfo e o Porto Batista, RS. Draga 2..... 449

Tabela 4.28 – Composição de taxa de macroinvertebrados bentônicos nas classes de trechos do rio Jacuí, curso médio e inferior, RS. \*realizada após vários meses de chuvas intensas, com extravasamento da calha e elevada conectividade entre habitats. Não determinado (ND)..... 450

Tabela 4.29 – Qualidade de Habitat e valores de pH, nos mesohabitats amostrados, curso médio e inferior do rio Jacuí. Faixa de vegetação (V), ocupações humanas (OH), Sedimento (S), Detritos no sedimento (DS), largura do canal ou leito menor (LM) (Campanha 1, abril de 2019). ..... 472

Tabela 4.30 – Qualidade de Habitat e valores de pH, nos mesohabitats amostrados, nas classes de trechos do rio Jacuí, curso médio e inferior, RS. Faixa de vegetação (V), ocupações humanas (OH), Sedimento (S), Detritos no sedimento (DS), largura do canal ou leito menor (LM) (Campanha 2, dezembro de 2019). ..... 473

Sete espécies de moluscosbivalves nativos escavadores foram registradas nos mesohabitats amostrados (Tabela 4.31) nos trechos meandrante (Figura 4.78, Figura 4.79, Figura 4.80), anastomosado (Figura 4.81), retilíneo (Figura 4.82) e entrelaçado (Figura 4.83), predominando em ambientes laterais, associados a planície de inundação: *Diplodon deceptus*, *Diplodon hildae*, *Diplodon bethae*, *Diplodon* sp.(Figura 4.63), *Eupera klappenbachi*, *Pisidium sterkianum* e *Pisidium* sp. *Pisidium* sp. pode corresponder a *Pisidium sterkianum*, uma vez que os espécimes examinados eram muito jovens. A única espécie registrada em ambiente Run foram *Pisidium sterkianum* no trecho retilíneo (Tabela 4.32). ..... 487

Tabela 4.32 – Bivalves escavadores nas classes de trechos do rio Jacuí, curso médio e inferior, RS. Campanha 1 e 2. \**Eupera klappenbachi* foi registrada na comunidade bentônica associada ao pacote sedimentar, mas também integra a fauna epifítica, associada às macrófitas (Mansur *et al.*, 1988).. 492

Figura 4.87– Modelo conceitual simplificado da zonação transversal e vertical da calha principal do rio Jacuí, indicando grupos dominantes das comunidades fitoplanctônica, zooplanctônica e bentônica, com base nos dados primários e secundários. Tabela 4.33 – Síntese de padrões espaciais, quanto a zonação longitudinal e transversal de comunidades aquáticas e características de habitat, de rios da América do Sul e o rio Jacuí, referente aos dados pretéritos e dados do presente estudo. .... 500



## LISTA DE MAPAS

Mapa 2.1 – Localização da área de estudo interceptada pelos trechos médio e baixo do Rio Jacuí. .	31
Mapa 3.1 –Isotermas de Temperatura Média Anual.....	38
Mapa 3.2 –Mapa de Isolinhas de Precipitação Média Anual.....	40
Mapa 3.3 – Localização das bacias contribuintes do rio Jacuí: bacias do média e baixo Jacuí, Vacacaí-mirim, Pardo e Taquari, com indicação dos principais formadores.....	50
Mapa 3.4 – Hidrografia das bacias contribuintes do rio Jacuí, com indicação dos principais formadores. ....	53
Mapa 3.5 – Mapa hipsométrico das bacias contribuintes do rio Jacuí, com indicação dos formadores. ....	57
Mapa 3.6 – Hidrografia do Baixo Jacuí, com base nos dados da FEPAM (2019), indicando as seções monitoradas.....	60
Mapa 3.7 – Localização dos pontos de amostragem de qualidade das águas superficiais.....	69
Mapa 3.8 – Campanha de amostragem de água superficial - Vazão de cheia - Parâmetro: DBO ....	110
Mapa 3.9 – Campanha de amostragem de água superficial - Vazão de estiagem - Parâmetro: DBO .....	111
Mapa 3.10 – Campanha de amostragem de água superficial - Vazão de cheia - Parâmetro: Coliformes termotolerantes .....	112
Mapa 3.11 – Campanha de amostragem de água superficial - Vazão de estiagem - Parâmetro: Coliformes termotolerantes .....	113
Mapa 3.12 – Campanha de amostragem de água superficial - Vazão de cheia - Parâmetro: Turbidez .....	114
Mapa 3.13 – Campanha de amostragem de água superficial - Vazão de estiagem - Parâmetro: Turbidez.....	115
Mapa 3.14- Localização das seções monitoradas com dados de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste. Campanha de Outubro 2019.....	117
Mapa 3.15 – Localização dos pontos de controle do levantamento de campo e caracterização da fisiologia da paisagem.....	198
Mapa 4.1 – Pontos de vistoria da fauna terrestre.....	357
Mapa 4.2 – Ambientes importantes para a ictiofauna.....	521
Mapa 5.1 - Usos da água nas áreas nos cursos médio e baixo do rio Jacuí.....	639
Mapa 5.2 - Locais com maior potencial de presença de pescadores.....	661
Mapa 5.3 - Mapa de uso e ocupação do solo.....	693
Mapa 5.4 – Áreas legalmente protegidas na área de estudo.....	733
Mapa 5.5- Unidades de Conservação na área de estudo.....	736



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>29</b>
<b>2</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>30</b>
<b>3</b>	<b>MEIO FÍSICO</b>	<b>32</b>
3.1	CLIMA	32
3.1.1	Introdução	32
3.1.2	Caracterização climática regional	32
3.1.3	Metodologia	33
3.1.4	Resultados	35
3.1.4.1	Temperatura	36
3.1.4.2	Precipitação	39
3.1.4.3	Umidade Relativa do ar	41
3.1.4.4	Insolação	41
3.1.4.5	Velocidade e direção dos ventos	42
3.1.4.6	Eventos extremos	43
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA	48
3.2.1	Introdução	48
3.2.2	Bacia hidrográfica	48
3.2.3	Canais e suas propriedades	51
3.2.4	Evolução dos cursos de água	55
3.2.5	Erosão dos solos	58
3.2.6	Leito dos rios	58
3.2.7	Deformações da seção transversal	61
3.2.7.1	Parâmetros morfométricos referentes à análise da rede hidrográfica da Região Hidrográfica do Lago Guaíba	63
3.3	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS	67
3.3.1	Metodologia de Análise	67
3.3.2	Resultados	77
3.3.2.1	DBO	80
3.3.2.2	DQO	81
3.3.2.3	Fósforo total, Fosfato (como P) e Ortofosfato (solúvel)	83
3.3.2.4	Série Nitrogenada	86
3.3.2.4.1	Nitrato	86
3.3.2.4.2	Nitrito (como N)	86
3.3.2.4.3	Nitrogênio amoniacal	86
3.3.2.4.4	Nitrogênio orgânico	87
3.3.2.4.5	Nitrogênio total Kjeldahl (NTK)	87
3.3.2.5	Coliformes termotolerantes	88
3.3.2.6	Cor 90	
3.3.2.7	Turbidez	92
3.3.2.8	Condutividade	93
3.3.2.9	Sólidos totais	95
3.3.2.10	Alumínio dissolvido	96



3.3.2.11	Ferro dissolvido.....	98
3.3.2.12	Manganês total .....	100
3.3.2.13	Cádmio total .....	102
3.3.2.14	Cobre dissolvido .....	102
3.3.2.15	Cobalto total .....	102
3.3.2.16	Chumbo total.....	102
3.3.2.17	Cromo total.....	103
3.3.2.18	Níquel total.....	103
3.3.2.19	Mercúrio total .....	104
3.3.2.20	Zinco total.....	104
3.3.2.21	Sulfeto .....	106
3.3.2.22	Surfactantes (como LAS).....	106
3.3.2.23	Índice de Fenóis.....	107
3.3.2.24	Síntese das Campanhas 1 e 2.....	107
3.4	<b>MEDIÇÃO DE VAZÃO, SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO E SEDIMENTOS EM ARRASTE: 2ª CAMPANHA.....</b>	<b>116</b>
3.4.1	Introdução.....	116
3.4.2	Objetivo .....	118
3.4.3	Monitoramento hidrossedimentológico em bacias hidrográficas .....	118
3.4.3.1	Medição de Vazão .....	118
3.4.3.1.1	Medição com molinete hidrométrico .....	118
3.4.3.1.2	Método acústico .....	119
3.4.3.2	Transporte de sedimentos em suspensão.....	120
3.4.3.3	Transporte de sedimentos por arraste .....	121
3.4.3.4	Medição dos dados de cota .....	122
3.4.4	Seções de referência monitoradas e equipamentos utilizados.....	123
3.4.4.1	Procedimentos de campo .....	125
3.4.5	Resultados.....	127
3.4.5.1	Acompanhamento dos dados de cota e da vazão.....	127
3.4.5.2	Perfis com respectivo nível para as seções monitoradas.....	129
<input type="checkbox"/>	Seção 1 .....	130
<input type="checkbox"/>	Seção 2, lado esquerdo .....	130
<input type="checkbox"/>	Seção 2, lado direito .....	131
<input type="checkbox"/>	Seção 3 .....	131
<input type="checkbox"/>	Seção 4, lado esquerdo .....	132
<input type="checkbox"/>	Seção 4, lado direito .....	132
<input type="checkbox"/>	Seção 5, lado esquerdo .....	133
<input type="checkbox"/>	Seção 5, lado direito .....	133
<input type="checkbox"/>	Seção 6 .....	134
<input type="checkbox"/>	Seção 7 .....	134
<input type="checkbox"/>	Seção 08.....	135





□	Seção 9 .....	135
□	Seção 10 .....	136
□	Seção 11 .....	136
□	Seção 12, lado esquerdo .....	137
□	Seção 12, lado direito .....	137
□	Seção 13 .....	138
□	Seção 14 .....	138
□	Seção 15 .....	139
□	Seção 16 .....	139
□	Seção 17 .....	140
□	Seção 18 .....	140
□	Seção 19 .....	141
□	Seção 20 .....	141
□	Seção 21 .....	142
□	Seção 22 .....	142
□	Seção 23 .....	143
□	Seção 24 .....	143
□	Seção 25 .....	144
	3.4.5.3 Acompanhamento da concentração de sedimentos em suspensão .....	144
3.4.5.3.1	PTS-S1 .....	145
3.4.5.3.2	PTS-S2 (ME) .....	147
3.4.5.3.3	PTS-S2 (MD) .....	149
3.4.5.3.4	PTS-S3 .....	150
3.4.5.3.5	PTS-S4 (ME) .....	151
3.4.5.3.6	PTS-S4 (MD) .....	152
3.4.5.3.7	PTS-S5 (ME) .....	153
3.4.5.3.8	PTS-S5 (MD) .....	154
3.4.5.3.9	PTS-S6 .....	155
3.4.5.3.10	PTS-S7 .....	156
3.4.5.3.11	PTS-S8 .....	157
3.4.5.3.12	PTS-S9 .....	158
3.4.5.3.13	PTS-S10 .....	159
3.4.5.3.14	PTS-S11 .....	160
3.4.5.3.15	PTS-S12ME .....	161
3.4.5.3.16	PTS-S12MD .....	162
3.4.5.3.17	PTS-S13 .....	163
3.4.5.3.18	PTS-S14 .....	164
3.4.5.3.19	PTS-S15 .....	165
3.4.5.3.20	PTS-S16 .....	166
3.4.5.3.21	PTS-S17 .....	167



3.4.5.3.22	PTS-S18.....	168
3.4.5.3.23	PTS-S19.....	169
3.4.5.3.24	PTS-S20.....	170
3.4.5.3.25	PTS-S21.....	171
3.4.5.3.26	PTS-S22.....	172
3.4.5.3.27	PTS-S23.....	173
3.4.5.3.28	PTS-S24.....	174
3.4.5.3.29	PTS-S25.....	176
3.4.5.4	Acompanhamento da concentração de sedimentos em arraste .....	177
3.4.6	Síntese dos resultados .....	179
3.5	FISIOLOGIA DA PAISAGEM .....	181
3.5.1	Considerações iniciais.....	181
3.5.2	Geomorfologia fluvial.....	184
3.5.2.1	Método e logística .....	190
3.5.2.2	Subtrecho C 2 .....	199
3.5.2.2.1	Condicionantes Geológicos, Geomorfológicos e Fluviais.....	202
3.5.2.2.1.1	Perfil Geológico da Seção de Referência 25 .....	215
3.5.2.2.1.2	Perfil Geológico da Seção de Referência 24 .....	217
3.5.2.2.2	Condicionantes Antrópicos .....	219
3.5.2.3	Subtrecho C 1 .....	223
3.5.2.3.1	Condicionantes Geológicos, Geomorfológicos, Fluviais e Antrópicos .....	225
3.5.2.3.1.1	Perfil geológico da Seção de Referência 23 .....	243
3.5.2.3.1.2	Perfil geológico da Seção de Referência 22 .....	245
3.5.2.3.1.3	Perfil geológico da Seção de Referência 21 .....	247
3.5.2.3.1.4	Perfil geológico da Seção de Referência 20 .....	249
3.5.2.4	Subtrecho B .....	251
3.5.2.4.1	Condicionantes Geológicos, Geomorfológicos, Fluviais e Antrópicos .....	252
3.5.2.4.1.1	Perfil geológico da Seção de Referência 19 .....	267
3.5.2.4.1.2	Perfil geológico da Seção de Referência 18 .....	269
3.5.2.4.1.3	Perfil geológico da Seção de Referência 17 .....	271
3.5.2.4.1.4	Perfil geológico da Seção de Referência 16 .....	273
3.5.2.4.1.5	Perfil geológico da Seção de Referência 15 .....	275
3.5.2.4.1.6	Perfil geológico da Seção de Referência 14 .....	277
3.5.2.4.1.7	Perfil geológico da Seção de Referência 13 .....	279
3.5.2.4.1.8	Perfil geológico da Seção de Referência 12B .....	281
3.5.2.4.1.9	Perfil geológico da Seção de Referência 12A .....	283
3.5.2.4.1.10	Perfil geológico da Seção de Referência 11 .....	285
3.5.2.5	Subtrecho A .....	287
3.5.2.5.1	Condicionantes Geológicos, Geomorfológicos, Fluviais e Antrópicos .....	290
3.5.2.5.1.1	Perfil geológico da Seção de Referência 10 .....	306
3.5.2.5.1.2	Perfil geológico da Seção de Referência 09 .....	309
3.5.2.5.1.3	Perfil geológico da Seção de Referência 08 .....	311



3.5.2.5.1.4	Perfil geológico da Seção de Referência 07 .....	313
3.5.2.5.1.5	Perfil geológico da Seção de Referência 06 .....	315
3.5.2.5.1.6	Perfil geológico da Seção de Referência 05 .....	317
3.5.2.5.1.7	Perfil geológico da Seção de Referência 04 .....	319
3.5.2.5.1.8	Perfil geológico da Seção de Referência 03 .....	321
3.5.2.5.1.9	Perfil geológico da Seção de Referência 02 .....	323
3.5.2.5.1.10	Perfil geológico da Seção de Referência 01 .....	325
3.6	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES DO MEIO FÍSICO .....	327
<b>4</b>	<b>MEIO BIÓTICO .....</b>	<b>329</b>
4.1	ECOSSISTEMA TERRESTRE E DE TRANSIÇÃO (FAUNA) .....	329
4.1.1	Metodologia .....	329
4.1.2	Resultados .....	332
4.1.2.1	Revisão bibliográfica .....	335
4.1.2.1.1	Anfíbios .....	335
4.1.2.1.2	Répteis .....	338
4.1.2.1.3	Aves .....	340
4.1.2.1.4	Mamíferos .....	349
4.1.2.2	Vistorias técnicas .....	356
4.2	ECOSSISTEMA AQUÁTICO E DE TRANSIÇÃO .....	369
4.2.1	Limnologia: macroinvertebrados bentônicos, plâncton e perifíton .....	370
4.2.1.1	Objetivos .....	370
4.2.1.1.1	Geral .....	370
4.2.1.1.2	Específicos .....	370
4.2.1.2	Questões .....	370
4.2.1.3	Material e Métodos .....	371
4.2.1.3.1	Área de Estudo .....	371
4.2.1.3.2	Amostragem .....	379
4.2.1.3.2.1	Perifíton .....	379
4.2.1.3.2.2	Algas Epifíticas .....	379
4.2.1.3.2.3	Algas Epipélicas .....	380
4.2.1.3.2.4	Fitoplâncton .....	380
4.2.1.3.2.5	Zooplâncton .....	381
4.2.1.3.2.6	Macroinvertebrados aquáticos .....	382
4.2.1.3.2.7	Variáveis limnológicas .....	382
4.2.1.3.2.8	Qualidade de Habitat .....	383
4.2.1.3.2.9	Tratamento de dados .....	387
4.2.1.4	Resultados e Discussão .....	391
4.2.1.4.1	Limnologia: padrões espaço-temporais .....	392
4.2.1.4.1.1	Qualidade da Água .....	392
4.2.1.4.1.2	Hidrossedimentologia .....	395
4.2.1.4.1.3	Granulometria .....	397
4.2.1.4.2	Perifíton (Algas Epifíticas e Epilíticas) .....	398



4.2.1.4.2.1	Composição e Riqueza .....	398
4.2.1.4.3	Fitoplâncton.....	409
4.2.1.4.3.1	Riqueza, Densidade e Diversidade .....	409
4.2.1.4.3.2	Padrões espaciais .....	427
4.2.1.4.4	Zooplâncton .....	428
4.2.1.4.4.1	Riqueza, Densidade e Diversidade .....	428
4.2.1.4.4.2	Padrões espaciais .....	436
4.2.1.4.5	Efeitos de dragagem sobre o plâncton .....	437
4.2.1.4.5.1	Fitoplâncton.....	437
4.2.1.4.5.2	Zooplâncton.....	446
4.2.1.4.6	Macroinvertebrados .....	450
4.2.1.4.6.1	Composição, abundância, riqueza e diversidade .....	450
4.2.1.4.6.2	Índices bióticos <i>versus</i> qualidade de Habitat.....	470
4.2.1.4.6.3	Padrões espaciais: mesohabitats e trecho .....	482
4.2.1.4.6.4	Espécies escavadores .....	487
4.2.1.4.6.5	Espécies ameaçadas .....	493
4.2.1.4.6.6	Espécies endêmicas e raras .....	494
4.2.1.4.6.7	Espécies invasoras .....	494
4.2.1.4.7	Zonação longitudinal e transversal .....	495
4.2.1.4.8	Conservação de mesohabitats e de macroinvertebrados .....	506
4.2.1.4.9	Descritores .....	510
4.2.1.5	Considerações Finais.....	513
4.2.2	Levantamento ictiológico.....	515
4.2.2.1	Metodologia.....	515
4.2.2.1.1	Esclarecimentos iniciais.....	515
4.2.2.1.2	Áreas de amostragem.....	517
4.2.2.2	Artes de pesca e amostragem propriamente dita .....	526
4.2.2.2.1	Análise de dados.....	528
4.2.2.3	Resultados .....	529
4.2.2.3.1.1	Revisão bibliográfica de dados secundários.....	529
4.2.2.3.1.1.1	Contexto taxonômico.....	529
4.2.2.3.1.1.2	Contexto ictiológico e levantamento de espécies para o rio Jacuí .....	530
4.2.2.3.1.1.3	Reprodução.....	540
4.2.2.3.1.1.4	Ambientes importantes para a ictiofauna.....	542
4.2.2.3.2	Ambientes marginais.....	542
4.2.2.3.3	Foz de afluentes.....	545
4.2.2.3.4	Barras arenosas.....	545
4.2.2.3.4.1	Levantamento de dados primários (amostragens) .....	547
4.2.2.3.4.1.1	Curva de acumulação de espécies .....	558
4.2.2.3.4.1.2	Espécies exóticas.....	558
4.2.2.3.4.1.3	Espécies migratórias .....	561





4.2.2.3.4.1.4	Espécies ameaçadas de extinção.....	563
4.2.2.3.4.2	Análise por tipo de ambiente.....	566
4.3	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES DO MEIO BIÓTICO .....	569
<b>5</b>	<b>MEIO SOCIOECONÔMICO.....</b>	<b>572</b>
5.1	ESTRUTURA ECONÔMICA E ORGANIZAÇÃO SOCIAL .....	574
5.1.1	Processo de ocupação e formação territorial.....	574
5.1.2	Caracterização Econômica .....	577
5.1.2.1	Indicadores Econômicos .....	577
5.1.2.2	Estrutura Produtiva .....	580
5.1.2.3	Nível de Renda .....	585
5.1.3	Atividades econômicas vinculadas aos usos do rio Jacuí .....	586
5.1.3.1	Subtrecho C .....	587
5.1.3.2	Subtrecho B .....	590
5.1.3.3	Subtrecho A .....	595
5.1.3.4	Perspectivas dos proprietários de atividades econômicas em relação à atividade mineradora no Baixo Jacuí.....	600
5.1.4	Demografia .....	603
5.1.4.1	População Residente .....	603
5.1.4.2	Taxa de Urbanização .....	604
5.1.4.3	Taxa geométrica de crescimento populacional.....	605
5.1.4.4	Ambiente demográfico da região próxima ao rio Jacuí .....	606
5.1.5	Condições de Habitação .....	622
5.1.5.1	Abastecimento de Água .....	623
5.1.5.2	Esgotamento Sanitário.....	624
5.1.5.3	Coleta de Resíduos.....	626
5.1.5.4	Energia Elétrica.....	627
5.1.6	Caracterização da Organização Social.....	628
5.1.6.1	Entrevistas - lideranças sociais.....	629
5.1.7	Conclusões.....	632
5.2	USOS DA ÁGUA.....	634
5.2.1	Navegação interior .....	635
5.2.1.1	Barragens eclusas .....	637
5.2.1.2	Travessias hidroviárias intermunicipais .....	640
5.2.1.3	Portos e terminais .....	640
5.2.1.4	Movimentação de cargas .....	642
5.2.2	Balneários, Recreação e Lazer .....	643
5.2.3	Percepção ambiental.....	645
5.2.3.1	Percepção quanto à qualidade da água e gestão ambiental.....	645
5.2.3.2	Percepção ambiental dos entrevistados – Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí...	646
5.2.3.3	Comparativo entre os resultados das pesquisas.....	650
5.2.4	Conclusões.....	651
5.3	PESCA .....	653



5.3.1	Aspectos legais .....	653
5.3.2	Caracterização da pesca.....	655
5.3.2.1	Espécies de interesse econômico .....	656
5.3.2.2	Importância econômica .....	657
5.3.3	Caracterização da pesca na área em estudo .....	659
5.3.3.1	Locais de pesca .....	660
5.3.3.2	Perfis de pescadores .....	662
5.3.3.3	Principais espécies .....	662
5.3.3.4	Possíveis conflitos.....	664
5.3.4	Conclusões.....	665
5.4	CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO .....	668
5.4.1	Conclusões.....	670
5.5	MINERAÇÃO DE AREIA E DEMAIS ATIVIDADES DE MINERAÇÃO.....	671
5.5.1	Caracterização da mineração .....	671
5.5.1.1	Potencial mineral.....	674
5.5.1.1.1	Agregados para a construção civil – areia.....	676
5.5.1.1.2	Depósitos de areia fluvial no rio Jacuí .....	677
5.5.1.1.3	Reservas estimadas para os principais depósitos de areia na RMPA .....	679
5.5.1.2	Métodos de lavra e beneficiamento .....	680
5.5.1.3	Insumos para a construção civil na RMPA .....	684
5.5.1.4	Legislação minerária .....	685
5.5.1.5	Legislação ambiental .....	688
5.5.1.6	Atividades comércio/depósito de areia na área em estudo .....	689
5.5.1.6.1	Cachoeira do Sul.....	689
5.5.1.6.2	Rio Pardo .....	690
5.5.1.6.3	São Jerônimo .....	690
5.5.1.6.4	Charqueadas.....	690
5.5.1.6.5	Triunfo .....	690
5.5.2	Conclusões.....	691
5.6	INVENTÁRIO DE ESTRUTURAS, BALNEÁRIOS, OBRAS CIVIS E OCUPAÇÃO DAS MARGENS .....	692
5.6.1	Município de Cachoeira do Sul .....	694
5.6.1.1	Localidade/Comunidade do Passo do São Lourenço (balneário, balsa) - lat. - 30,009324 long. -53,014576 - margem esquerda .....	694
5.6.1.2	Balneário Caixa d'água – Localidade do Ferreira - lat. -30,010703 long. - 52,973075 - margem esquerda.....	694
5.6.1.3	Balneário Seringa - lat. -30,079325 long. -52,902111 - margem esquerda ..	695
5.6.1.4	Barragem/Eclusa/Ponte do Fandango (BR-153) (lat. -30,062956 long. - 52,896549) .....	695
5.6.1.5	Área urbanizada - margem esquerda .....	696
5.6.1.5.1	Cemitério Municipal - lat. -30,053437 long. -52,889847 .....	696
5.6.1.5.2	Estrutura do exército - 3º Batalhão de Engenharia de Combate - "Batalhão Conrado Bittencourt" e 13º G A C - parte fica na área em estudo - lat. -30,052756 long. - 52,899658 696	



5.6.1.5.3	HCB: Hospital de Caridade e Beneficência -lat. -30,052392 long. -52,889935 696	
5.6.1.5.4	Estruturas da antiga Companhia Estadual de Silos e Armazéns (Cesa) - lat. – 30,053456 long. -52,886765 .....	697
5.6.1.5.5	Bar/comércio da Praia Velha (na Rua Moron com o rio Jacuí) - lat. -30,053725 long. -52,884202.....	697
5.6.1.5.6	Antigas estruturas da Cooperativa Agrícola Cachoeirense (CORISCAL) - lat. - 30,052659 long. -52,883207 .....	698
5.6.1.5.7	Clube de caça, pesca e tiro/Clube Náutico - lat. -30,053116 long. -52,881844 698	
5.6.1.5.8	Empresa Areial Jacuí - lat. -30,052079 long. -52,881831 .....	699
5.6.1.5.9	Empresa Bella Casa (móveis sob medida) - lat. -30,051579 long. -52,881145 699	
5.6.1.5.10	Estrutura da CORSAN - lat. -30,051682 long. -52,881084.....	700
5.6.1.5.11	Empresa Areeira Esperança - lat. -30,050747 long. -52,878133 .....	700
5.6.1.5.12	Empresa Areia Ribeiro (Ribeiro Flores e cia) - lat. -30,052040 long. -52,876057 701	
5.6.1.6	Praia Nova - lat. -30,056147 long. -52,882248 – margem direita.....	701
5.6.1.7	Empresa Granol - lat. -30,010703 long. -52,973075 - margem esquerda .....	701
5.6.1.8	Porto de Cachoeira do Sul - lat. -30,052836 long. -52,848274 - margem esquerda .....	702
5.6.1.9	Comunidade/localidade Capão Grande - lat. -30,053167 long. -52,808878 - margem esquerda .....	702
5.6.2	Município de Rio Pardo .....	702
5.6.2.1	Barragem/Eclusa do Anel de Dom Marco - lat. -30,090305 long. -52,495059 702	
5.6.2.2	Balneário Santa Vitória - lat. -29,996709 long. -52,386965 - margem direita	702
5.6.2.3	Área urbanizada - margem esquerda .....	703
5.6.2.3.1	Praia dos Ingazeiros – lat. -29,993857 long. -52,381208 .....	703
5.6.2.3.2	Avenida Perimetral (na Praia dos Ingazeiros) – lat. -29,992872 long. - 52,381279	703
5.6.2.3.3	Mirante na Praia dos Ingazeiros - lat. – 29,993505 long. -52,380496.....	704
5.6.2.3.4	Marina Panorama - lat. -29,992402 long. – 52,381060 .....	704
5.6.2.3.5	Empresa de Mineração (Rauber Minerais) - lat. -29,993366 long. -52,373425 705	
5.6.2.3.6	Local do antigo Forte Jesus, Maria, José - lat. -29,994082 long. -52,377306705	
5.6.2.3.7	Empresa de Mineração (JK Minerais) - lat. -29,995622 long. -52,376437 ....	705
5.6.2.3.8	Porto de Rio Pardo - lat. -29,996511 long. -52,375413 .....	706
5.6.2.4	Ponte (BR-471) sobre o rio Jacuí - lat. -29,998441 long. -52,368122.....	706
5.6.2.5	Empresa de mineração (abaixo da ponte da BR -471) - lat. -29,997315 long. - 52,367303 - margem esquerda.....	707
5.6.2.6	Balneário Porto Ferreira (lat. -29,984054 long. -52,338903) - margem esquerda .....	708
5.6.2.7	Balneário Porto das Mesas - lat. -29,937441 long. -52,318124 - margem esquerda .....	708



5.6.2.8	Balneário Porto Lambari - lat. -29,963916 long. -52,183589 - margem esquerda .....	709
5.6.3	Município de Vale Verde .....	709
5.6.3.1	Comunidade no Arroio João Rodrigues - lat. -29,925632 long. -52,161413 - margem esquerda .....	709
5.6.3.2	Comunidade no Porto Três Irmãos - lat. -29,933832 long. -52,061042 - margem esquerda .....	709
5.6.3.3	Balneário Monte Alegre - lat. -29,954241 long. -52,034535 - margem esquerda	709
5.6.4	Município de General Câmara .....	710
5.6.4.1	Vila de Santo Amaro do Sul - lat. -29,939749 long. -51,898014 - margem esquerda .....	710
5.6.4.2	Barragem/Eclusa de Amarópolis (em frente à Vila de Santo Amaro do Sul) - lat. -29,945646 long. -51,894299 .....	710
5.6.4.3	Praia da Cachoeirinha - lat. -29,952912 long. -51,763984 - margem esquerda	711
5.6.4.4	Ponte sobre rio Jacuí (ERS 401) (São Jerônimo x General Câmara) - lat. -29,956667 long. -51,763390 .....	711
5.6.5	Município de Butiá .....	712
5.6.5.1	Área do Campo de Instrução de Butiá (CIB), do Exército Brasileiro (da divisa com Minas do Leão até as proximidades do ponto - lat. -29,952261 long. -51,921908) .....	712
5.6.6	Município de São Jerônimo .....	712
5.6.6.1	Área urbanizada - margem direita .....	712
5.6.6.1.1	Usina Termelétrica (desativada desde o final de 2013) - lat. -29,967999 long. -51,735514	712
5.6.6.1.2	Estaleiro Lacel -29,955393 long. -51,727674 .....	713
5.6.6.1.3	Empresa de Mineração (Rita de Cássia Fortes - ME) -lat. -29,954812 long. -51,726767	713
5.6.6.1.4	Grêmio Náutico São Jerônimo - lat. -29,956667 long. -51,763390 .....	714
5.6.6.1.5	Transporte de passageiros (lancha) entre São Jerônimo e Triunfo - lat. -29,953513 long. -51,724085 .....	714
5.6.6.1.6	Praia do Encontro (lat. -29,953335 long. -51,722915).....	715
5.6.6.2	Transporte de veículos (balsa) entre São Jerônimo e Triunfo - lat. -29,952017 long. -51,709742 - margem direita .....	715
5.6.7	Município de Charqueadas .....	716
5.6.7.1	Área urbanizada - margem direita .....	716
5.6.7.1.1	Pousada e Balneário Gonzales de Souza - lat. -29,952814 long. -51,642127	716
5.6.7.1.2	Praia das Pedrinhas - lat. -29,951889 long. -51,638368 .....	716
5.6.7.1.3	Ilha Dona Antônia - APA Ilha Dona Antônia - lat. -29,949929 long. -51,634866	717
5.6.7.1.4	Estaleiro Anjo (no bairro Beira Rio) - lat. -29,951093 long. -51,634199 .....	717
5.6.7.1.5	Empresa Depósito de areia Manoel Lima (no bairro Beira Rio) - lat. -29,950848 long. -51,632562.....	717
5.6.7.1.6	Empresa Areia Kapile (no bairro Beira Rio) - lat. -29,950760 long. -51,632139	717



5.6.7.1.7	Estaleiro Leme (no bairro Beira Rio) - lat. -29,950560 long. -51,630083 .....	718	
5.6.7.1.8	Estaleiro (sem nome) (no bairro Beira Rio) - lat. -29,949909 long. -51,627574	718	
5.6.7.1.9	UTE Charqueadas (desativada desde o final de 2016) - lat. -29,951485 long. -	51,622783 718	
5.6.7.1.10	Terminal de Carvão - COPELMI - lat. -29,948264 long. -51,619892.....	719	
5.6.7.1.11	Estrutura da GERDAU - Aços Especiais Piratini - lat. -29,947728 long. -	51,614418 719	
5.6.7.1.12	Vila Santo Antônio (na beira do rio Jacuí) - lat. -29,947252 long. -51,609434	720	
5.6.7.1.13	Capela Santo Antônio - RPPN Sítio Porto Capela - lat. -29,947340 long. -	51,603464 720	
5.6.7.1.14	PEJ - Penitenciária Estadual do Jacuí - lat. -29,946366 long. -51,594939 ...	720	
5.6.7.2	Empresa METASA - lat. -29,942710 long. -51,573029 - margem direita .....	720	
5.6.7.3	Ruínas da Granja Carola - lat. -29,941303 long. -51,566340 - margem direita	721	
5.6.7.4	Empresa IESA (atualmente desativada) - lat. -29,941705 long. -51,564144 -	margem direita .....	721
5.6.8	Município de Triunfo .....	722	
5.6.8.1	Área urbanizada - margem esquerda .....	722	
5.6.8.1.1	Centro Histórico de Triunfo - lat. -29,945549 long. -51,718751.....	722	
5.6.8.1.2	Rua Assis Brasil (Rua dos Plátanos) - lat. -29,945423 long. -51,720051 .....	722	
5.6.8.1.3	Porto do Bote - Transporte de passageiros (lança) entre Triunfo e São	Jerônimo - lat. -29,946407 long. -51,717526 .....	723
5.6.8.1.4	Camping do Areal - lat. -29,917042 long. -51,546718.....	723	
5.6.8.1.5	Balsa (transporte de veículos) entre Triunfo e São Jerônimo - lat. -29,914584	long. -51,520327.....	724
5.6.8.1.6	Depósito de areia (ao lado da balsa) - lat. -29,945029 long. -51,710816 .....	724	
5.6.8.2	Estaleiro Naval de Triunfo (SUPRG) (na Vila do Estaleiro) - lat. -29,942411	long. -51,694430 - margem esquerda.....	724
5.6.8.3	Praia do Estaleiro - lat. -29,943482 long. -51,692115 - margem esquerda...	725	
5.6.8.4	Comunidade da Ilha na Paciência - lat. -29,930966 long. -51,639309.....	725	
5.6.8.5	Localidade de General Neto/Praia Grande - lat. -29,925147 long. -51,612676 -	margem esquerda .....	725
5.6.8.6	Estaleiro Vitória - lat. -29,917042 long. -51,546718 - margem esquerda.....	725	
5.6.8.7	Empresa Areia Progresso (em Porto Batista) - lat. -29,914584 long. -	51,520327 - margem esquerda.....	725
5.6.8.8	Balneário do Porto Batista - lat. -29,913578 long. -51,516470 - margem	esquerda .....	725
5.6.8.9	Depósito de areia (em Porto Batista) - lat. -29,913244° long. -51,511545° -	margem esquerda .....	726
5.6.8.10	Porto da Belinha - lat. -29,911821 long. -51,489942 - margem esquerda	726	
5.6.8.11	Porto da Manga - lat. -29,951582 long. -51,456719 - margem esquerda	726	





5.6.8.12	Comunidade (em frente a Ilha da Ponta Rasa) - lat. -29,963378 long. - 51,377247 .....	726
5.6.9	Conclusões .....	726
5.7	ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS .....	728
5.7.1	Lei da Mata Atlântica .....	729
5.7.2	Reserva da biosfera da Mata Atlântica .....	730
5.7.3	Terras Indígenas e Quilombolas .....	731
5.7.4	Unidades de Conservação .....	734
5.7.5	Conclusões .....	738
5.8	ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA COMPENSAÇÃO AMBIENTAL.....	739
5.8.1.1.1	Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade .....	739
5.8.1.1.2	Uso e cobertura do solo da bacia do Baixo Jacuí.....	742
5.8.2	Conclusões .....	744
5.9	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES DO MEIO SOCIOECONÔMICO.....	745
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>747</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>759</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A Profill Engenharia e Ambiente apresenta o **Relatório do Diagnóstico Preliminar**, no âmbito do serviço de elaboração do Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí/RS.

A seguir, é apresentado um breve relato do conteúdo abordado em cada capítulo deste relatório:

O Capítulo 2 apresenta a área-objeto dos estudos que irão compor o zoneamento ambiental da atividade de mineração de areia.

O Capítulo 3 apresenta o diagnóstico do Meio Físico, a partir da caracterização dos seguintes componentes: Clima; Rede hidrográfica; Qualidade das águas; Medição de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste; e Fisiologia da paisagem.

O Capítulo 4 apresenta o diagnóstico do Meio Biótico, através da caracterização dos seguintes itens: Ecossistema terrestre e de transição (fauna); Ecossistema aquático e de transição (macroinvertebrados bentônicos, zooplâncton e fitoplâncton); e Levantamento ictiológico.

O Capítulo 5 apresenta o diagnóstico do Meio Socioeconômico, através da caracterização dos seguintes itens: Estrutura econômica e organização social; Usos da água; Captação de água para consumo humano; Mineração de areia e demais atividades de mineração; Inventário de estruturas, balneários, obras civis e ocupação das margens; Áreas legalmente protegidas; e Áreas prioritárias para compensação ambiental.

Cabe observar que, por se tratar de um Relatório de Diagnóstico Ambiental, parte dos temas tratados no presente documento já foram apresentados em relatórios anteriores.



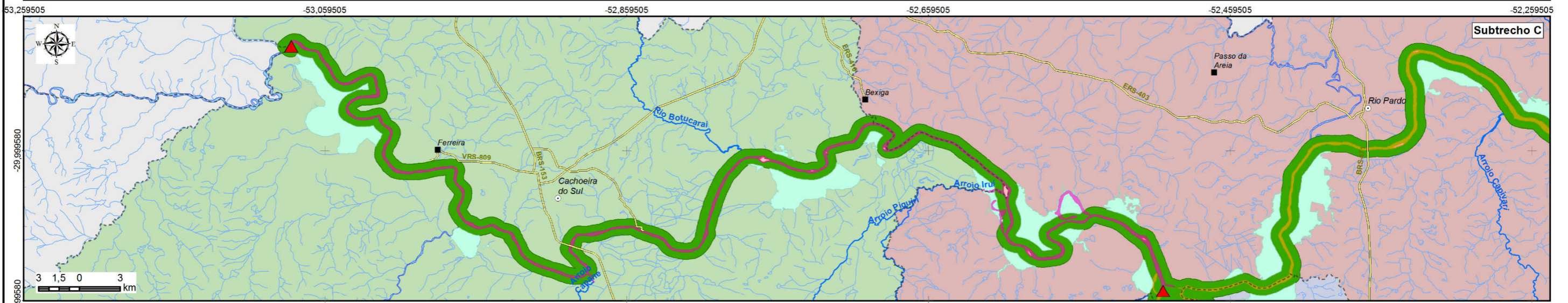
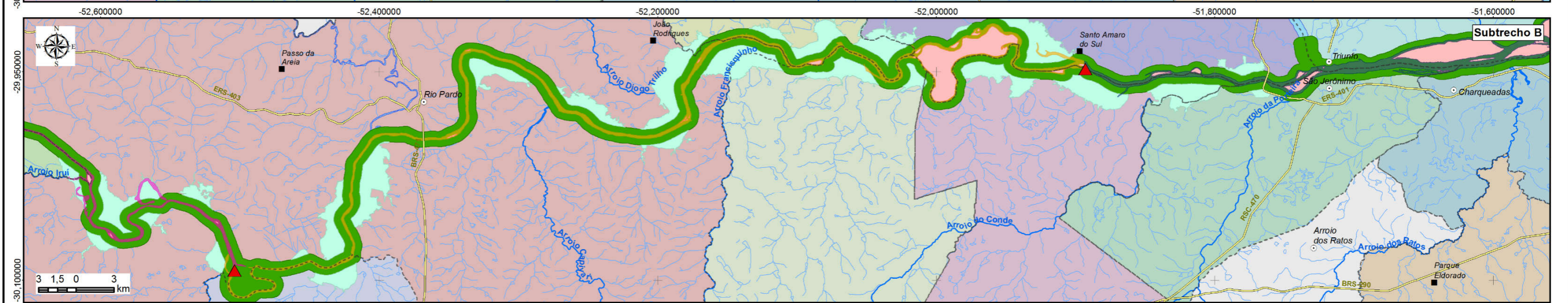
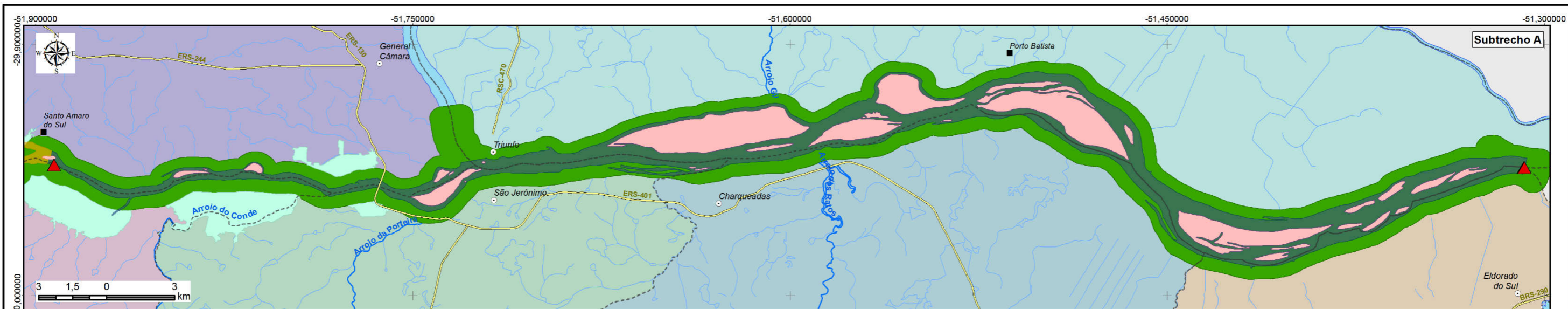
## 2 ÁREA DE ESTUDO

O Zoneamento Ambiental da Atividade de Mineração de Areia foi realizado no espaço físico (área de estudo) ocupado pela calha atual e pelas margens do Rio Jacuí (Área de Preservação Permanente - APP), interceptando os municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande, Minas do Leão, Vale Verde, Butiá, General Câmara, São Jerônimo, Triunfo, Charqueadas e Eldorado do Sul dentro dos limites listados a seguir:

- Longitudinal: entre a Barra do Rio Vacacaí (coordenadas geográficas lat. -29,930961 e long. -53,081593 e a foz do Rio Jacuí (coordenadas geográficas lat. -29,949127 e long. -51,307772); dividido em 3 (três) subtrechos:
  - Subtrecho A: da foz do Rio Jacuí (coordenadas geográficas lat. -29,949127 e long. -51,307772) até a eclusa de Amarópolis (coordenadas geográficas lat. -29,9477948 e long. -51,8928938);
  - Subtrecho B: da Eclusa de Amarópolis (coordenadas geográficas lat. -29,9477948 e long. -51,8928938) até a eclusa do Anel de Dom Marco (coordenadas geográficas lat. -30,0931760 e long. -52,5038530);
  - Subtrecho C: da eclusa do Anel de Dom Marco (coordenadas geográficas lat. -30,0931760 e long. -52,5038530) até a barra do Rio Vacacaí (coordenadas geográficas lat. -29,930961 e long. -53,081593).
- Transversal: Faixa de 500 m para cada lado do canal principal do Rio Jacuí, bem como os ambientes marginais (lagoas, canais abandonados, áreas úmidas e mosaicos de florestas. Nessa área de estudo estão incluídas as APPs do canal principal, de acordo com a Lei Nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012a) (Novo Código Florestal Brasileiro), e de canais secundários (p. ex. trecho a montante da Eclusa de Amarópolis).

O Mapa 2.1a seguir mostra a localização do Rio Jacuí e seus principais afluentes entre a Barra do Vacacaí e a foz, identificando os subtrechos, bem como os municípios interceptados, as ilhas, as lagoas marginais e a APP.





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Vila
- ▲ Coordenadas listadas no TR
- 🛣 Rodovia
- 🌊 Rios principais
- 🌊 Hidrografia
- Rio Jacuí**
- 👉 Subtrecho A
- 👉 Subtrecho B
- 👉 Subtrecho C
- 🏝 Ilhas
- 🌊 Lagoas marginais
- 🟢 Raio de 500 m do canal principal
- ⬭ Limite municipal
- Município**
- 🏠 Fora da área de interesse
- 🏠 Butiá
- 🏠 Cachoeira do Sul
- 🏠 Charqueadas
- 🏠 Eldorado do Sul
- 🏠 General Câmara
- 🏠 Minas do Leão
- 🏠 Pantano Grande
- 🏠 Rio Pardo
- 🏠 São Jerônimo
- 🏠 Triunfo
- 🏠 Vale Verde



Elaboração  
**PROFILL**

RT6 - RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO PRELIMINAR  
**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**

Contratação e fiscalização  
**Fepam**

Sistema de Coordenadas Geodésicas  
Sistema Geodésico de Referência  
SIRGAS2000  
Escala: Indicada

**Mapa 2.1 – Localização da área de estudo interceptada pelos trechos médio e baixo do rio Jacuí**

Fonte de dados:  
- Sede municipal: SEMARS (2018)  
- Limite municipal: SEMARS (2018)  
- Limite estadual: IBGE (2019)  
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)  
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)





## **3 MEIO FÍSICO**

### **3.1 CLIMA**

#### **3.1.1 Introdução**

Os estudos referentes às condições climatológicas apresentados a seguir têm por objetivo caracterizar a situação nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí em relação às condições meteorológicas atuantes, com especial atenção aos dados de precipitação, pois eles influenciam a dinâmica do rio e conseqüentemente os processos de transporte e deposição de volumes de sedimentos, associados à sazonalidade.

A caracterização do clima é desenvolvida a partir de extensas séries de dados meteorológicos que fundamentam as normais climatológicas. As normais climatológicas foram definidas pela OMM (Organização Meteorológica Mundial) como sendo a média de 30 anos de dados meteorológicos.

#### **3.1.2 Caracterização climática regional**

De acordo com o Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2014), devido à sua posição geográfica, o estado está em uma zona de transição climatológica. Os principais sistemas globais impactantes na sua climatologia são os sistemas intertropicais (caracterizados por massas tropicais) e os extratropicais (caracterizados por massas e frentes oriundas do polo sul). Adicionalmente, o estado recebe influência de sistemas regionais ou de mesoescala, representados pela Baixa do Noroeste Argentino e pela Baixa do Chaco. Por fim, a interação entre alguns desses sistemas é responsável por frentes frias cíclicas de curta duração.

Segundo a classificação climática de Köppen, apresentada no Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a), a maior parte do leito do Rio Jacuí está inserida na subdivisão regional Cfall2b (Figura 3.1), predominante na bacia, cuja temperatura média anual é superior a 18°C, e pertencente à região morfoclimática da Peneplanície Sedimentar Periférica, com altitudes inferiores a 400m. Na região localizada no centro-sul da bacia, à margem direita do Rio Jacuí, encontra-se a subdivisão regional tipo Cfall1c, pertencente ao Escudo Sul-rio-grandense Uruguaio, com altitudes inferiores a 400m e temperatura média anual inferior a 18°C.



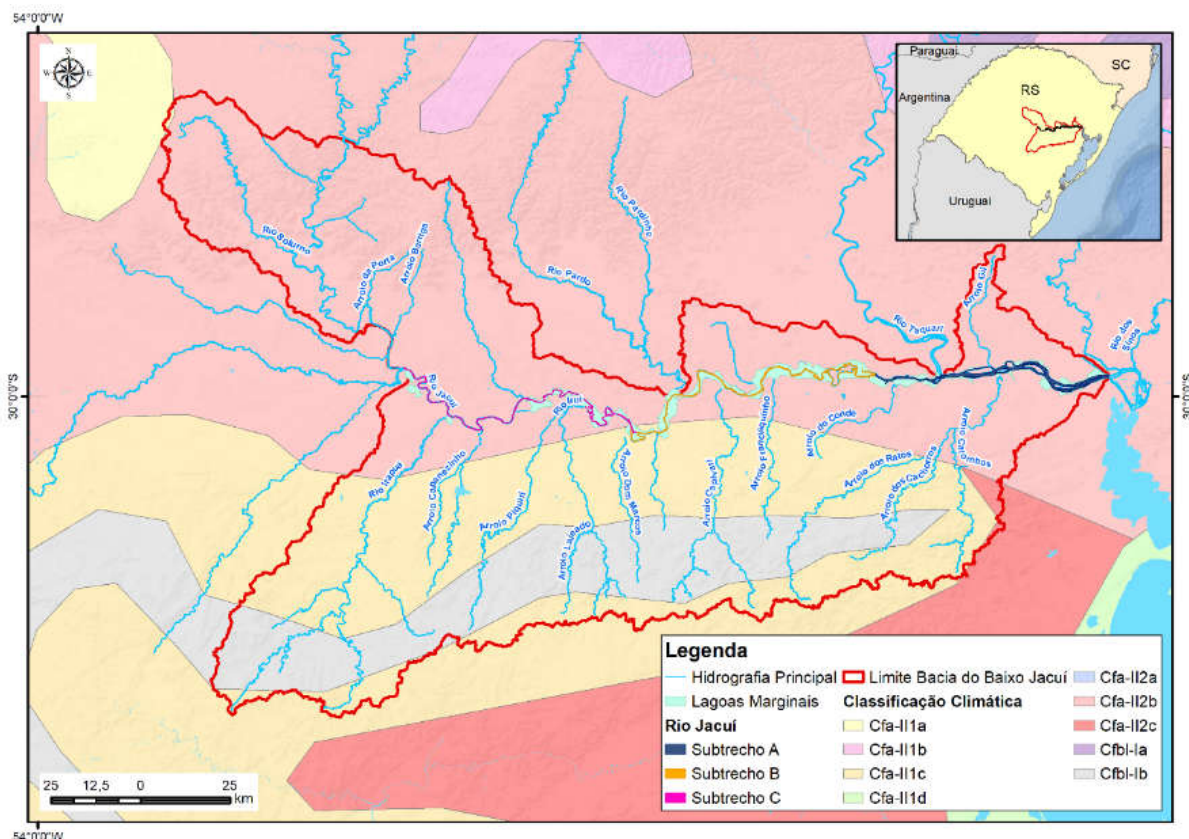


Figura 3.1 – Classificação climática segundo Köppen.

Fonte: Adaptado de MORENO (1961).

### 3.1.3 Metodologia

A delimitação física da área de estudo é uma tarefa complexa, uma vez que é preciso considerar as estações climatológicas existentes que possuam séries históricas representativas. Assim, adotou-se como referência, para enquadrar os estudos, uma área de abrangência regional, de modo a englobar uma rede de observação que permite uma análise climatológica abrangente.

A descrição e interpretação dos dados climatológicos permite compreender os controles climáticos atuantes e a classificar os diferentes tipos climáticos sobre a área de estudo. Para a elaboração deste diagnóstico foram utilizadas fontes secundárias, como as informações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e da Agência Nacional de Águas (ANA), bem como o Atlas Climático do Rio Grande do Sul (MATZENAUER *et al.*, 2011), Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2014), Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a) e Atlas Brasileiro de Desastres Naturais no período de 1991 a 2012 (UFSC/CEPED, 2013).



A distribuição espacial das estações climatológicas na região hidrográfica do Lago Guaíba é irregular, com grandes vazios observacionais. Considerando esse panorama, optou-se por ampliar a área de análise, incluindo estações localizadas no entorno da Bacia. As estações selecionadas (INMET e ANA) são apresentadas no Quadro 3.1 e no Quadro 3.2, respectivamente. A Figura 3.2 apresenta a espacialização dessas estações.

Quadro 3.1– Estações meteorológicas selecionadas – INMET.

Nome da Estação	Código	Altitude	Latitude	Longitude
Campo Bom	83961	25,80	-29,68	-51,05
Encruzilhada do Sul	83964	427,75	-30,53	-52,52
Porto Alegre	83967	46,97	-30,02	-51,22
Santa Maria	83936	95,00	-29,70	-53,70
Triunfo	83954	42,50	-29,86	-51,38

Fonte: Normais Climatológicas, período 1981 a 2010 (INMET, 2014).

Quadro 3.2 – Estações pluviométricas selecionadas - ANA.

Nome	Código	Altitude	Latitude	Longitude
Encantado	2951010	60	-29,23	-51,85
Porto Garibaldi	2951024	15	-29,81	-51,38
Botucari	2952003	80	-29,71	-52,89
Rio Pardo	2952010	15	-29,98	-52,35
Candelária	2952034	40	-29,66	-52,79
Dona Francisca	2953008	25	-29,62	-53,35
Cerro Grande	3051004	120	-30,59	-51,75
Guaíba Country Club	3051005	40	-30,08	-51,63
Butia	3051031	60	-30,15	-51,93
Quitéria	3052011	300	-30,41	-52,07
Serra dos Pedrosas	3052012	400	-30,62	-52,84
Pantano Grande	3052016	40	-30,19	-52,37
São Sepé	3053012	60	-30,18	-53,55
Passo dos Freires	3053017	200	-30,43	-53,71
São Sepé - montante	3053020	60	-30,19	-53,56
Barro Vermelho	3053021	100	-30,14	-53,15

Fonte: Rede de Monitoramento Pluviométrico (ANA, 2013).

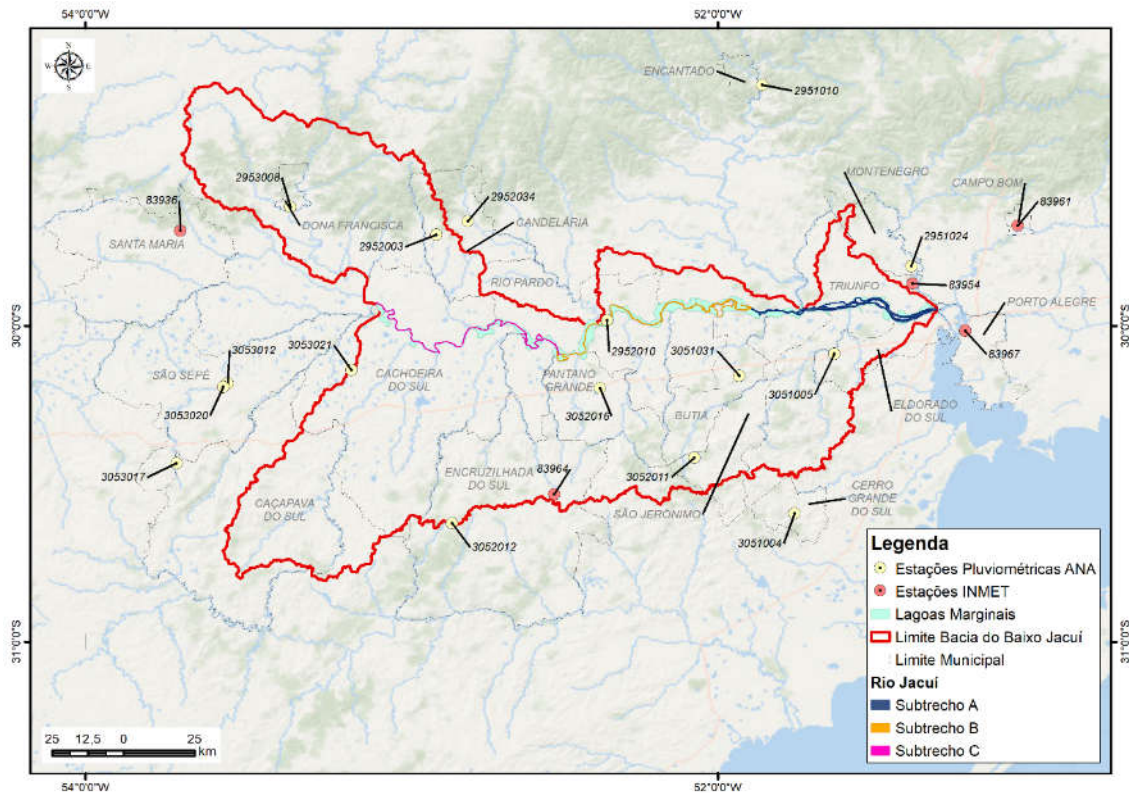


Figura 3.2 – Localização das estações meteorológicas (INMET) e pluviométricas (ANA).  
Fonte: INMET (2014) e ANA (2013).

### 3.1.4 Resultados

Os principais fatores que influenciam localmente no clima são: a cobertura vegetal, o relevo, a existência de corpos d'água, o tipo de solo e a influência antrópica que altera o uso e a ocupação do solo.

As modificações sazonais e espaciais de algumas variáveis que determinam o clima de uma região são obtidas a partir das informações coletadas pelas estações climatológicas. No caso do presente estudo, as informações das normais climatológicas publicadas pelo INMET são as médias mensais de algumas variáveis referentes ao período de 1981 a 2010. Além disso, também foram utilizadas as estações pluviométricas operadas pela ANA, referentes ao período de 1976 a 2005.



### 3.1.4.1 Temperatura

A caracterização da temperatura e da precipitação são os principais elementos para a caracterização climática de uma determinada área. A Temperatura é um parâmetro físico (uma função de estado) descritivo de um sistema que comumente se associa às noções de frio e calor, bem como às transferências de energia térmica, mas que poderia se definir, mais exatamente, sob um ponto de vista microscópico, como a medida da energia cinética associada ao movimento (vibração) aleatório das partículas que compõem um dado sistema físico.

De acordo com a Figura 3.3 e a Figura 3.4, as menores temperaturas ocorrem no mês de julho e as maiores temperaturas ocorrem em janeiro. Sendo a temperatura máxima de 32,2°C, e a temperatura mínima de 8,4°C. A temperatura média anual varia entre 17,3°C e 19,5°C (Figura 3.5). O Mapa 3.1 apresenta as isotermas de temperatura média anual.

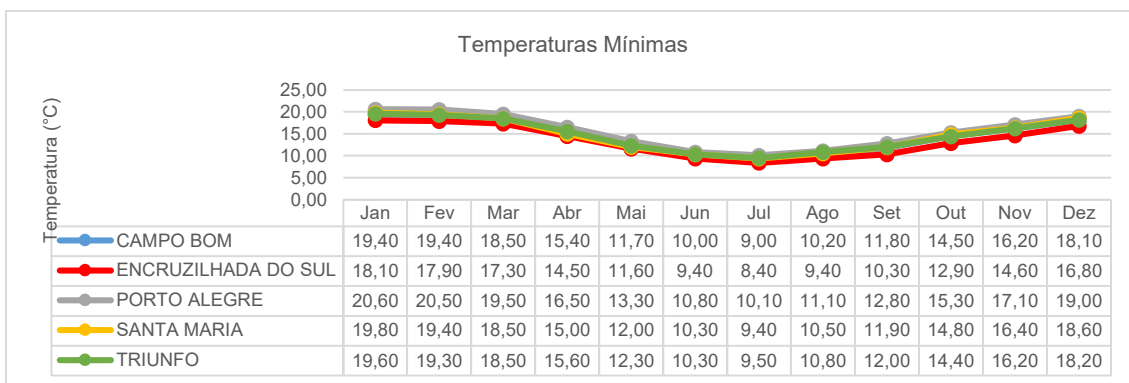


Figura 3.3 – Temperaturas mínimas.  
Fonte: INMET (2014).

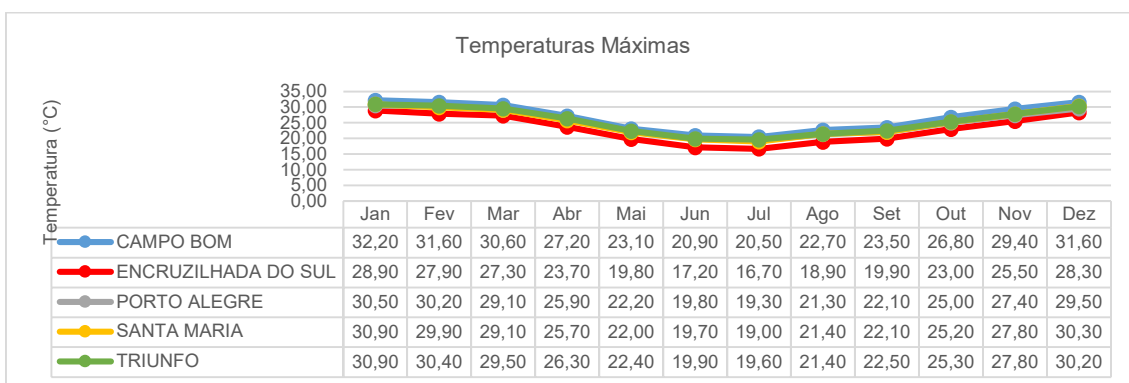


Figura 3.4 – Temperaturas máximas.  
Fonte: INMET (2014).

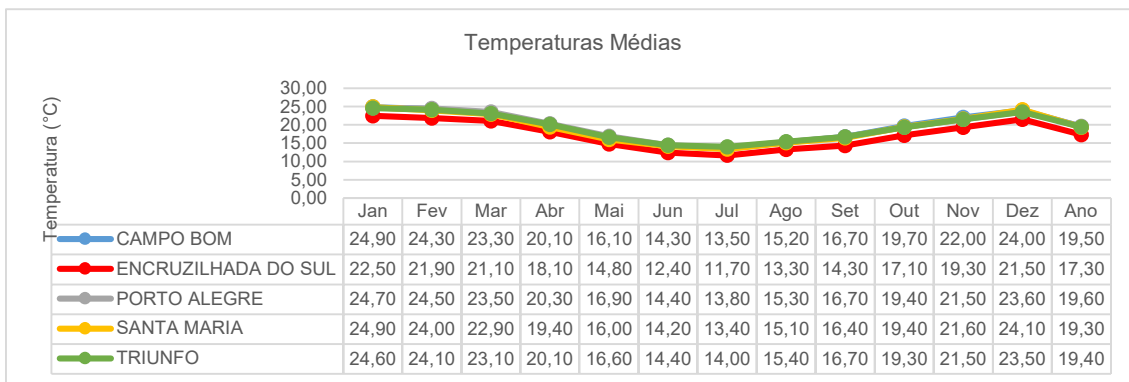
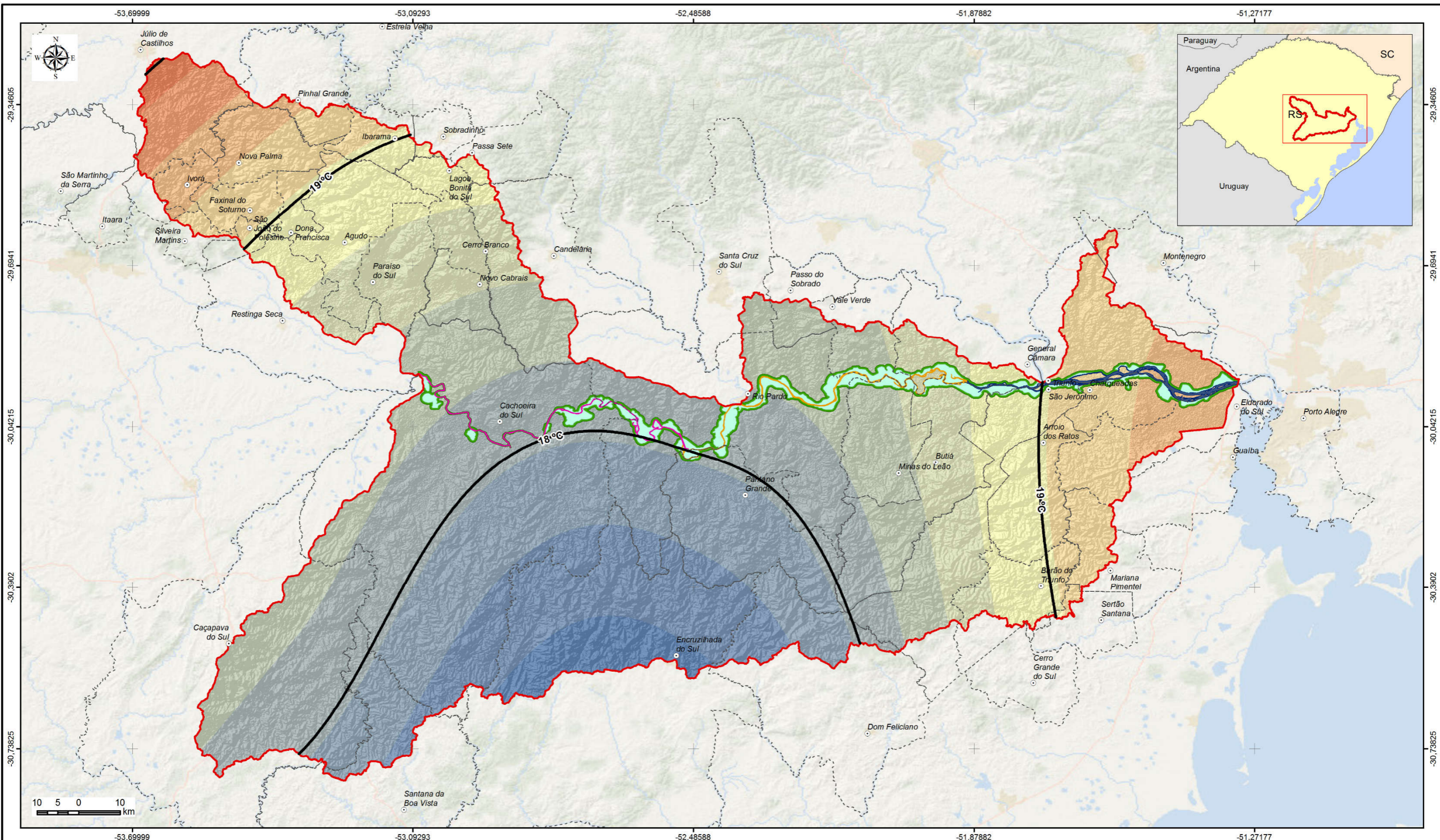


Figura 3.5 – Temperaturas médias.  
Fonte: INMET (2014).





**LEGENDA**

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sede municipal</li> <li>■ Lagoas Marginais</li> <li>■ Área de Preservação Permanente</li> <li>■ Limite Bacia do Baixo Jacuí</li> <li><b>Rio Jacuí</b></li> <li>■ Subtrecho A</li> <li>■ Subtrecho B</li> <li>■ Subtrecho C</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Isotermas de Temperatura (°C)</li> <li><b>Temperatura Média Anual (°C)</b></li> <li>■ 16,6 - 17</li> <li>■ 17,1 - 17,3</li> <li>■ 17,4 - 17,7</li> <li>■ 17,8 - 18</li> <li>■ 18,1 - 18,2</li> <li>■ 18,3 - 18,5</li> <li>■ 18,6 - 18,7</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 18,8 - 19</li> <li>■ 19,1 - 19,3</li> <li>■ 19,4 - 19,6</li> <li>■ 19,7 - 19,8</li> <li>■ 19,9 - 20,2</li> <li>■ 20,3 - 20,5</li> <li>■ 20,6 - 20,9</li> <li>■ 21 - 21,4</li> </ul> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Elaboração  
**PROFILL**

RT6 - RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO PRELIMINAR  
**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**

Contratação e fiscalização  
**Fepam**

Sistema de Coordenadas Geodésicas  
Sistema Geodésico de Referência  
SIRGAS2000  
Escala: 1:900.000

**Mapa 3.1 – Isotermas de Temperatura Média Anual**

Fonte de dados:  
- Sede municipal: SEMARS (2018)  
- Limite municipal: SEMARS (2018)  
- Limite estadual: IBGE (2019)  
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)  
- Temperatura Média: INMET, 2019





### 3.1.4.2 Precipitação

Conforme apresenta o Quadro 3.3, a precipitação total anual da área de estudo varia entre 1.425,2mm (Estação de Porto Alegre) e 1.796,2mm (Estação de Santa Maria). A precipitação é bem distribuída ao longo do ano, sendo dezembro o mês menos chuvoso e julho o mais chuvoso (Figura 3.6). Os registros das médias evidenciam a existência de um período mais chuvoso no inverno, que tem nas perturbações frontais, pré-frontais as suas origens. O Mapa 3.2 apresenta as Isolinhas de precipitação média anual.

Quadro 3.3 – Precipitação total anual (acumulada).

Estação	Precipitação total anual (mm)
Campo bom	1.582,2
Encruzilhada do Sul	1.668,6
Porto Alegre	1.425,2
Santa Maria	1.796,2
Triunfo	1.507,3

Fonte: INMET (2014).

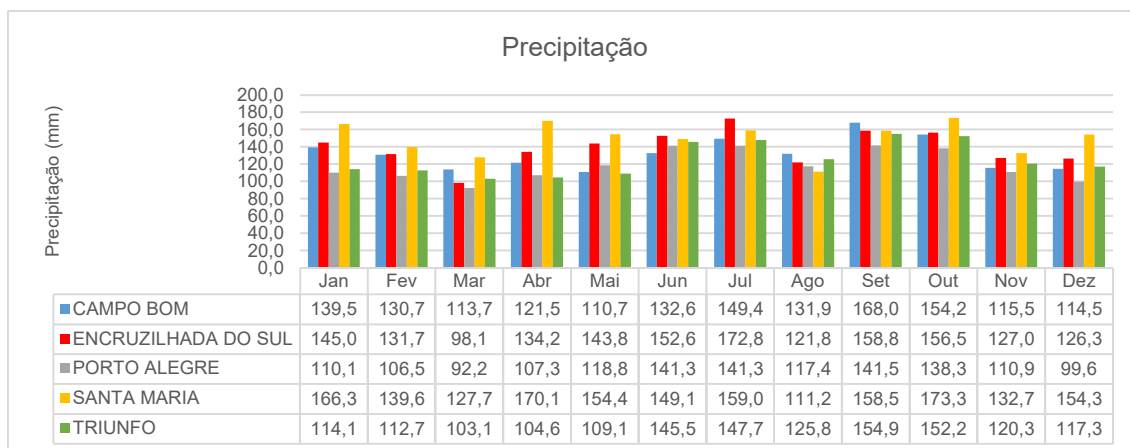
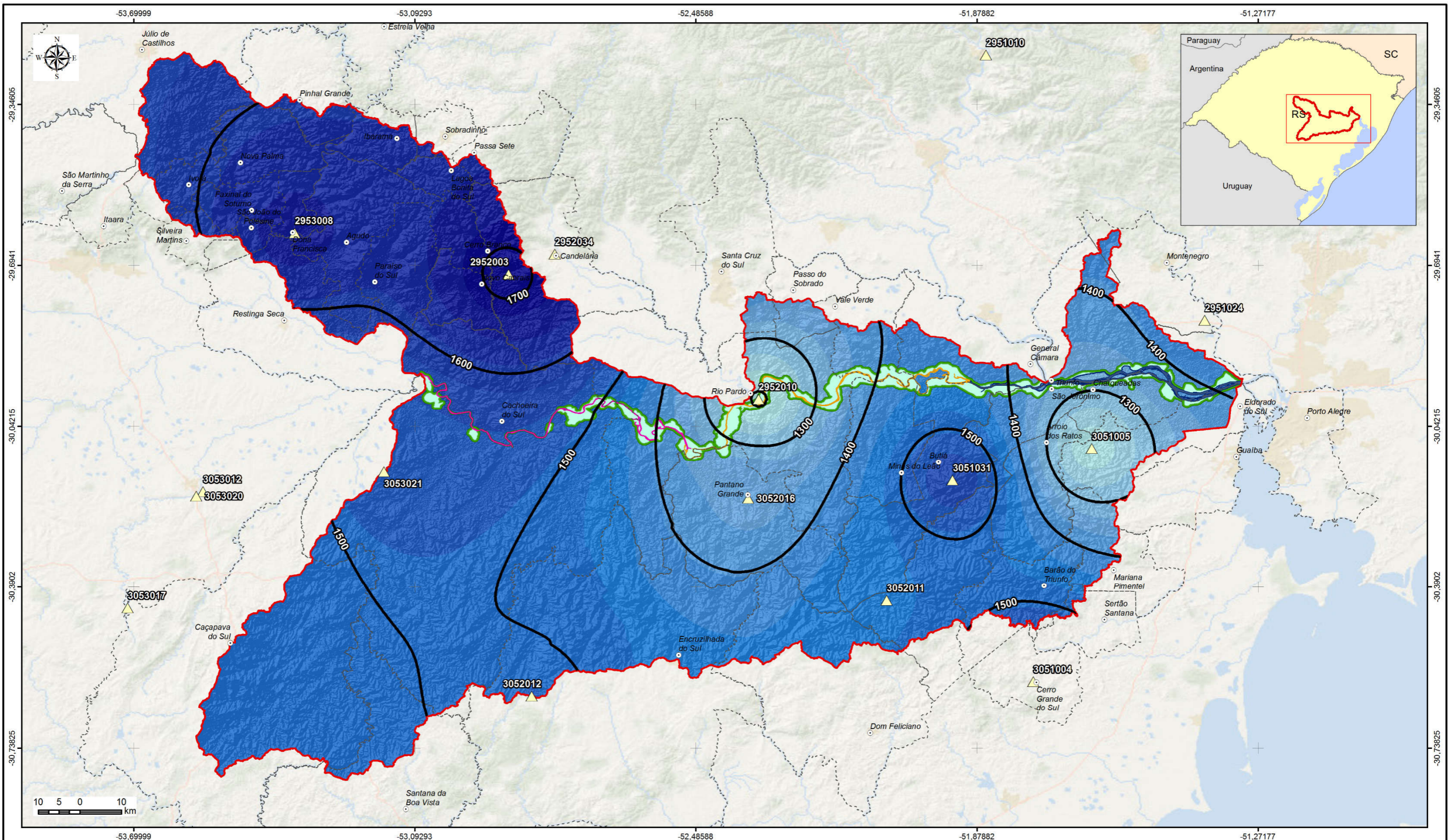


Figura 3.6 – Precipitação média.  
Fonte: INMET (2014).





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Lagoas Marginais
- Área de Preservação Permanente
- Limite Bacia do Baixo Jacuí
- Rio Jacuí**
- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C
- ▲ Estações Pluviométricas ANA
- Isolinhas de Precipitação (mm/ano)
- Precipitação (mm/ano)**
- 1.197 - 1.231
- 1.232 - 1.266
- 1.267 - 1.300
- 1.301 - 1.335
- 1.336 - 1.369
- 1.370 - 1.404
- 1.405 - 1.438
- 1.439 - 1.473
- 1.474 - 1.507
- 1.508 - 1.542
- 1.543 - 1.577
- 1.578 - 1.611
- 1.612 - 1.646
- 1.647 - 1.680
- 1.681 - 1.715

Elaboração  
**PROFILL**

RT6 - RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO PRELIMAR  
**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**

Contratação e fiscalização  
**Fepam**

Sistema de Coordenadas Geodésicas  
Sistema Geodésico de Referência  
SIRGAS2000  
Escala: 1:900.000

**Mapa 3.2 – Mapa de Isolinhas de Precipitação Média Anual**

Fonte de dados:  
- Sede municipal: SEMARS (2018)  
- Limite municipal: SEMARS (2016)  
- Limite estadual: IBGE (2019)  
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)  
- Precipitação: ANA, 2019.





### 3.1.4.3 Umidade Relativa do ar

A umidade relativa é verificada entre a pressão de vapor de água na atmosfera e a saturação da pressão de vapor na mesma temperatura.

A umidade relativa mantém-se alta o ano inteiro para todas as estações, variando entre 68,7 e 86,6%. Esses valores elevados de umidade ocorrem em consequência da influência das massas de ar marítimo tropical que são deslocadas do oceano Atlântico em direção ao continente por ação do Anticiclone do Atlântico Sul (Figura 3.7).

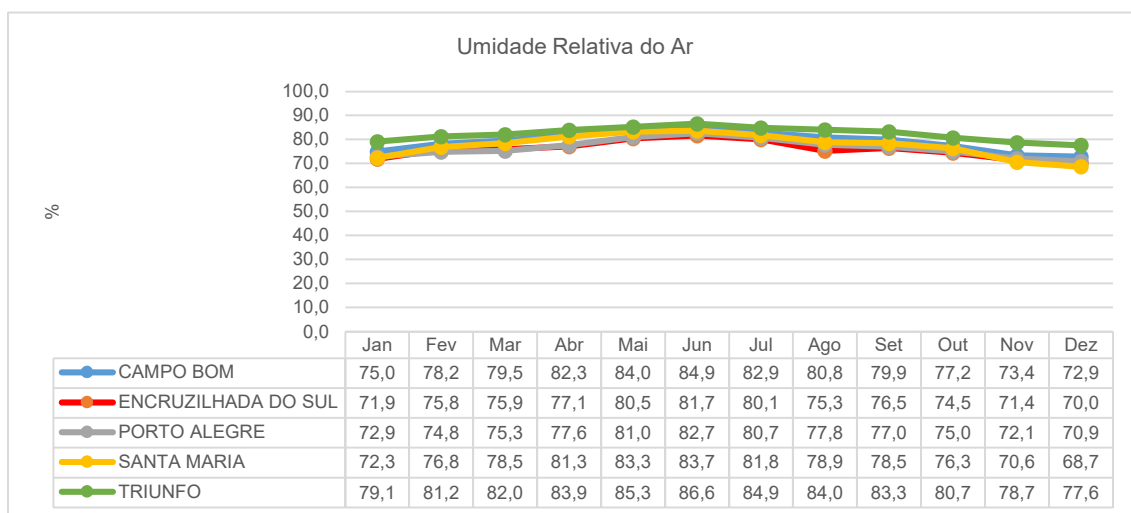


Figura 3.7 – Umidade Relativa do ar.  
Fonte INMET (2014).

### 3.1.4.4 Insolação

A Insolação é o número total de horas de radiação incidente direta, devido à cobertura de nuvens a insolação é sempre menor que a duração efetiva do brilho solar. Se o valor de insolação exceder ao valor da duração efetiva do brilho solar, este valor é descartado da série de dados. O mês de maior insolação é o mês de dezembro com 250 horas e o de menor é junho com 115,6 horas (Figura 3.8).

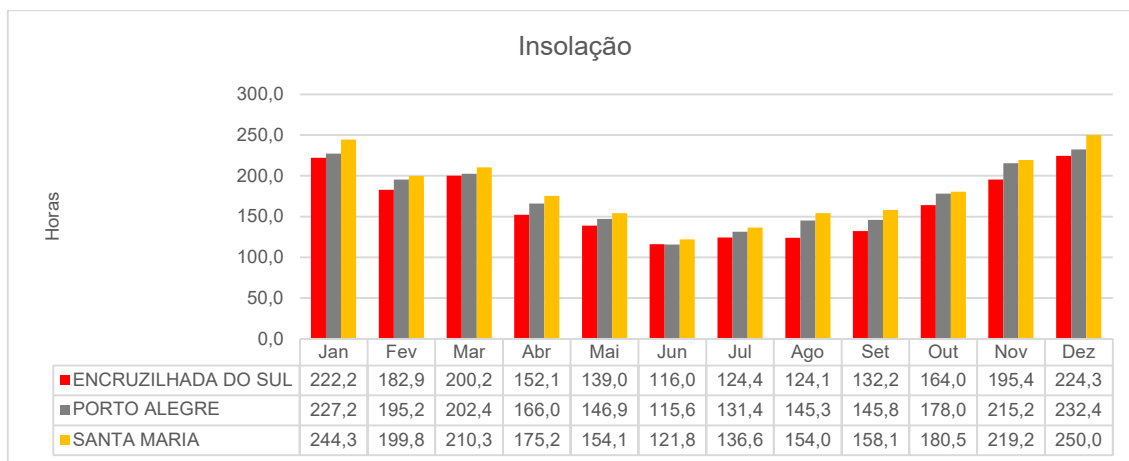


Figura 3.8 – Insolação.  
Fonte INMET (2014).

### 3.1.4.5 Velocidade e direção dos ventos

De acordo com o Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2014), a área de estudo possui ventos predominantes na direção leste, conforme pode ser visualizado na Figura 3.9, a seguir. Quanto à intensidade do vento atuante na área de estudo, é possível verificar na Figura 3.10 que as médias mensais possuem pouca amplitude, variando de 1,5 m/s a 2,8 m/s.

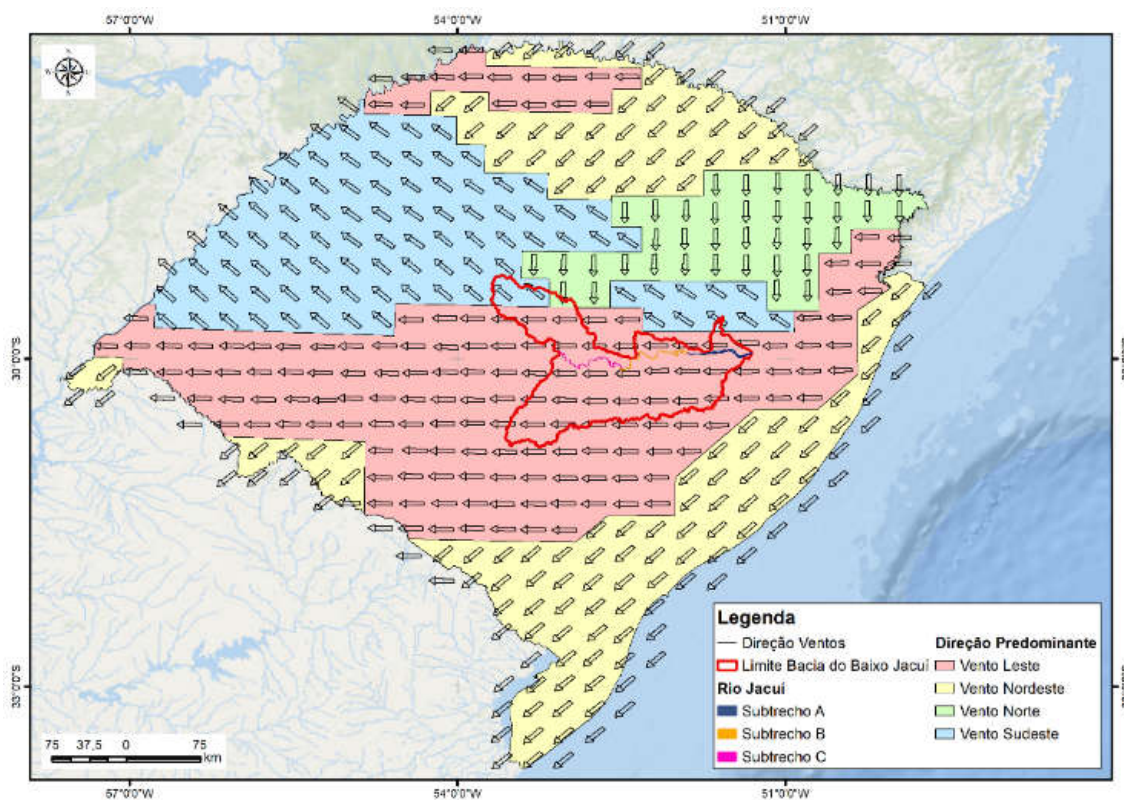


Figura 3.9 – Direção predominante de ventos.  
Fonte INMET (2014).



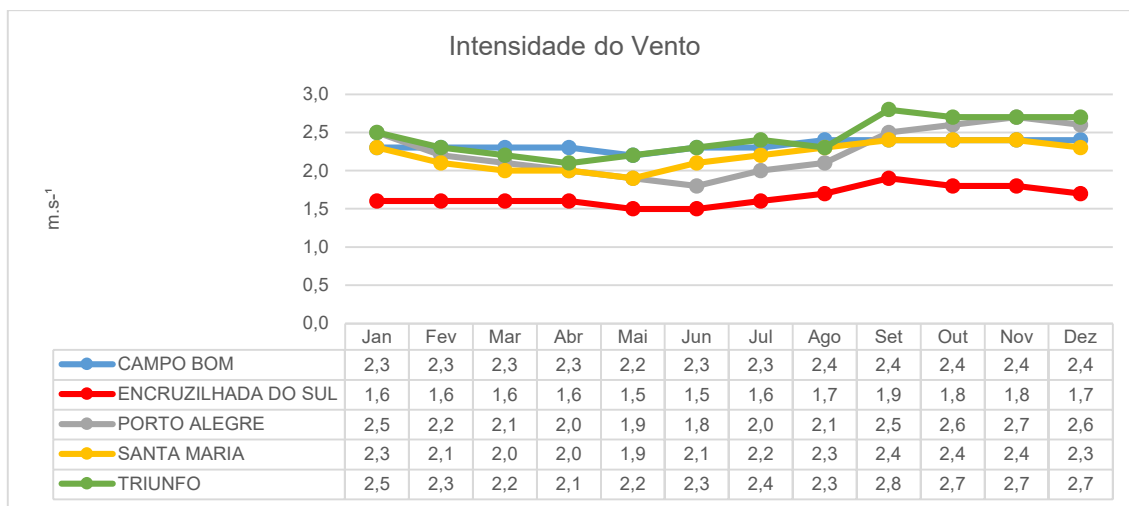


Figura 3.10 – Intensidade do vento.  
Fonte INMET (2014).

### 3.1.4.6 Eventos extremos

O Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (UFSC/CEPED, 2013) apresentou uma análise dos principais eventos relacionados a desastres naturais ocorridos no período de 1991 a 2012. Os documentos utilizados para o resgate histórico desses 22 anos consistem em Relatório de Danos, Avaliação de Danos (AVA-DANs), Notificação Preliminar de Desastre (NOPREDs), Formulário de Informações sobre Desastres (FIDE), decretos, portarias e outros documentos oficiais (relatórios estaduais, ofícios).

As ocorrências aqui apresentadas referem-se às estiagens e secas, às enxurradas, às inundações e aos vendavais, sendo os três primeiros desastres objeto de maior destaque por estarem diretamente associados à questão hídrica. O Quadro 3.4 apresenta uma dessas ocorrências para os municípios interceptados pelo Rio Jacuí.

Quadro 3.4 – Síntese de ocorrências entre 1991 e 2012 nos municípios que interceptam os trechos médio e baixo do Rio Jacuí.

Município	Estiagem e seca	Enxurrada	Inundação	Vendaval	Total
Butiá	1	-	-	3	4
Cachoeira do Sul	6	1	5	1	14
Charqueadas	2	1	4	2	10
Eldorado do Sul	-	-	2	-	2
General Câmara	10	2	5	2	22
Minas do Leão	1	-	4	-	5
Pantano Grande	3	2	2	1	10
Rio Pardo	8	3	2	5	19
São Jerônimo	3	4	6	4	19
Triunfo	1	1	4	3	12
Vale Verde	3	1	1	1	6
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>15</b>	<b>35</b>	<b>22</b>	<b>123</b>



Fonte: UFSC/CEPED (2013).

Os desastres relativos aos fenômenos de estiagens e secas compõem o grupo de desastres naturais climatológicos, conforme a nova Classificação e Codificação Brasileira de Desastres - COBRADE. O conceito de estiagem está diretamente relacionado à redução das precipitações pluviométricas, ao atraso dos períodos chuvosos ou à ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição (CASTRO, 2003). A redução das precipitações pluviométricas relaciona-se com a dinâmica atmosférica global, que comanda as variáveis climatológicas relativas aos índices desse tipo de precipitação.

O fenômeno de estiagem é considerado existente quando há um atraso superior a 15 dias do início da temporada chuvosa e quando as médias de precipitação pluviométrica mensais dos meses chuvosos permanecem inferiores a 60% das médias mensais de longo período da região considerada (CASTRO, 2003).

A estiagem é um dos desastres de maior ocorrência e impacto no mundo, devido, principalmente, ao longo período em que ocorre e à abrangência de grandes áreas (GONÇALVES *et al.*, 2004). Assim, a estiagem, enquanto desastre, produz reflexos sobre as reservas hidrológicas locais, causando prejuízos à agricultura e à pecuária. Dependendo do tamanho da cultura realizada, da necessidade de irrigação e da importância desta na economia do município, os danos podem apresentar magnitudes economicamente catastróficas. Seus impactos na sociedade, portanto, resultam da relação entre eventos naturais e atividades socioeconômicas desenvolvidas na região; por isso a intensidade dos danos gerados é proporcional à magnitude do evento adverso e ao grau de vulnerabilidade da economia local ao evento (CASTRO, 2003).

O fenômeno de seca, do ponto de vista meteorológico, é uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes (CASTRO, 2003). Sendo assim, seca é a forma crônica do evento de estiagem (KOBAYAMA *et al.*, 2006).

Além de fatores climáticos de escala global, como El Niño e La Niña, as características geoambientais podem ser elementos condicionantes na frequência, na duração e na intensidade dos danos e prejuízos relacionados às secas. As formas de relevo e a altitude da área, por exemplo, podem condicionar o deslocamento de massas de ar, interferindo na formação de nuvens e, conseqüentemente, na precipitação (KOBAYAMA *et al.*, 2006). O padrão estrutural da rede hidrográfica pode ser também um condicionante físico que interfere na propensão para a construção de reservatórios e captação de água. O porte da cobertura



vegetal pode ser caracterizado, ainda, como outro condicionante, pois retém umidade, reduz a evapotranspiração do solo e bloqueia a insolação direta no solo, diminuindo também a atuação do processo erosivo (GONÇALVES *et al.*, 2004).

Dessa forma, situações de secas e estiagens não são necessariamente consequências somente de índices pluviais abaixo do normal ou de teores de umidade de solos e ar deficitários. Pode-se citar como outro condicionante o manejo inadequado de corpos hídricos e de toda uma bacia hidrográfica, resultado de uma ação antrópica desordenada no ambiente. As consequências, nesses casos, podem assumir características muito particulares, e a ocorrência de desastres, portanto, pode ser condicionada pelo efetivo manejo dos recursos naturais realizado na área (GONÇALVES *et al.*, 2004).

As estiagens e as secas favorecem uma considerável redução nos níveis de água dos rios e provocam o ressecamento do leito de outros de menor porte. Afetam as áreas produtivas, provocando perdas nas lavouras com prejuízo aos agricultores; comprometem os reservatórios de água, resultando em sede, fome, e na perda de rebanho, bem como em problemas de risco à vida humana. Atingem ainda, de modo negativo, a dinâmica ambiental e a conservação ambiental, à medida que a falta de chuva aumenta também o risco de queimadas.

Esse fenômeno atinge quase todos os municípios interceptados pelos trechos médio e baixo do Rio Jacuí, totalizando 38 registros (Quadro 3.4), sendo a maior concentração em General Câmara (10 registros), seguido de Rio Pardo (8 registros). Os anos de maior ocorrência foram 2004 e 2005, e mais recentemente em 2012.

As enxurradas estão associadas a pequenas bacias de relevo acidentado ou ainda a áreas impermeabilizadas, caracterizadas pela rápida elevação do nível dos rios. Contudo, essas características indicam os locais mais susceptíveis a sua ocorrência, já que elas podem ocorrer em qualquer local.

De 1991 a 2012 (Quadro 3.4) foram identificados 15 eventos de enxurradas, com maior ocorrência em São Jerônimo (4 registros), sendo que em 2001 observou-se o maior número de casos: Charqueadas (1), General Câmara (1), Rio Pardo (2). São Jerônimo (1) e Triunfo (1).

Em relação à frequência mensal, janeiro, julho, novembro e dezembro se destacaram com registros acima da média. Conforme Saito e Susen (2011), o período de novembro de 2009 a janeiro de 2010 foi marcado por episódios de intensas e prolongadas precipitações que provocaram inundações bruscas e graduais no Rio Grande do Sul. De fato, 57% das



enxurradas ocorridas em janeiro foram em 2010. Fato semelhante ocorreu nos meses de novembro e dezembro, nos quais 58% e 49% estavam associados às excessivas precipitações de 2009.

As inundações referem-se à submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.

A magnitude das inundações geralmente é intensificada por variáveis climatológicas de médio e longo prazo e pouco influenciáveis por variações diárias de tempo. Relaciona-se muito mais com períodos demorados de chuvas contínuas do que com chuvas intensas e concentradas. Em condições naturais, planícies e fundos de vales estreitos apresentam lento escoamento superficial das águas das chuvas, e nas áreas urbanas esses fenômenos são intensificados por alterações antrópicas, como a impermeabilização do solo e a retificação e o assoreamento de cursos d'água (TAVARES e SILVA, 2008).

Essas alterações tornam-se um fator agravante, uma vez que a água é impedida de se infiltrar, aumentando ainda mais a magnitude da vazão de escoamento superficial. Outro fator importante é a frequência das inundações, a qual, quando é pequena, a população despreza a sua ocorrência e não percebe que vai aumentando significativamente a ocupação das áreas inundáveis (TUCCI, 1997), podendo desencadear situações graves de calamidade pública.

No Rio Grande do Sul foram feitos 413 registros oficiais de inundações excepcionais caracterizadas como desastre, entre os anos de 1991 e 2012. O Atlas identificou uma frequência anual de registros de desastres no estado a partir da década dos anos 2000, apresentando, no entanto, algumas lacunas. O ano de 1992 se destaca com 85 registros. Neste ano, a região sul do Brasil esteve sob influência do fenômeno El Niño (forte), que provoca chuvas abundantes e acima da média (GRIMM *et al*, 1998). A maior parte das ocorrências de inundações no estado foi no fim de maio e início de junho. Segundo Berlato e Fontana (2003), na época entre o fim do outono e o começo do inverno ocorre um período de "repique" do fenômeno El Niño, ocasionando um novo aumento na intensidade e frequência das chuvas.

O ano de 2009 também apresentou um número expressivo de desastres por inundações, totalizando 82 ocorrências. Destas, 41 foram registradas somente no mês de novembro. Essas chuvas estiveram associadas principalmente à atuação da corrente de jato em baixos níveis, mecanismo que traz umidade da Amazônia em direção ao sul do país. No Rio Grande do Sul os acumulados mensais excederam a média histórica em até 500mm.



Em relação à frequência mensal de todos os registros de inundações (Figura 3.11), foi possível verificar uma recorrência maior dos desastres nos meses de primavera, que representam 36% do total de registros. O mês de novembro foi o mais afetado, com 70 episódios. Esses registros, em sua maioria, correspondem aos eventos severos de 2009 e 2010, que afetaram grande parte dos municípios gaúchos. No entanto, ao analisar as médias mensais do estado entre os anos de 1991 e 2010 (ANA, 2010), percebe-se que o mês de novembro tem característica chuvosa, com média de 142,5 mm.

As chuvas podem estar atreladas aos avanços dos sistemas frontais favorecidos pelo El Niño Oscilação Sul - ENOS, que durante seu período de atuação intensifica os períodos de chuvas na região sul. A influência do ENOS na distribuição da precipitação pluvial foi mais intensa na porção oeste do estado nos meses de outubro e novembro (BRITTO, 2004).

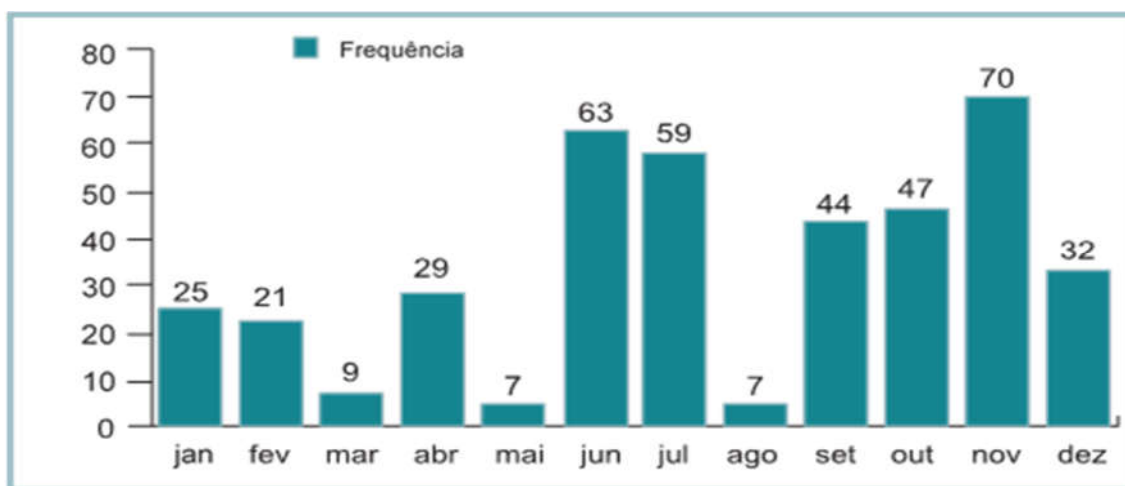


Figura 3.11 – Frequência mensal de desastres por inundações no Rio Grande do Sul, no período de 1991 a 2012.

Fonte: UFSC/CEPED (2013).

Já o regime de latitudes médias é bem caracterizado no sudeste do Rio Grande do Sul, onde são observados eventos máximos de precipitação no inverno, entre julho e setembro, resultantes da penetração de sistemas frontais e da passagem e formação de ciclones extratropicais migratórios.

As precipitações prolongadas durante o período chuvoso podem originar consequências negativas para comunidades de alguns municípios, por conta da elevação dos níveis dos rios no estado. No período de 1991 a 2012 foram registrados, oficialmente, 16 mortos, 375 feridos, 884 enfermos, 27.541 desabrigados, 89.733 desalojados e 10.672 pessoas atingidas por outros tipos de danos. Nos municípios interceptados pelo Rio Jacuí, no período considerado (Quadro 3.4), foram registradas 35 ocorrências, com maior incidência de casos registrados em São Jerônimo (6), Cachoeira do Sul (5) e General Câmara (5).





## 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA

### 3.2.1 Introdução

O presente item trata da caracterização da rede hidrográfica na área de interesse do Zoneamento Ambiental. Para tanto, serão apresentadas informações relativas à:

- Caracterização da bacia hidrográfica;
- Situação dos canais naturais e suas propriedades hidráulicas;
- Evolução da morfologia dos cursos de água;
- Erosão dos solos e;
- Situação do leito dos rios.

Essa abordagem permitirá uma compreensão da situação geral da hidrografia na área de interesse (caracterização das bacias, situação dos canais naturais), bem como delimitar alguns aspectos da dinâmica fluvial (morfologia, erosão e situação do leito dos rios).

### 3.2.2 Bacia hidrográfica

A descrição das bacias hidrográficas e suas características se faz necessária para o correto entendimento da hidrografia de uma determinada região de interesse.

A bacia hidrográfica é entendida por uma área de captação natural, que drena todos os seus contribuintes para um único ponto de saída, conhecido como exutório. O exutório, por sua vez, consiste na seção transversal pela qual se deseja obter informações quantitativas das variáveis hidrosedimentológicas correspondentes a uma determinada área. Observados esses aspectos, o Mapa 3.3 apresenta a localização das bacias contribuintes do rio Jacuí:

Conforme a Divisão Hidrográfica do Estado do Rio Grande do Sul, estabelecida pelo Decreto Estadual nº 53.885 (16 de janeiro de 2018), o rio Jacuí abrange mais de uma Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, que também se constituem em Bacias Hidrográficas.



A Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) informa que a Bacia do Baixo Jacuí está inserida na Região Hidrográfica do Guaíba. A rede de drenagem que forma a bacia está subdividida em cinco unidades de planejamento do Sistema Estadual de Recursos Hídricos listadas a seguir com seus respectivos códigos:

- Taquari-Antas (G040);
- Vacacaí – Vacacaí-Mirim (G060);
- Baixo Jacuí (G070);
- Alto Jacuí (G050);
- Pardo (G090).

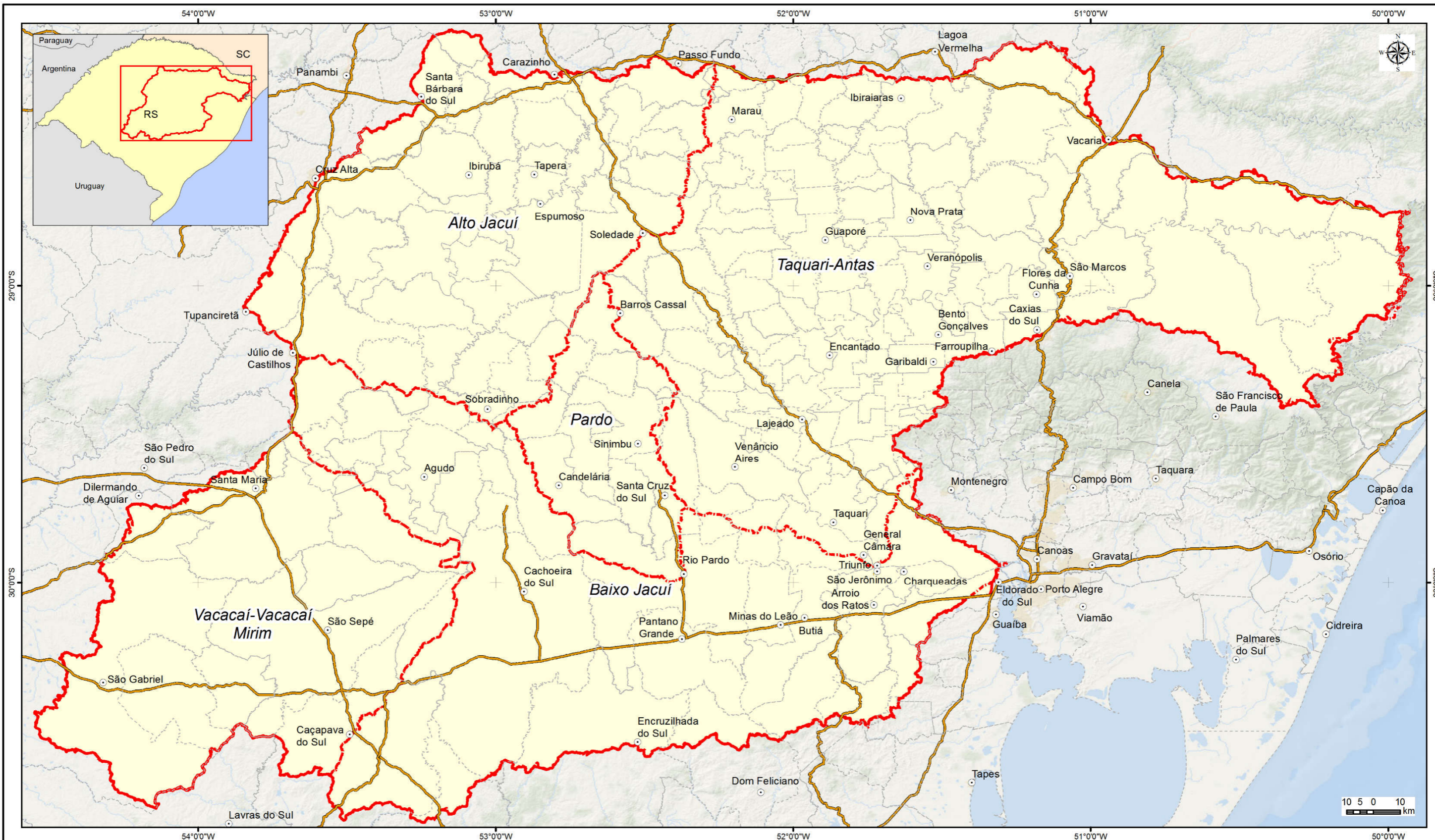
A bacia hidrográfica do Taquari-Antas (G040) corresponde ao principal afluente da margem esquerda do rio Jacuí, sendo descrita por RS (2011), no relatório técnico 1, como sendo composta total ou parcialmente por 119 municípios, os quais abrangem 26.415,45 km<sup>2</sup>, área correspondente a 9,38% da área territorial do Rio Grande do Sul.

A bacia hidrográfica dos rios Vacacaí – Vacacaí Mirim (G060), notadamente o Rio Vacacaí, corresponde ao principal afluente da margem direita do rio Jacuí, e, conforme informado pela Secretária Estadual do Meio Ambiente (SEMA), ainda não possui o plano de recursos hídricos. A área dessa unidade de planejamento e gestão compreende parcial ou totalmente 14 municípios e contempla 11.077,34 km<sup>2</sup>, representando 3,93% da área territorial do Rio Grande do Sul.

Segundo informa RS (2005), a bacia hidrográfica do Rio Pardo (G090) corresponde a mais um importante contribuinte da margem esquerda do rio Jacuí, com área de drenagem correspondente a 3.636,79 km<sup>2</sup>, distribuída entre 13 municípios, o que representa 1,29% da área do Rio Grande do Sul.

Finalmente, as áreas de contribuição direta ao rio Jacuí configuram duas unidades de planejamento e gestão (conforme o Decreto anteriormente citado): o Alto Jacuí (G050) e o Baixo Jacuí (G070).





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Rodovia
- Sub-bacias afluentes (Unidades de Planejamento)
- Bacia do Baixo Jacuí
- Limite municipal



RT6 - RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**



Sistema de Coordenadas Geodésicas  
Sistema Geodésico de Referência  
SIRGAS2000  
Escala: 1:1.400.000

**Mapa 3.3 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Jacuí, com indicação das principais sub-bacias de formadoras**

Fonte de dados:  
- Sede municipal: SEMARS (2018)  
- Limite municipal: SEMARS (2018)  
- Limite estadual: IBGE (2019)  
- Rodovia: SEMARS (2018)  
- Sub-bacias e bacia: DRH/SEMA (2015)





A bacia hidrográfica do Alto Jacuí (G050) representa a contribuição de montante ao baixo rio Jacuí e está descrita no relatório 1 de RS (2012), abrangendo total ou parcialmente 41 municípios em uma área de 13.070,06 km<sup>2</sup>, o que representa 4,64% do território gaúcho.

De acordo com RS (2014), no relatório técnico 1, o Baixo Jacuí (G070) contempla 40 municípios, os quais abrangem 17.332,9 km<sup>2</sup>, equivalentes a 6,15% da área territorial do Rio Grande do Sul.

A área de estudo deste trabalho, denominada como “médio e baixo curso do rio Jacuí” se estende às seguintes bacias hidrográficas: Baixo Jacuí (G070), Vacacaí-Vacacaí Mirim (G060), Rio Pardo (G090) e Taquari (G040). No entanto, entende-se como válida a apresentação da área das bacias contribuintes do rio Jacuí, uma vez que a hidrografia do trecho de interesse, Médio Baixo Jacuí, reflete os efeitos do escoamento que vem dos cursos de água situados nas partes altas da bacia hidrográfica.

### **3.2.3 Canais e suas propriedades**

Um canal, segundo Netto e Fernández (2015), consiste em um conduto no qual a água escoar em superfície livre, ou seja, está sujeito à pressão atmosférica. Assim, os cursos de água naturais constituem o melhor exemplo de condutos livres. O Mapa 3.4 apresenta a rede de drenagem correspondente às bacias contribuintes do rio Jacuí delimitada a partir do modelo hidrológico SWAT, tendo como base o modelo digital de elevação para o estado do Rio Grande do Sul fornecido por Weber *et al.* (2004).

Chow (2009) descreve que os canais naturais incluem todos os cursos de água que existem naturalmente na terra, variando em tamanho desde os pequenos riachos, córregos, pequenos rios, grandes rios e estuários. Os fluxos de água subterrâneos sujeitos à pressão atmosférica também são considerados canais naturais.

Nesse sentido, o Mapa 3.4, ao descrever a hidrografia do rio Jacuí e seus tributários, a partir do modelo hidrológico SWAT, informa que o canal principal do rio apresenta 582,42 km. Dessa parcela, 221 km se referem ao comprimento do canal principal da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, e 361,36 km correspondem ao comprimento do canal principal na bacia hidrográfica do Baixo Jacuí.



Por sua vez, a hidrografia referente à bacia hidrográfica do Rio Vacacaí aponta que o canal principal da referida bacia apresenta aproximadamente 219,04 km. A bacia hidrográfica do Rio Pardo apresenta 134,28 km de comprimento do canal principal. Por fim, a bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas apresenta uma hidrografia com aproximadamente 512,2 km de comprimento do canal principal.





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rodovia
- Sub-bacias afluentes (Unidades de Planejamento)
- Bacia do Baixo Jacuí
- - - Limite municipal

Elaboração  
**PROFILL**

RT6 - RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO PRELIMINAR  
**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**

Contratação e fiscalização  
**Fepam**

Sistema de Coordenadas Geodésicas  
 Sistema Geodésico de Referência  
 SIRGAS2000  
 Escala: 1:1.400.000

**Mapa 3.4 – Hidrografia da bacia hidrográfica do Rio Jacuí, com indicação das principais sub-bacias de formadoras**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: SEMARS (2018)  
 - Limite municipal: SEMARS (2018)  
 - Limite estadual: IBGE (2019)  
 - Rodovia: SEMARS (2018)  
 - Hidrografia: DRH/SEMA (2015)  
 - Sub-bacias e bacia: DRH/SEMA (2015)





Devido a sua formação natural, os canais apresentam-se geralmente irregulares em termos de suas propriedades hidráulicas. A compreensão do comportamento da vazão em cursos naturais requer o conhecimento dos aspectos hidrológicos, do transporte de sedimentos, entre outros.

Conforme explica Chow (2009), as seções transversais dos canais naturais (Figura 3.12) são em geral bastante irregulares. Para canais sujeitos a vazões frequentes observa-se uma seção principal, tida como a calha do rio, transportando vazões normais, e uma ou mais seções laterais do canal para acomodar os transbordamentos, conhecida como calha de inundação. Devido às características irregulares da seção de um canal natural, a velocidade de escoamento apresenta distribuição conforme a geometria de cada seção, e o material que forma o leito e as margens do curso de água.

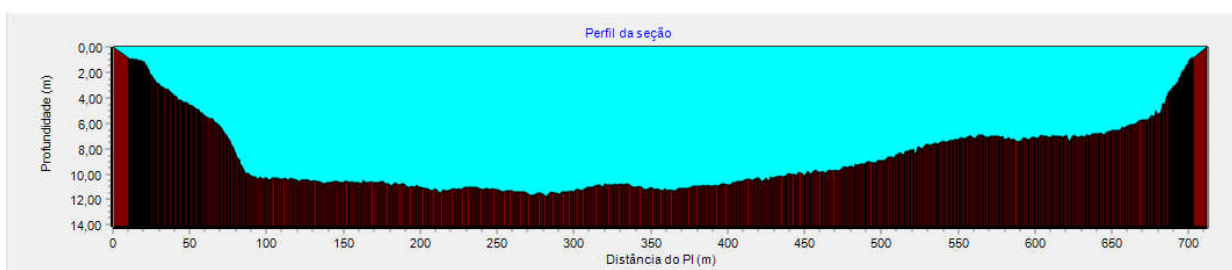


Figura 3.12- Seção transversal do rio Jacuí no exutório da bacia hidrográfica.

Nesse sentido, o escoamento em canais naturais ocorre por um conjunto de fatores, com destaque para:

- Climatologia e tectônica;
- Bacia hidrográfica, geologia, topografia, clima e vegetação;
- Geometria do canal, vazão, transporte sólido, erosão e deposição nos rios, planícies e deltas.

Outro fator importante que acaba impactando no escoamento em canais naturais são as ações antrópicas a exemplo de:

- Agricultura;
- Urbanização;
- Retificações e proteções de margens;
- Construção de pontes, pilares e tomadas de água.



### **3.2.4 Evolução dos cursos de água**

Em uma bacia hidrográfica, a rede de drenagem é composta por um canal principal e todos os seus tributários, os quais drenam a água dos pontos de maior altitude para os de menor altitude. No caso do rio Jacuí, pode-se dizer que os cursos de água que formam a hidrografia apresentam-se divididos em três partes, nomeadamente: curso superior; curso médio; e curso inferior.

No curso superior (zonas de maior altitude) dos referidos canais, normalmente predomina o transporte seixo e cascalho, no curso médio (zonas de altitude média) passa a predominar o transporte de areia e no trecho inferior (zonas de altitude baixa) predomina o silte e a argila. Tais características são percebidas em bacias hidrográficas naturais sem intervenção humana nos cursos de água.

A área da bacia hidrográfica, que não está contida na rede de drenagem composta pelos rios, é conhecida como interflúvios ou vertentes. Os interflúvios ou vertentes são descritos por Paz (2004) como áreas nas quais ocorrem a captação da precipitação e consequente produção de sedimentos. Por sua vez, a rede de drenagem responde pelo caminho preferencial de transporte de água e sedimentos, e as planícies aluviais, ou várzeas, conforme explica Paz (2004), respondem por pontos marginais à calha do rio, principalmente nas áreas baixas da bacia hidrográfica, sendo uma área que funciona estocando e produzindo sedimentos para o rio. Em períodos de estiagem, ao ocorrer alguma precipitação, essas áreas produzem sedimentos para o rio, enquanto que em períodos de cheia, quando o escoamento ultrapassa a calha principal do rio e passa a escoar sobre a planície, observa-se a deposição de sedimentos nessas zonas, devido a menores velocidades nessa região com profundidades menores e obstáculos ao escoamento.

Observa-se assim que a composição da hidrografia, por seus canais fluviais, atende por uma estrutura que se autodeforma, tendo como finalidade primordial transportar, de um ponto a outro, certas quantidades de água e sedimentos.

Naturalmente, são observadas deformações na hidrografia de uma bacia hidrográfica, podendo ser de curta duração (minutos) a longa duração (anos). Em termos de curta duração pode-se citar erosão localizada nas margens côncavas dos rios e deposição nas margens convexas. Já se tratando de longa duração, verifica-se a migração de meandros e assoreamento da planície.



Nesse sentido, verifica-se que os fenômenos responsáveis pela autodeformação dos canais fluviais são os processos de erosão e depósito, o que impacta diretamente na largura do rio, cota de fundo e rugosidade.

O entendimento dessas características mostra que os processos de formação das calhas dos rios estão diretamente associados aos meios líquido e sólido. Desse modo, em um rio, as variáveis que descrevem a situação do canal em termos morfológicos e hidráulicos reagem rapidamente a qualquer perturbação do equilíbrio. Por sua vez, tais variáveis são influenciadas pela vazão geradora, propriedades dos fluídos e dos sedimentos que regem o comportamento do sistema.

Considerando esses aspectos, e que o relevo de uma bacia hidrográfica está diretamente associado aos processos hidrológicos desta, a Figura 3.13 apresenta a curva hipsométrica do rio Jacuí, no qual se verifica o relevo em relação ao percentual acumulado da área referente a cada cota. Observa-se elevação mínima de 1m, elevação máxima de 1293m, e a elevação média de 633m.

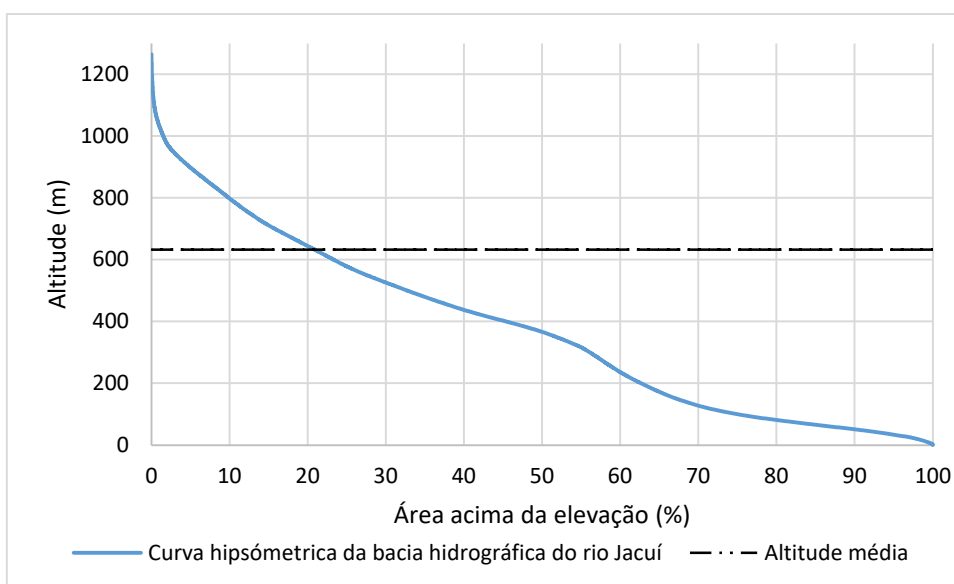
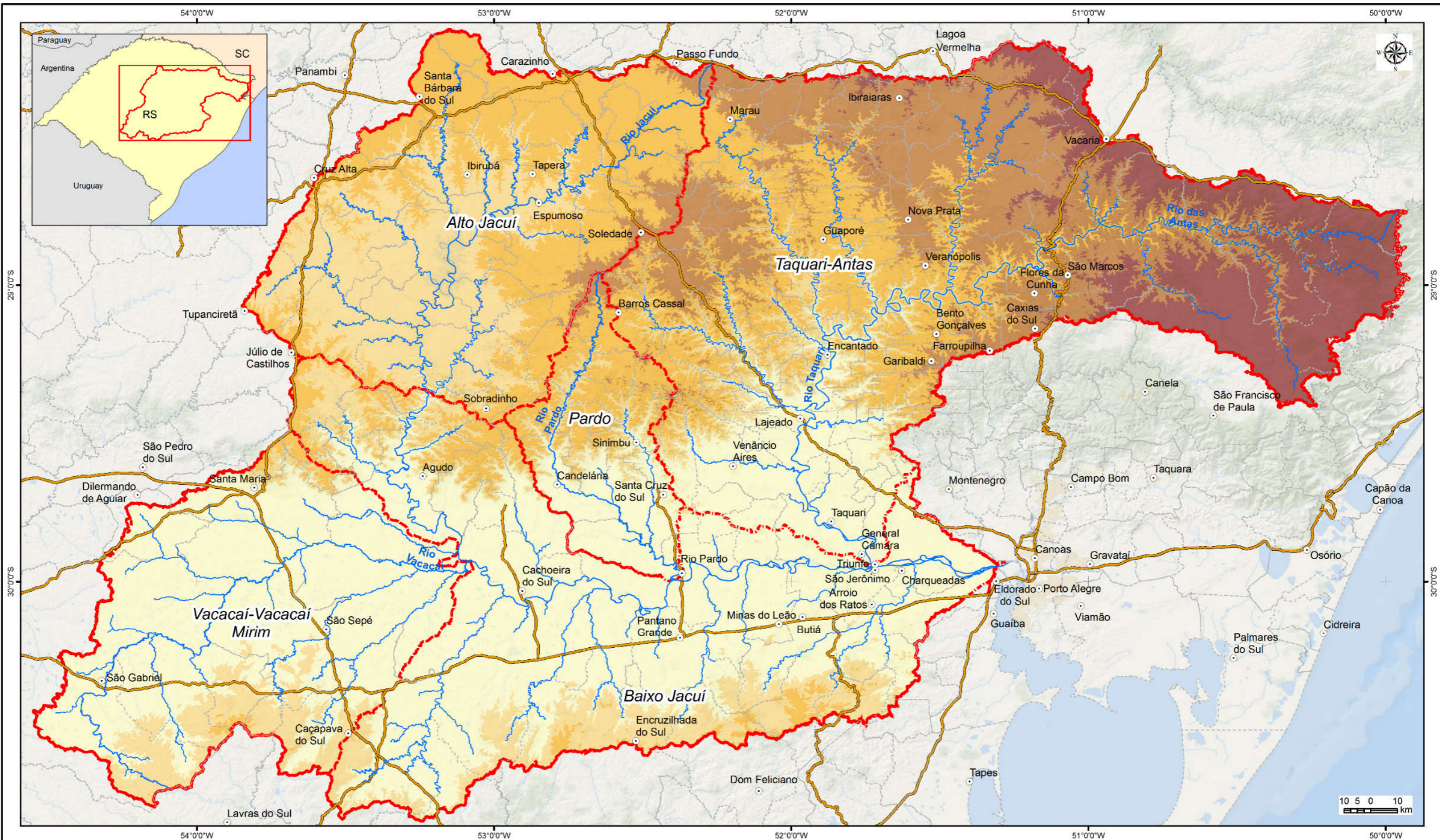


Figura 3.13 - Curva hipsométrica do rio Jacuí.

Por sua vez, o Mapa 3.5 apresenta a hipsometria das bacias contribuintes do rio Jacuí, considerando cinco classes de altitude, espaçadas a cada 211m.





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rodovia
- Sub-bacias afluentes (Unidades de Planejamento)
- Bacia do Baixo Jacuí
- Limite municipal

Elevação (m)	
1 - 211	211,1 - 422
422,1 - 633	633,1 - 844
844,1 - 1.293	



RT6 - RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**



Sistema de Coordenadas Geodésicas  
Sistema Geodésico de Referência  
SIRGAS2000  
Escala: 1:1.400.000

**Mapa 3.5 – Mapa hipsométrico das bacias contribuintes do rio Jacuí, com indicação dos formadores**

Fonte de dados:  
- Sede municipal: SEMARS (2016)  
- Limite municipal: SEMARS (2018)  
- Limite estadual: IBGE (2019)  
- Rodovia: SEMARS (2018)  
- Hidrografia: DRH/SEMARA (2015)  
- Sub-bacias e bacia: DRH/SEMARA (2015)  
- Elevação: SRTM





### 3.2.5 *Erosão dos solos*

Conforme descrito nos itens anteriores, a formação da hidrografia está diretamente associada ao transporte e à deposição de sólidos nas bacias hidrográficas. Assim, é necessário compreender os processos que originam os sólidos transportados na rede de drenagem. Dentre esses processos, a erosão apresenta-se com grande importância, pois diz respeito a ela o processo de desprendimento de partículas do solo, das rochas ou dos sedimentos, do seu local original por meio da ação da água ou de outro agente de intemperismo, podendo ser influenciada por atividades antropogênicas sobre esse processo.

A erosão acontece naturalmente em escala geológica, moldando a superfície terrestre, no solo e nos cursos de água (Figura 3.14). A erosão no solo ocorre em situações nas quais o solo apresenta-se exposto, enquanto a erosão nos cursos de água ocorre nas margens e no leito dos rios devido ao escoamento superficial.



Figura 3.14 - Processo erosivo na margem esquerda do rio Taquari-Antas.

Como os processos erosivos ocorrem naturalmente em razão do clima, do solo, do relevo, da cobertura vegetal e do uso da terra, os sedimentos que foram desprendidos e transportados serão depositados em zonas favoráveis a tal deposição, sejam nos pés das vertentes, nos vales ou nos leitos dos rios.

### 3.2.6 *Leito dos rios*

Na observação dos cursos de água, verifica-se que o nível do manancial apresenta variações ao longo do tempo, sejam minutos, dias, meses e anos. A variação do nível do rio faz com que ele ocupe determinadas áreas da calha natural, as quais são conhecidas como leito menor, leito médio e leito maior.



O leito menor atende pela parcela do canal do leito maior no qual o nível do rio é inferior ou igual ao nível dessa seção durante 10 dias ao longo de um ano. Isto é, o leito menor atende pelo leito em que a água escoava durante as estiagens. Já o leito médio diz respeito à seção do manancial onde o nível não excede em mais de 50% do tempo, sendo este o comportamento normal do rio. Por fim, o leito maior compreende a seção transversal ocupada pelo escoamento antes do rio transbordar.

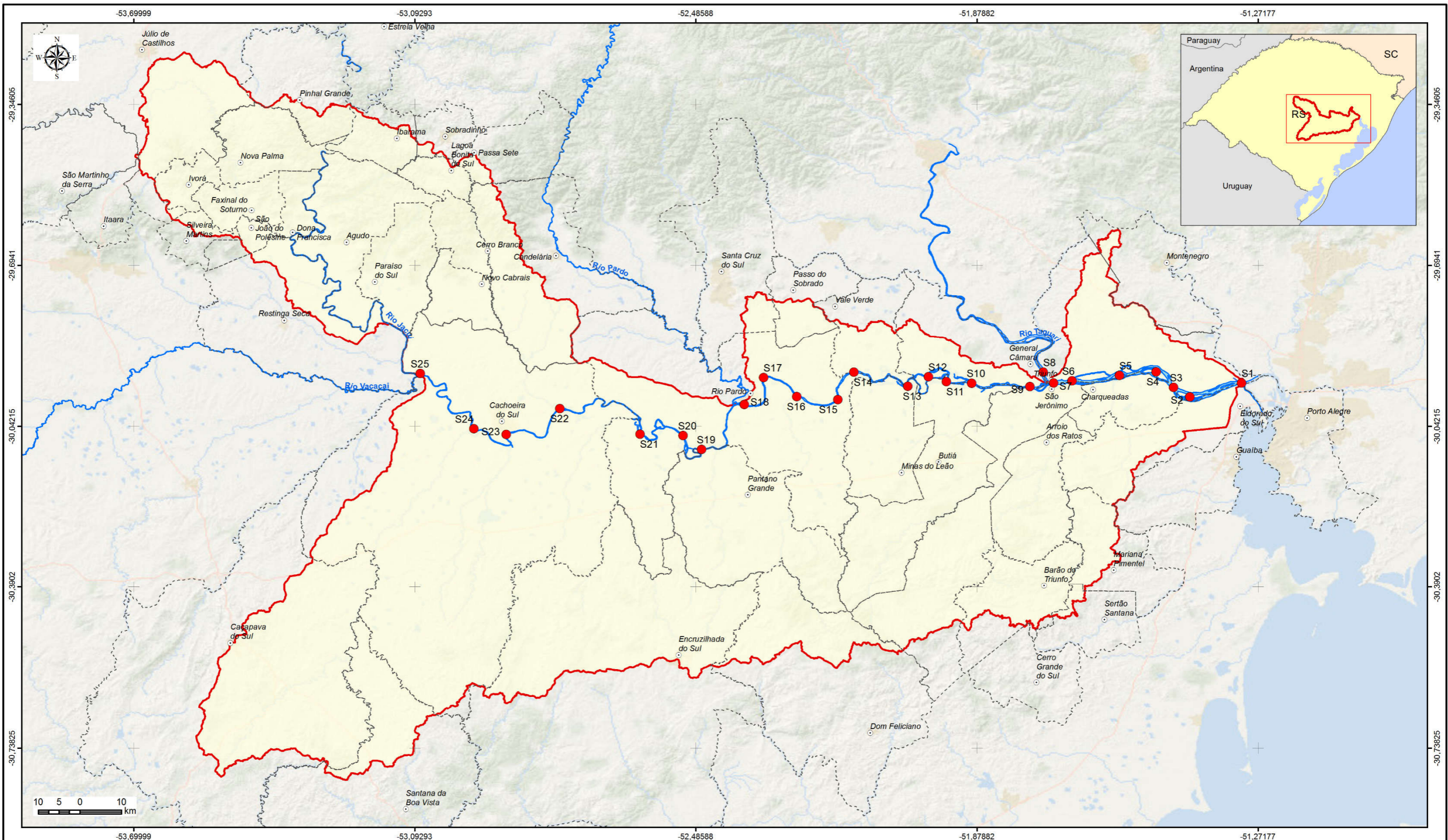
No rio Jacuí, em seu curso médio, foram monitoradas 25 seções de referência, as quais apresentaram largura da seção transversal conforme elencado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1- Seções monitoradas e suas respectivas larguras da seção transversal.

Seção de Referência	Largura (m)	Seção	Largura (m)
PTS-S1	1.056,44	PTS-S12	344,55
PTS-S2 ME	850,66	PTS-S13	566,15
PTS-S2 MD	838,49	PTS-S14	568,75
PTS-S3	1.137,15	PTS-S15	782,76
PTS-S4 ME	555,07	PTS-S16	613,09
PTS-S4 MD	868,17	PTS-S17	487,69
PTS-S5 ME	1.168,06	PTS-S18	563,14
PTS-S5 MD	686,86	PTS-S19	391,82
PTS-S6	1.222,02	PTS-S20	564,05
PTS-S7	827,96	PTS-S21	437,08
PTS-S8	1.017,91	PTS-S22	353,90
PTS-S9	731,25	PTS-S23	557,79
PTS-S10	768,28	PTS-S24	413,60
PTS-S11	597,81	PTS-S25	447,86

A localização das seções de referência e a hidrografia disponibilizada pela FEPAM (2019) na base cartográfica para o Rio Grande do Sul estão apresentadas no Mapa 3.6.





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Seções monitoradas
- Rios principais
- - - Limite municipal
- 🔴 Limite Bacia do Baixo Jacuí

Elaboração

RT6 - RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO PRELIMINAR  
**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**

Contratação e fiscalização

Sistema de Coordenadas Geodésicas  
 Sistema Geodésico de Referência  
 SIRGAS2000  
 Escala: 1:900.000

**Mapa 3.6 – Hidrografia do Baixo Jacuí, com base nos dados da FEPAM (2019), indicando as seções monitoradas**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: SEMARS (2018)  
 - Limite municipal: SEMARS (2016)  
 - Limite estadual: IBGE (2019)  
 - Hidrografia: DRH/SEMA (2018)





### 3.2.7 Deformações da seção transversal

Com o escoamento ao longo da seção transversal de um rio, verifica-se o surgimento de deformações que ocorrem no fundo ou nas margens do rio ao longo do tempo. No fundo do rio o processo erosivo consiste na perda de solo, principalmente pela capacidade de transporte ser maior que a de sedimentação. Por sua vez, a sedimentação no fundo do rio ocorre quando a capacidade de transporte é menor que a de sedimentação. Já nas margens pode ocorrer (i) a construção, devido ao aporte de sedimentos oriundos de pontos a montante da bacia hidrográfica, ou (ii) a erosão destas margens, devido à energia da água ser maior que a do solo em resistir ao escoamento.

A construção das margens é favorecida em zonas de águas paradas, pois favorecem o depósito nas margens, uma vez que o escoamento superficial contém material em suspensão em zonas de baixa velocidade e apresenta profundidades baixas, favorecendo assim o depósito de sedimentos. Por sua vez, a erosão das margens tende a ocorrer quando a tensão de cisalhamento provocada pelo escoamento é maior que a força de resistência do solo.

Atento a esses aspectos, os seguintes fatores contribuem com as deformações da seção transversal:

- Coesão do terreno;
- Vegetação (Figura 3.15);



Figura 3.15- Margem do rio Jacuí sem mata ciliar devido às atividades agropecuárias.



- Variação do nível de água (Figura 3.16);



Figura 3.16 - Barragem de Amarópolis.

- Sedimentação maior que a capacidade de transporte, que é quando ocorre a formação de depósitos que favorecem a ação erosiva nas margens;
- Sedimentação menor que a capacidade de transporte, quando erosões de fundo causam desabamento das margens e o talude perde a condição de equilíbrio.

Observa-se, assim, um conjunto de fatores que contribuem com deformações na seção transversal de um manancial. Nesse sentido, qualquer atividade humana – a exemplo da dragagem de areia (Figura 3.17), da implantação de barramentos, da construção de pilares para pontes, entre outros – que modifique as características naturais de um corpo hídrico tende a provocar efeitos no que diz respeito à erosão e à deposição de sedimentos na calha do corpo hídrico.





Figura 3.17 - Dragagem de areia no rio Jacuí.

### 3.2.7.1 Parâmetros morfométricos referentes à análise da rede hidrográfica da Região Hidrográfica do Lago Guaíba

Soares e Souza (2012) descrevem que a análise morfométrica de bacias hidrográficas permite a identificação de suas características gerais. A seguir são apresentados na Tabela 3.2 alguns parâmetros morfométricos para as bacias hidrográficas no rio Jacuí (unidades de planejamento), com as informações obtidas na geração da drenagem pelo modelo hidrológico SWAT.

Tabela 3.2– Parâmetros morfométricos para as bacias hidrográficas do rio Jacuí.

Bacias hidrográficas	Taquari-Antas (G040)	Alto Jacuí (G050)	Vacacaí (G060)	Baixo Jacuí (G070)	Pardo (G090)
Área (km <sup>2</sup> )	26368,60	13069,33	11127,04	17414,89	3640,20
Perímetro (km)	1112,09	641,50	599,74	1065,80	356,03
Comprimento do canal principal (km)	512,12	221,06	219,04	361,36	134,28
Comprimento do eixo (km)	157,12	124,54	138,81	198,24	86,68
Cota máxima (m)	1293,00	773,00	463,00	617,00	733,00
Cota mínima (m)	1,00	75,00	19,00	1,00	6,00
Amplitude altimétrica (m)	1.292,00	698	444	616	727
Coefficiente de compacidade	1,93	1,58	1,6	2,28	1,66
Fator de forma	1,07	0,84	0,58	0,44	0,48



Bacias hidrográficas	Taquari-Antas (G040)	Alto Jacuí (G050)	Vacacaí (G060)	Baixo Jacuí (G070)	Pardo (G090)
Índice de Sinuosidade	3,26	1,78	1,58	1,82	1,55

Em função do uso do modelo SWAT para geração da análise do quadro acima, observam-se algumas diferenças nas áreas estimadas em cada unidade de planejamento da região de estudo, que compreende o conjunto das bacias afluentes ao Baixo Jacuí, em relação aos dados oficiais, ainda que as diferenças sejam quase insignificantes (inferiores a 1% em todos os casos): a área obtida foi 0,18% inferior no Taquari-Antas; 1% inferior no Alto Jacuí; 0,45% superior na bacia do Vacacaí – Vacacaí Mirim; 0,47% superior na bacia hidrográfica do Baixo Jacuí; e 0,09% superior na bacia hidrográfica do rio Pardo.

A seguir apresenta-se a descrição e significado de cada um dos índices morfométricos estimados acima (adaptado de Villela e Mattos, 1975):

- **Coefficiente de compacidade (Kc):**

Relaciona a forma da bacia com um círculo. É um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. De modo que quanto maior a irregularidade da bacia maior será o coeficiente de compacidade.

O coeficiente de compacidade igual a unidade corresponde a uma bacia circular, com maior tendência a ocorrência de cheias. Ao passo que o valor de afasta da unidade, a indicação da ocorrência de cheias é reduzida.

A determinação do Kc se dá pela seguinte equação:

$$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde: Kc = Coeficiente de compacidade, adimensional; P = Perímetro da bacia em km; A = Área da bacia em km<sup>2</sup>.



- **Fator de forma (Ff):**

Relaciona a forma da bacia com um retângulo (ou um quadrado), correlacionando a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia da foz até o ponto mais distante do espigão.

Uma bacia com fator de forma baixo (retangular) é menos suscetível a enchentes, enquanto valores próximos a unidade (bacia quadrada) indicam maior propensão a cheias.

Para determinar o Ff, utiliza-se a seguinte equação:

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

Onde: Ff = Fator de forma, adimensional; A = Área da bacia em km<sup>2</sup>; L = comprimento axial da bacia em km.

- **Índice de Sinuosidade (Is)**

Representa a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial do canal principal (medida em linha reta), expressando a capacidade do curso d'água de desenvolver o escoamento em maiores velocidades.

Quanto maior a sinuosidade (mais curvas, e conseqüentemente maior comprimento), maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor. Canais menos sinuosos (mais retos) terão maior facilidade ao escoamento e maiores velocidades.

Valores de Is próximos a unidade indicam canais retilíneos, valores de Is superiores a 2 indicam canais sinuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais.

O cálculo do Is se dá pela seguinte equação:

$$Is = \frac{Lc}{Lv}$$

Onde: Is = Índice de sinuosidade, adimensional; Lc = comprimento do canal principal em km; Lv = comprimento vetorial do canal principal em km.



Os valores de sinuosidade encontrados, e apresentados acima, são superiores ao valor de 1,5 em todas as bacias hidrográficas, indicam que os canais apresentam a formação de meandros, com destaque para o Taquari-Antas, com valor superior a 3, indicando canais sinuosos.

Quanto ao Fator de Forma, conforme explica Ferreira *et al.* (2010), ao comparar bacias de tamanhos equivalentes, a bacia hidrográfica do Alto Jacuí é mais propensa a enchentes em relação às bacias hidrográficas do Baixo Jacuí e do Vacacaí, por ter valor mais alto (mais próximo a unidade). A Bacia do Taquari-Antas, também apresenta valor próximo a unidade, ainda que tenha dimensão superior as demais aqui analisadas.

Finalmente, o Coeficiente de Compacidade, percebe-se que todas as bacias têm valores distantes da unidade, sendo o Alto Jacuí o menor valor observado, indicando maior propensão a cheias.





### 3.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

A avaliação dos resultados obtidos estará baseada na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA Nº 357/05 (CONAMA, 2005). Quando necessário também serão utilizadas recomendações de outras normas internacionais, bem como de bibliografia especializada para a interpretação dos resultados das análises laboratoriais.

Os dados, quando apresentados em quadros e ilustrações, estarão ordenados preferencialmente de montante para jusante no contexto do trecho em análise do rio Jacuí, de modo a permitir que o leitor do documento perceba com maior efeito as particularidades e perturbações que os pontos de monitoramento exibem no sistema.

Para aqueles parâmetros listados na legislação (artigos 14 a 17 da Resolução do CONAMA Nº 357/05), será realizada a comparação com os respectivos padrões e condições de qualidade para águas doces em suas diferentes classes em relação à frequência de atendimento. Para valores detectados pela análise, mas que ficaram abaixo do limite de quantificação, será considerado o valor desse limite para fins de interpretação; enquanto que para valores não detectados serão adotados os seus respectivos limites de detecção, considerando-se assim a pior hipótese possível em algumas variáveis e tornando a análise mais robusta, conservadora e passível de avaliação do ponto de vista quantitativo e temporal.

#### 3.3.1 Metodologia de Análise

As análises foram realizadas, basicamente, segundo os métodos padronizados pelo *Standard Methods for Examination of Water and Wastewaters - 22ª Ed (SMWW, 2012)*. O Quadro 3.5 apresenta os parâmetros avaliados nas campanhas de diagnóstico realizadas nos seguintes períodos: (a) campanha 1 – entre os dias 21/01/2019 e 10/04/2019; e (b) campanha 2 – entre os dias 22/10/2019 e 25/10/2019, bem como indica os métodos analíticos utilizados e seus limites de detecção e faixas de análise. As amostras foram tomadas junto as seções de referência definidas para o estudo (Mapa 3.7). Os laudos de análise encontram-se no Anexos A e B.

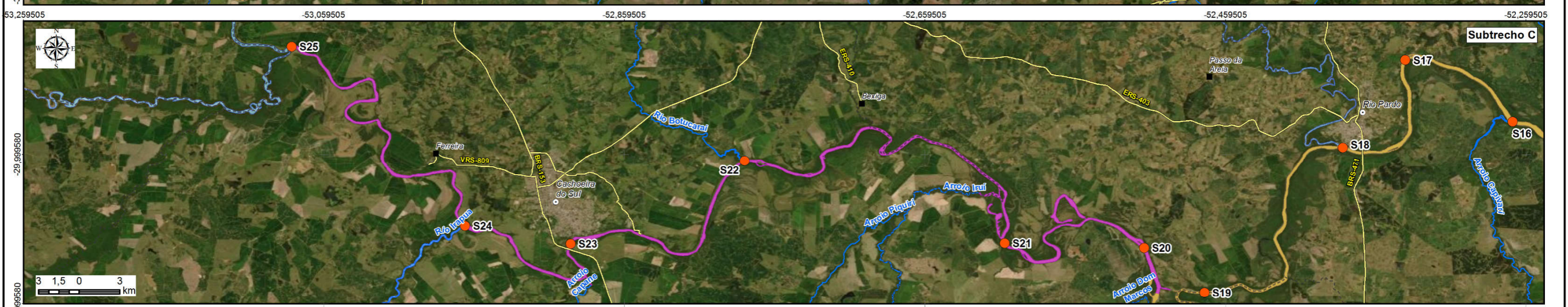
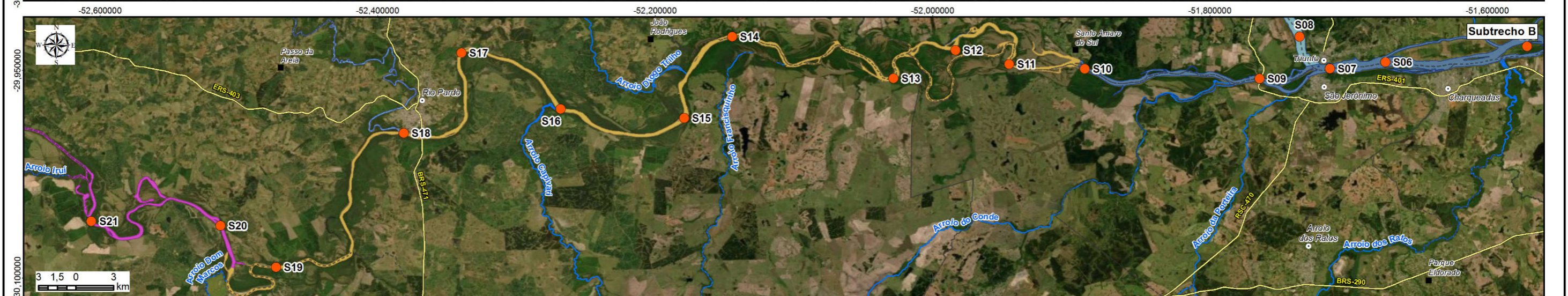
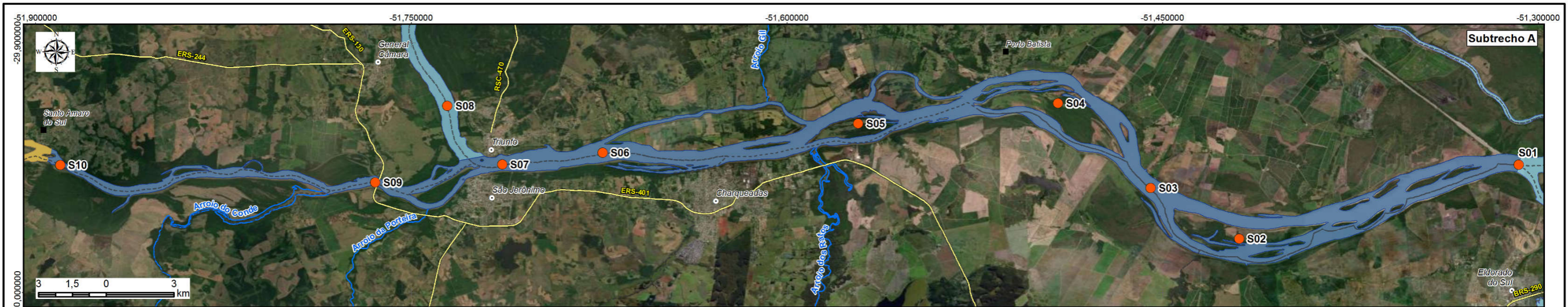
Quadro 3.5 – Parâmetros analisados e respectivos métodos de análise.

Parâmetros	Unidade	Limite detecção/ Faixa	Método de analítico
Alumínio Dissolvido	mg/L	0,02	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Cádmio Total	µg/L	1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Chumbo Total	µg/L	1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Cobalto Total	µg/L	1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992



Parâmetros	Unidade	Limite detecção/ Faixa	Método de analítico
Cobre Dissolvido	mg/L	0,001	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1,8	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 9221 B, C, D, E
Condutividade	µS/cm	1	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 2510 B
Cor	CU	5	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 2120 C
Cromo Total	µg/L	1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
DBO	mg/L	2	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 5210 B
DQO	mg/L	5	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 5220 D
Ferro Dissolvido	mg/L	0,02	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Fosfato (como P)	mg/L	0,01	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 4500 P E
Fósforo Total	µg/L	1	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 4500 P E
Índice de Fenóis	mg/L	0,001	ISO 14402: 1999
Manganês Total	µg/L	1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Mercurio Total	µg/L	0,1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Níquel Total	µg/L	1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Nitrato (como N)	mg/L	0,3	POP PA 124 - Rev.12
Nitrito (como N)	mg/L	0,01	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 4500 NO2- B
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,1	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 4500 NH3- E
Nitrogênio Orgânico	mg/L	0,1	SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 4500 Norg C, NH3 E
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	0,1	SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 4500 Norg - C, NH3 E
Ortofosfato solúvel	mg/L	0,03	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 4500 P E
Sólidos Totais	mg/L	5	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 2540 A, B, C, D, E
Sulfeto	mg/L	0,05	Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 4500 S-2 D / Preparo: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 4500 S-2 C
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,2	POP PA 023 - Rev.14
Turbidez	NTU	0,1	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 2130 B
Zinco Total	µg/L	1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992





**LEGENDA**

- Sede municipal
- Vila
- ⚡ Rodovia
- 🌊 Rios principais
- ⋯ Limite municipal
- Pontos de amostragem de qualidade das águas superficiais
- Rio Jacuí**
- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C



Elaboração  
**PROFILL**

**RT6 - RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO PRELIMINAR**  
**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**

Contratação e fiscalização  
**Fepam**

Sistema de Coordenadas Geodésicas  
Sistema Geodésico de Referência  
SIRGAS2000  
Escala: Indicada

**Mapa 3.7 – Localização dos pontos de amostragem e qualidade das águas superficiais**

Fonte de dados:  
- Sede municipal: SEMARS (2018)  
- Limite municipal: SEMARS (2018)  
- Limite estadual: IBGE (2019)  
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)  
- Pontos de amostragem de qualidade da água: Profill, 2019





O delineamento amostral proposto teve por objetivo realizar uma campanha na época de estiagem, período de vazões médias mensais mínimas, e uma campanha na época chuvosa, período de vazões médias mensais máximas. A Figura 3.18 mostra a sazonalidade das vazões médias mensais no rio Jacuí. As vazões baixas ocorrem no período entre dezembro e abril, meses em que são registradas as menores precipitações acumuladas. As máximas mensais se estendem de maio a novembro.

Sendo assim, a campanha 1 foi realizada entre fevereiro e março, com alguns pontos sendo realizados no início de abril. Para a segunda campanha, as chuvas na região foram sendo monitoradas a fim de se avaliar o melhor momento para realizar a amostragem. Essa campanha foi realizada no final de outubro.

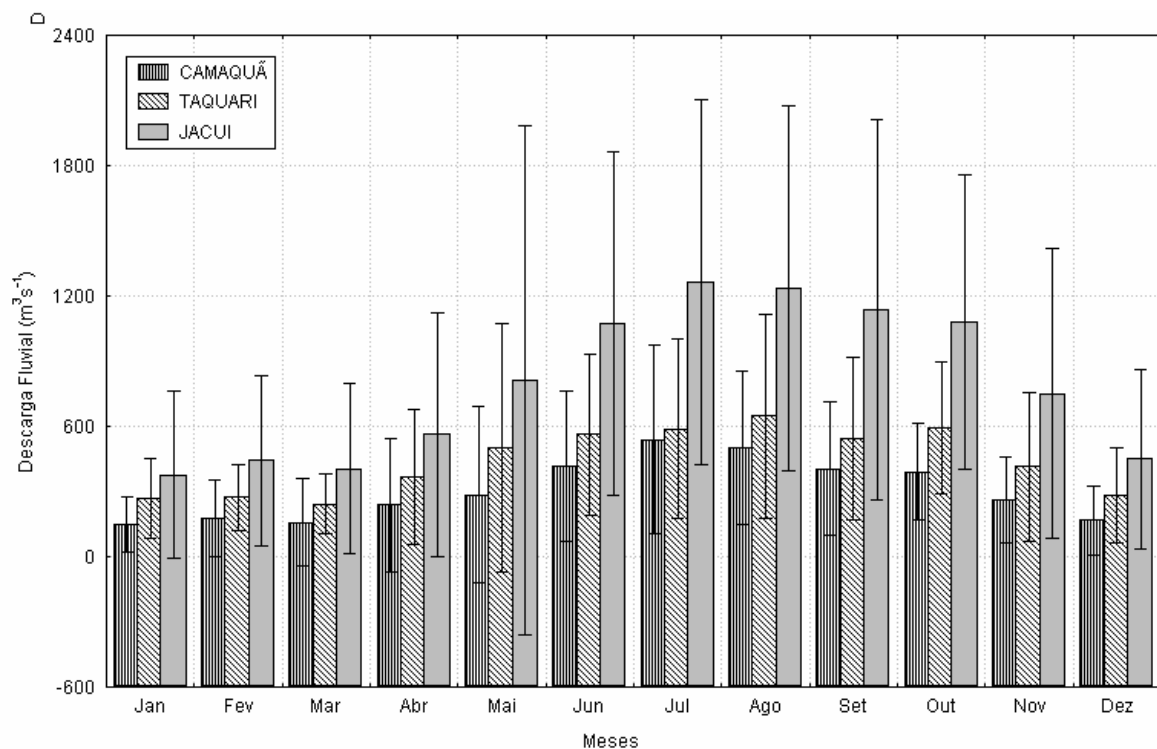


Figura 3.18 – Histograma das médias de descarga mensais do rio Jacuí (1940-1954 e 1964-1999), Taquari (1940-1997) e Camaquã (1940-1954, 1964-1975, 1977-1996), exibindo sobre cada barra o desvio padrão relativo à descarga mensal.

A Figura 3.19e a Figura 3.22 mostram as precipitações mensais acumuladas no ano de 2019 em diversos postos localizados na Região Hidrográfica do Lago Guaíba. Foram destacados os seguintes postos: Santa Maria (porção oeste da bacia), Encruzilhada do Sul (porção sul da bacia), Passo Fundo (porção centro-norte) e Caxias do Sul (porção nordeste). Verifica-se que as campanhas foram realizadas em situações de precipitações acumuladas abaixo da média para a situação de estiagem (campanha 1) e acima da média para a situação de cheia (campanha 2).

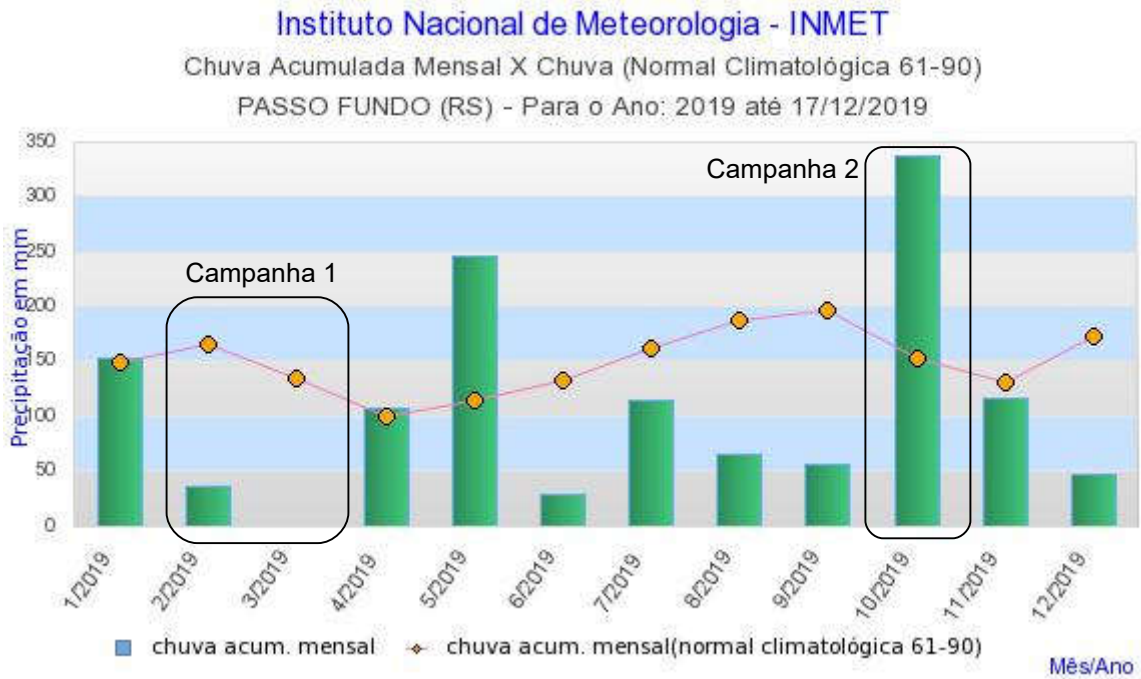


Figura 3.19 – Precipitação acumulada mensal – Passo Fundo – ano 2019.

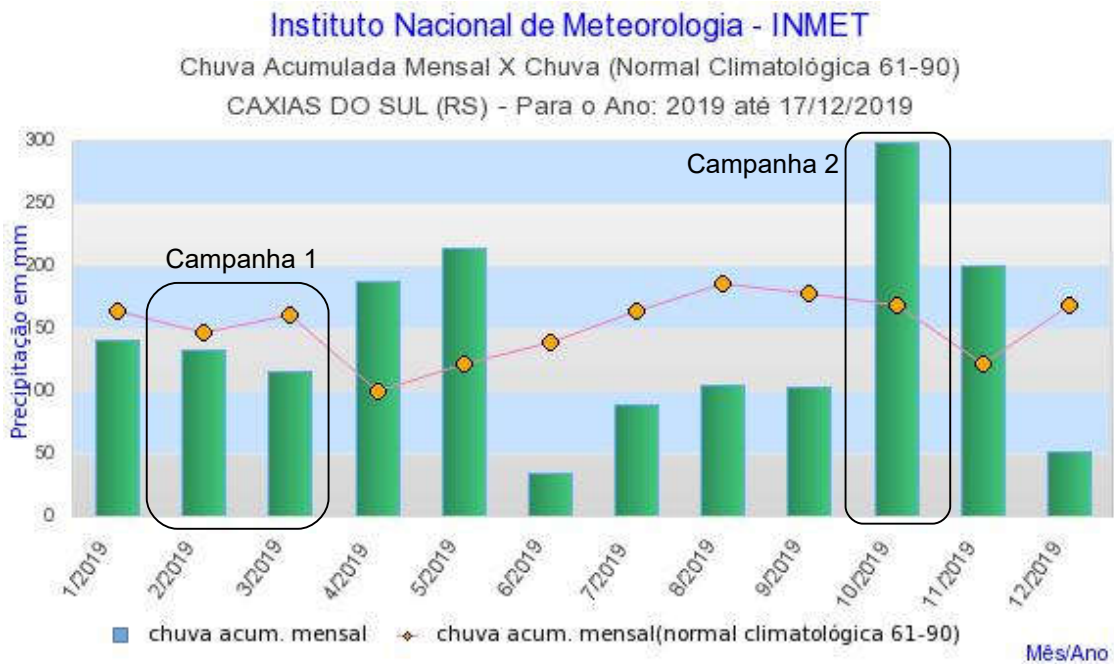


Figura 3.20 – Precipitação acumulada mensal – Caxias do Sul – ano 2019.

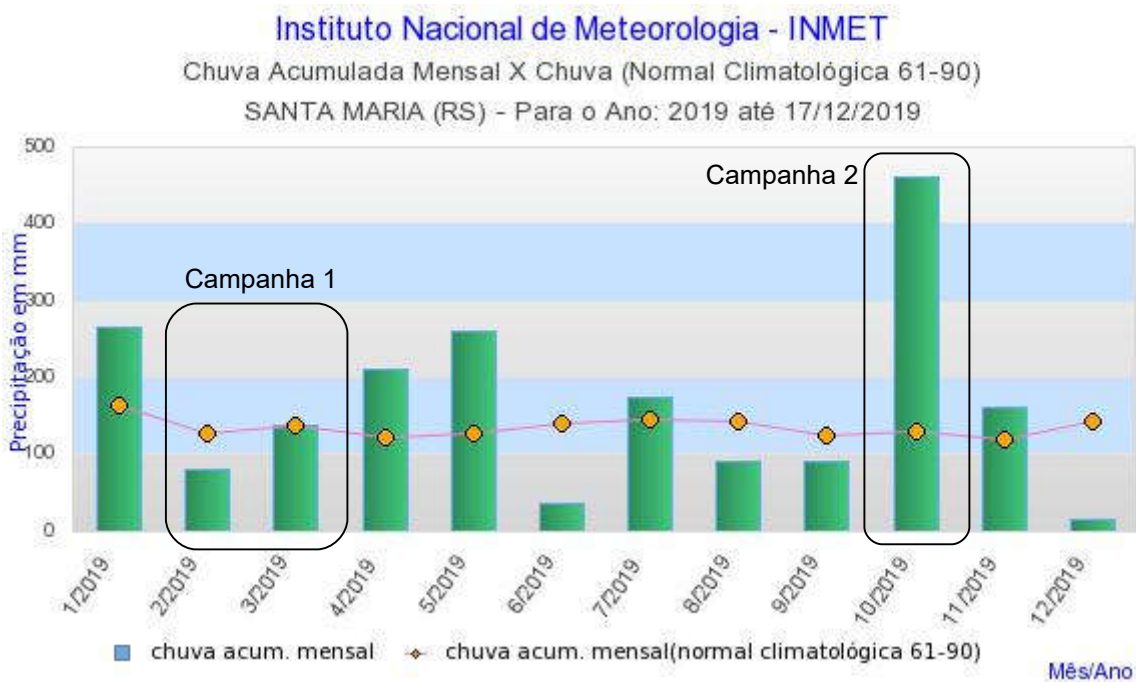


Figura 3.21 – Precipitação acumulada mensal – Santa Maria – ano 2019.

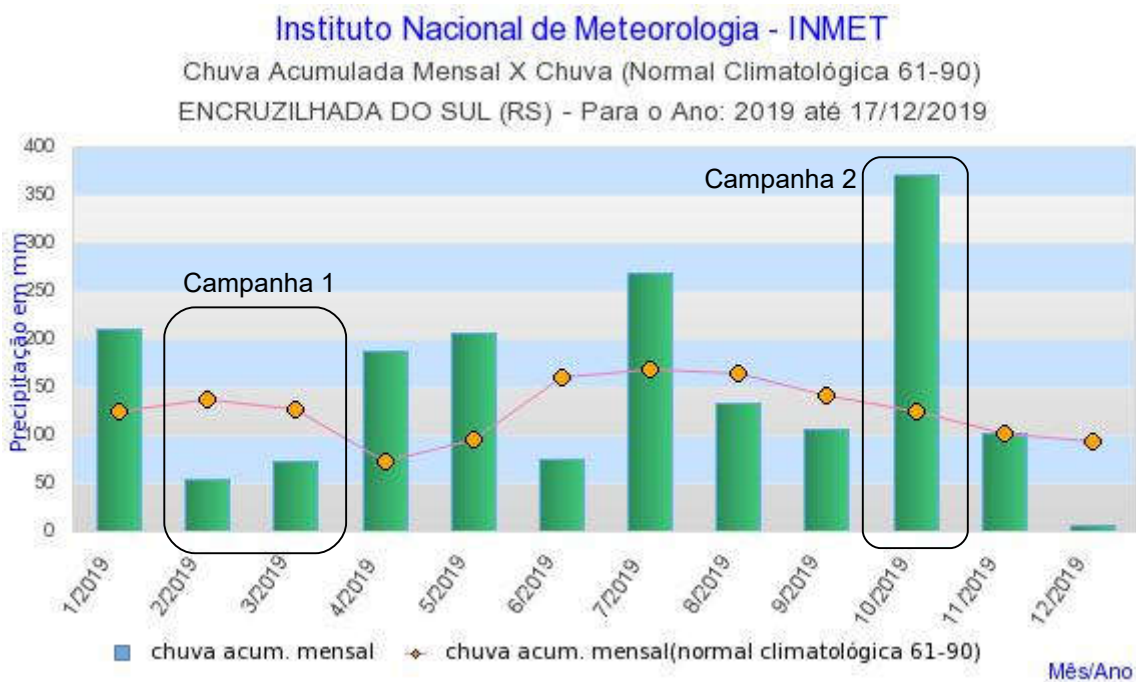


Figura 3.22 – Precipitação acumulada mensal – Encruzilhada do Sul – ano 2019.

Complementando a avaliação dos totais precipitados, apresenta-se a seguir as estimativas do Balanço Hídrico Climático, subtraindo-se os dados de Evapotranspiração da Precipitação ( $P - E$ ), nas estações Caxias do Sul, Santa Maria e Encruzilhada do Sul (a estação Passo Fundo, utilizada acima, não dispõe dos dados de evapotranspiração no ano de 2019, e não pode ser utilizada nesta análise).





Os resultados são expressos a seguir (Figura 3.23 a Figura 3.25), onde se percebe o registro de déficits hídricos no período da 1ª Campanha (fevereiro, em Santa Maria; fevereiro e março, em Encruzilhada), ou pelo menos saldos hídricos bem baixos (inferiores a 50 mm no mês). Ao mesmo tempo, o período da Campanha 2, apresenta excedente hídrico superior a 200 mm em todas as estações (ultrapassando os 370 mm em Santa Maria).

Desse modo, é correto afirmar que as duas campanhas ocorreram em períodos característicos das condições que se desejava observar nas amostragens.

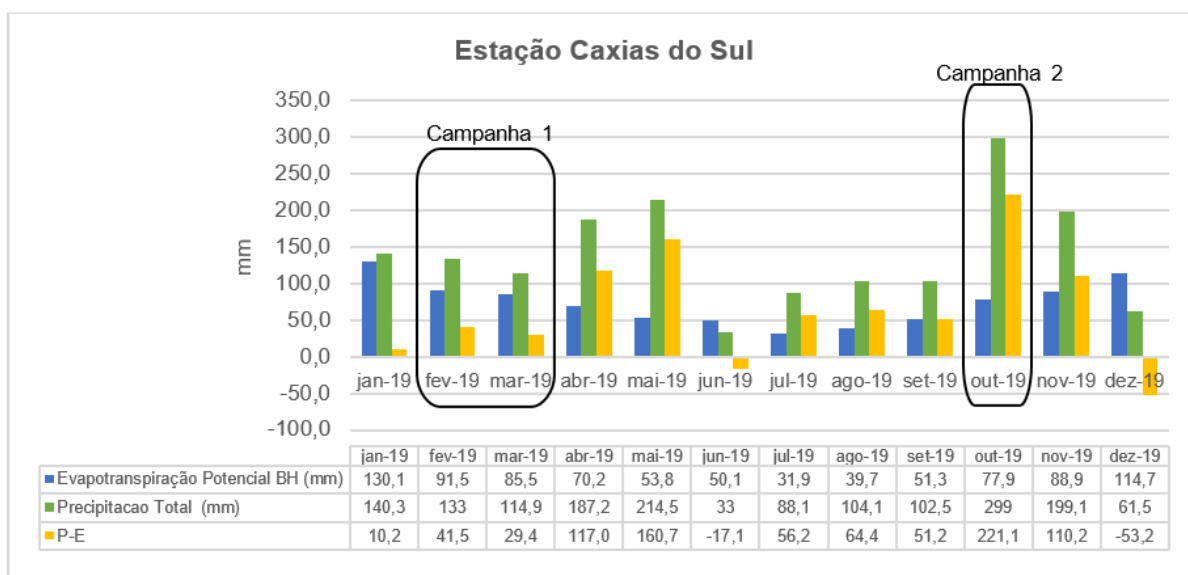


Figura 3.23 – Balanço Hídrico Climático (P – E) – Caxias do Sul – ano 2019.

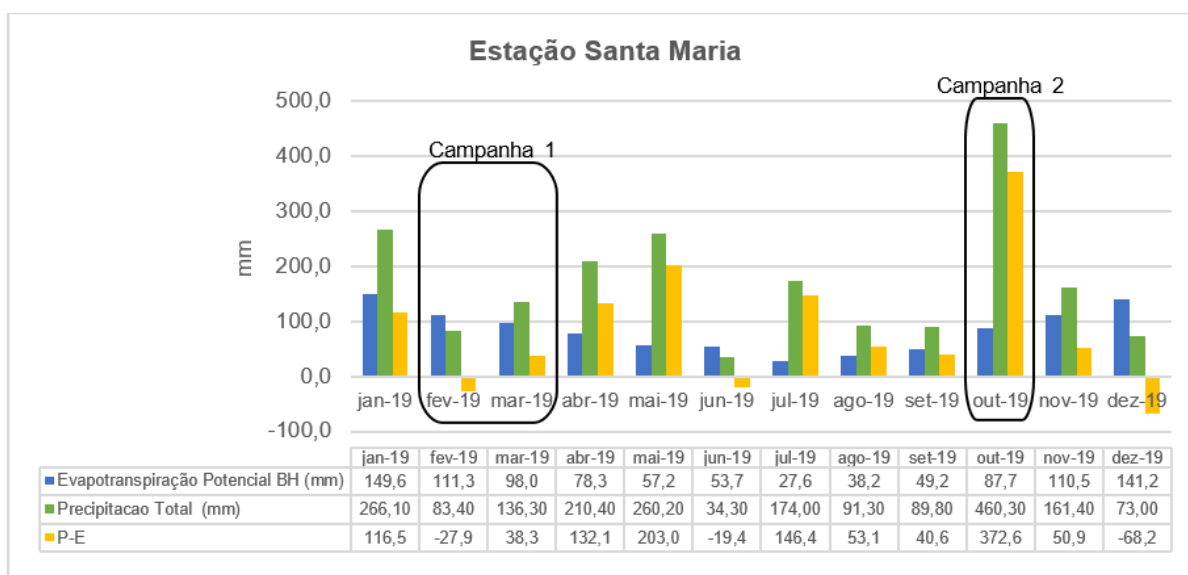


Figura 3.24 – Balanço Hídrico Climático (P – E) – Santa Maria – ano 2019.

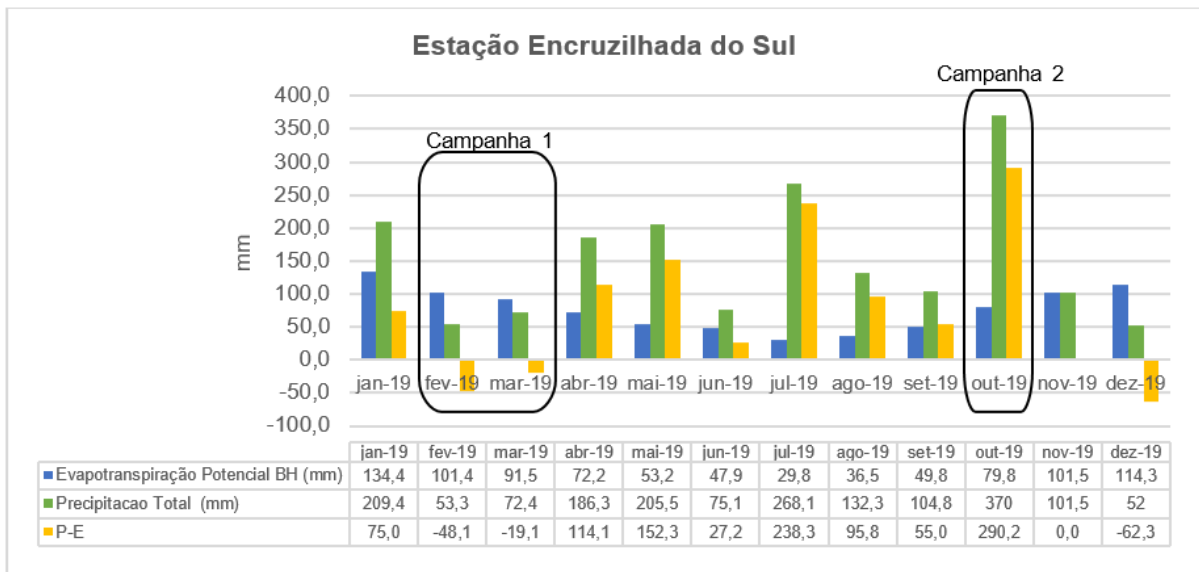


Figura 3.25 – Precipitação acumulada mensal – Encruzilhada do Sul – ano 2019.

Finalmente, a seguir, a Figura 3.26 e a Figura 3.27 mostram as anomalias de precipitação trimestral para o período antecedente às campanhas amostrais. Os registros demonstram que na área de estudo, compreendendo o conjunto das Bacias afluentes ao Baixo Jacuí, a precipitação acumulada foi abaixo da média no período anterior à campanha 1 e acima da média no período anterior à campanha 2.



### ANOMALIA DE PRECIPITACAO TRIMESTRAL VALIDO PARA JANEIRO, FEVEEREIRO, MARÇO DE 2019

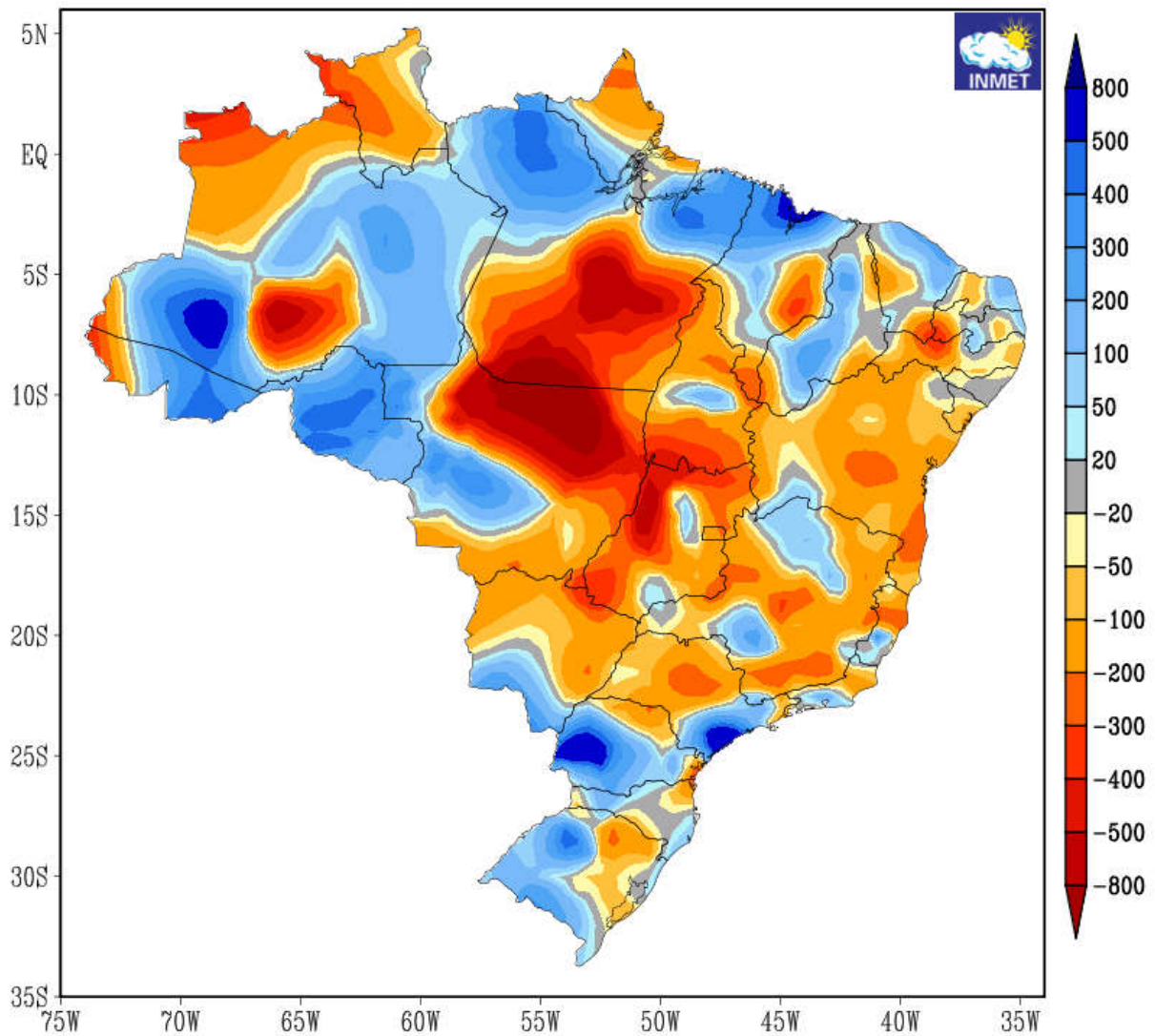


Figura 3.26 – Anomalias de Precipitação acumulada trimestral – janeiro-fevereiro-março – Período antecedente à campanha 1.





### ANOMALIA DE PRECIPITACAO TRIMESTRAL VALIDO PARA SETEMBRO, OUTUBRO, NOVEMBRO DE 2019

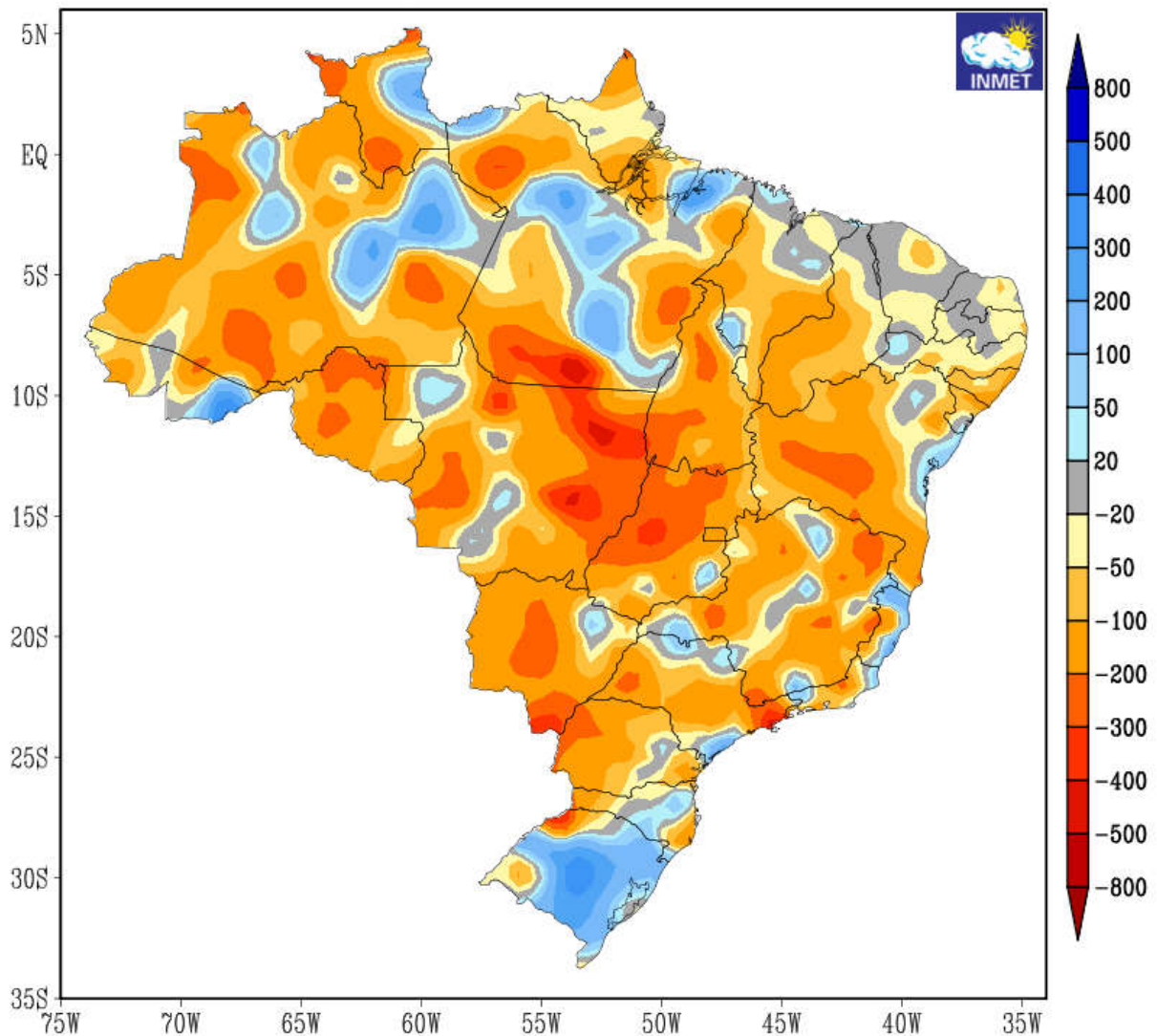


Figura 3.27 – Anomalias de Precipitação acumulada trimestral – setembro-outubro-novembro – Período antecedente à campanha 2.



### **3.3.2 Resultados**

A Tabela 3.3 apresenta os resultados das campanhas de diagnóstico realizadas em 2019 ao longo do trecho de interesse do rio Jacuí, sendo a campanha 1 realizada em período de estiagem e a campanha 2 em período de cheia – na sequência, os parâmetros são avaliados individualmente.



Tabela 3.3– Resultados das campanhas de diagnóstico realizadas em 2019.

Parâmetro	Campanha	Ponto 25	Ponto 24	Ponto 23	Ponto 22	Ponto 21	Ponto 20	Ponto 19	Ponto 18	Ponto 17	Ponto 16	Ponto 15	Ponto 14	Ponto 13	Ponto 12	Ponto 11	Ponto 10	Ponto 09	Ponto 08	Ponto 07	Ponto 06	Ponto 05	Ponto 04	Ponto 03	Ponto 02	Ponto 01
DBO (mg/L)	1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	5,90	5,20	5,60	<2	4,00	3,80	3,70	6,20	6,00	3,60	3,10	3,10	3,70	3,20	2,80	<2	<2	2,50	<2
	2	<2	<3	<3	4,30	<3	<3	<3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	3,80	<2	<2	<2	<2	<2	<3	<2	<2
DQO (mg/L)	1	<5	<5	<5	<5	<5	<5	12,7	12,4	12,5	<5	11	10,1	10,2	13,9	12,3	9,6	7,2	8,3	7,9	7,1	7,2	<5	<5	<5	<5
	2	8,4	26,8	18,6	16,7	19,3	18,9	20,1	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	7,5	11,6	14,6	14,2	13,8	14,3	12,3	14,2
Ortofosfato solúvel (mg/L)	1	<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	0,06	0,05	0,19	0,10	0,12	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
	2	0,06	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,03	0,08	<0,03	0,06	0,04	<0,03	<0,03	0,16	0,08	0,04	<0,03	<0,03	0,03	<0,03	0,04	0,15	<0,03	<0,03	<0,03
Fosfato (como P) (mg/L)	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	0,06	0,05	0,02	0,07	0,10	0,05	<0,01	<0,01	0,02	0,01
	2	0,04	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,06	0,05	0,02	0,06	0,05	0,08	0,06	0,07	0,06	0,03	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06
Fósforo total (µg/L)	1	9,02	5,68	7,68	29,90	49,30	28,30	72,20	69,90	95,20	51,40	73,90	56,30	52,80	111,00	85,90	77,40	63,60	384,00	<1	40,70	13,90	61,70	427,00	292,00	<1
	2	22,10	73,90	62,70	72,00	83,40	59,50	112,00	32,10	63,70	67,10	65,30	60,10	57,00	72,10	66,30	72,50	55,50	167,00	299,00	32,00	64,20	82,90	72,50	79,90	77,40
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	<0,1	0,18	0,11	0,19	<0,1	<0,1	0,10	0,11	<0,1	<0,1	<0,1	0,11	1,10	0,10
	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,45	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,29	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,11	<0,1	0,19	<0,1
Nitrogênio orgânico (mg/L)	1	0,68	0,93	0,66	1,01	0,85	0,61	1,04	1,01	1	0,41	1,19	1,01	0,83	1,07	0,86	1,93	0,29	0,43	0,52	0,56	0,6	0,47	0,31	<0,1	0,59
	2	0,55	1,21	0,73	1,06	0,66	0,73	0,34	0,99	0,7	0,98	0,98	0,78	0,77	0,41	0,81	0,75	0,71	0,62	0,83	0,81	0,65	0,57	0,76	0,57	1,01
Nitrito (como N) (mg/L)	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,020	<0,01	0,02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,020	0,010	0,010	0,020	0,020	0,030	0,010	0,020	0,020
	2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato (como N) (mg/L)	1	1,06	0,81	1,01	1,20	1,01	1,07	1,15	0,95	1,18	0,85	1,19	0,88	0,95	1,05	1,30	1,04	0,80	0,98	0,93	0,88	0,71	1,18	0,83	0,87	0,71
	2	1,37	0,86	1,23	0,56	0,94	0,47	0,66	0,55	0,66	0,76	1,28	0,83	1,53	0,69	0,77	0,63	0,52	2,10	0,95	1,90	4,26	3,72	2,34	1,24	2,45
Nitrogênio total Kjeldahl (mg/L)	1	0,68	0,93	0,66	1,01	0,85	0,61	1,04	1,01	1	0,41	1,29	1,01	1,01	1,18	1,05	1,93	0,29	0,53	0,63	0,56	0,60	0,47	0,42	1,19	0,69
	2	0,55	1,21	0,73	1,06	0,66	0,73	0,79	0,99	0,7	0,98	0,98	0,78	0,77	0,7	0,81	0,75	0,71	0,62	0,83	0,81	0,65	0,68	0,76	0,76	1,01
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	1	<1	<1	600	1260	910	450	73000	7570	10200	870	800	1200	1500	<1	4000	300	290	30	3360	200	100	400	5010	170	450
	2	3200	3800	3500	200	300	300	300	340	400	800	420	400	280	930	200	300	200	300	300	170	400	140	160	100	70
Cor (UC)	1	46	25	25	26	15	19	49	15	61	34	71	68	79	72	77	54	34	21	22	31	29	24	22	16	15
	2	27	82	58	62	66	57	60	387	161	335	117	139	103	94	392	230	169	27	12	42	38	42	37	37	41
Turbidez (NTU)	1	26,0	17,4	16,7	19,3	22,5	25,8	28,4	26,9	35,3	30,3	30,2	36,0	32,5	21,3	22,8	28,6	8,9	9,8	12,6	6,9	8,7	14,6	11,3	10,0	12,4
	2	33,2	114,0	69,2	78,7	94,2	85,2	87,3	78,7	75,2	81,2	86,2	81,7	86,2	84,5	68,4	78,3	80,3	31,2	50,8	54,8	51,0	57,4	44,3	50,1	49,6
Condutividade (µS/cm)	1	63,3	57,1	57,8	60,7	57,4	57,9	70,4	71,0	50,6	58,9	59,1	59,5	59,1	51,7	50,3	58,7	65,0	79,4	76,8	58,0	67,5	107,0	75,5	77,7	72,9
	2	13,0	12,0	12,0	13,0	12,0	13,0	12,0	13,0	12,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	18,0	18,0	17,0	15,0	17,0	17,0	17,0	17,0
Sólidos totais (mg/L)	1	121	98	103	87	95	49	87	78	91	64	118	105	117	86	81	89	58	53	48	58	53	35	67	66	66
	2	75	143	118	112	105	138	134	126	122	120	137	131	100	121	121	132	136	95	112	117	106	109	108	104	114
Alumínio dissolvido (mg/L)	1	0,114	0,108	0,079	0,099	0,080	1,030	0,086	0,044	0,106	1,300	2,140	1,830	1,660	0,137	0,063	1,810	0,042	0,052	1,070	0,055	0,063	0,033	0,089	0,060	1,270
	2	0,118	0,072	0,333	0,146	0,171	0,217	0,201	0,313	0,054	0,046	0,149	0,225	0,035	0,178	0,169	0,217	0,189	0,019	0,163	0,090	0,138	0,219	0,137	0,092	0,105
Ferro dissolvido (mg/L)	1	0,553	0,547	0,442	0,478	0,491	1,730	0,558	0,642	0,690	2,050	3,260	2,910	2,590	0,839	0,614	2,880	0,379	0,343	1,440	0,422	0,525	0,338	0,392	0,388	1,560
	2	0,180	0,169	0,243	0,078	0,142	0,147	0,216	0,271	0,173	0,179	0,171	0,220	0,160	0,195	0,133	0,252	0,145	0,087	0,215	0,249	0,107	0,226	0,106	0,261	0,305
Manganês total (µg/L)	1	41,90	45,80	37,00	54,20	60,00	59,00	59,90	51,10	56,20	105,00	63,20	68,40	34,30	71,50	70,60	70,30	44,90	49,30	52,20	56,30	38,90	52,60	72,30	44,90	48,10
	2	27,10	30,90	31,80	40,50	38,20	40,30	60,70	33,00	36,80	38,00	45,20	32,30	34,70	42,50	38,30	42,00	47,00	24,20	41,70	25,30	36,30	33,80	31,70	32,50	24,20
Cádmio total (µg/L)	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1





Parâmetro	Campanha	Ponto 25	Ponto 24	Ponto 23	Ponto 22	Ponto 21	Ponto 20	Ponto 19	Ponto 18	Ponto 17	Ponto 16	Ponto 15	Ponto 14	Ponto 13	Ponto 12	Ponto 11	Ponto 10	Ponto 09	Ponto 08	Ponto 07	Ponto 06	Ponto 05	Ponto 04	Ponto 03	Ponto 02	Ponto 01	
Cobre dissolvido (mg/L)	1	0,0021	0,0019	0,0016	0,0036	0,0024	0,0029	0,0023	0,0016	0,0024	0,0040	0,0039	0,0036	0,0039	0,0018	0,0018	0,0039	0,0014	0,0021	0,0024	0,0023	0,0036	0,0021	0,0017	0,0018	0,0020	
	2	0,0012	0,0014	0,0012	<0,001	0,0012	<0,001	0,0014	0,0015	0,0013	0,0013	0,0013	0,0011	0,0016	<0,0012	<0,001	0,0012	0,0014	0,0025	0,0020	0,0013	0,0013	0,0014	0,0014	0,0014	0,0022	0,0022
Cobalto total (µg/L)	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,01	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Chumbo total (µg/L)	1	1,01	1,94	1,05	4,79	7,21	2,65	2,5	1,41	1,82	2,95	1,33	1,38	1,84	2,9	1,53	1,38	<1	<1	4,42	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
	2	<1	1,6	1,3	4,9	1,6	1,9	5,6	1,1	2	1,4	2,1	1,3	2,4	2,7	2,4	3,3	2,2	<1	1,1	<1	1,2	1,5	1,1	1,2	1,1	
Cromo total (µg/L)	1	<1	<1	<1	<1	1,19	1,76	1,43	1,45	1,75	1,11	2,33	2,52	2,63	<1	2,27	2,25	1,18	4,6	2,94	<1	<1	<1	3,29	1,4	1,07	
	2	<1	2,7	2,3	3,6	2,6	3,6	3	1,6	2,2	2,1	2,5	2,2	2,3	2,9	2,2	2,5	2,9	1,4	2,4	1,9	2,4	2,9	2,1	2,3	2,4	
Níquel total (µg/L)	1	<1	<1	<1	1,84	1,41	<1	1,25	1,17	1,46	<1,28	1,43	1,41	1,38	<1	1,77	1,72	<1	<1	<1	<1	<1	1,02	<1	<1	<1	
	2	<1	<1	<1	1,1	<1	1,2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5,8	1,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Mercúrio total (µg/L)	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	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
	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	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Zinco total (µg/L)	1	11,30	9,60	5,57	45,80	764,00	11,50	22,40	14,30	<1	3,60	7,48	40,70	10,50	36,20	<1	5,44	23,90	45,00	8,03	23,40	14,50	17,30	11,30	7,37	8,30	
	2	1,30	9,20	10,60	16,10	9,90	13,00	121,00	11,70	9,50	6,00	44,30	7,90	6,60	10,50	6,20	7,30	11,80	<1	12,30	5,60	8,50	29,30	7,00	10,20	4,90	
Sulfeto (mg/L)	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
	2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Surfactantes (como LAS) (mg/L)	1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,37	0,31	0,35	<0,2	0,23	0,30	0,23	0,27	0,28	0,22	0,20	<0,2	<0,2	<0,2	0,20	<0,2	<0,2	<0,2	0,21	
	2	<0,2	<0,2	<0,2	0,22	0,52	<0,2	0,22	<0,2	0,43	0,38	<0,2	<0,2	0,25	0,64	0,38	0,34	0,28	<0,2	0,26	<0,2	0,23	<0,2	0,21	0,32	0,21	
Índice de fenóis (mg/L)	1	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
	2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	
Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4																								



### 3.3.2.1 DBO

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a medida de oxigênio consumida por microrganismos para degradar a matéria orgânica. É uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica presente no corpo d'água.

A DBO é empregada como padrão de classificação para águas naturais conforme Resolução CONAMA Nº 357/05. Nessa resolução está estabelecido que os teores de DBO devem apresentar valores inferiores a 3 mg/L O<sub>2</sub> em águas doces para Classe 1, 5,0 mg/L O<sub>2</sub> em águas doces Classe 2 e 10,0 mg/L O<sub>2</sub> em águas doces Classe 3.

Quanto à campanha 1, ao longo do trecho avaliado, os teores de DBO (Figura 3.28) apresentaram variação de 2,00 mg/L a 6,20 mg/L (Ponto 12) com média de 3,29 mg/L – em termos de atendimento de classe, 48% dos resultados foram compatíveis com águas da classe 1, 32% e com a classe 2, e 20% com a classe 3. No contexto da campanha 2, os teores de DBO (Figura 3.28) apresentaram variação de 2,00 mg/L a 4,30 mg/L (Ponto 22) com média de 2,40 mg/L – em termos de atendimento de classe, 92% dos resultados foram compatíveis com águas da classe 1, e 8% com a classe 2 (Pontos 22 e 9).

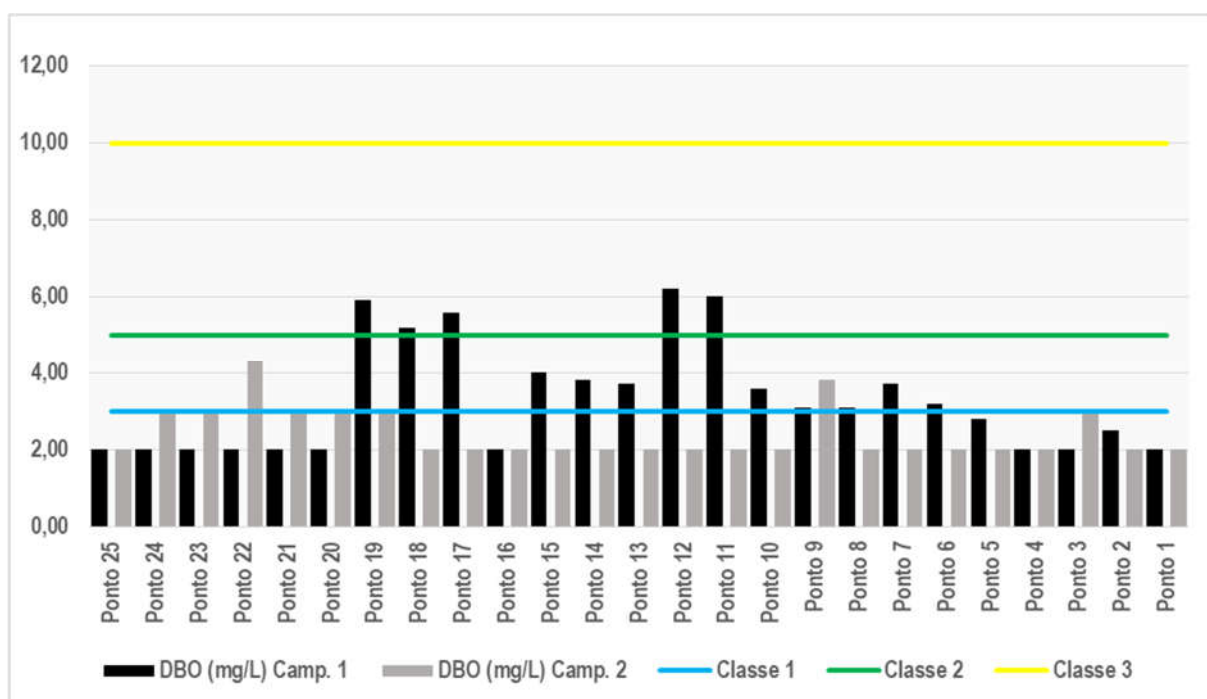


Figura 3.28 – Espacialização da variação dos teores de DBO.



A Figura 3.29 apresenta uma avaliação das principais estatísticas associadas aos resultados das campanhas de diagnóstico, ali são destacados os valores máximos e mínimos, percentis 20% (P20) e 80% (P80), bem como a média e mediana. Em termos de DBO, verifica-se na Figura 3.29 que ambas as campanhas apresentam suas respectivas médias e medianas muito próximas, indicando relativo equilíbrio entre os resultados encontrados ao longo do trecho de interesse, ainda que a campanha 1 apresente os percentis P20 e P80 mais distanciados em relação aos da campanha 2.

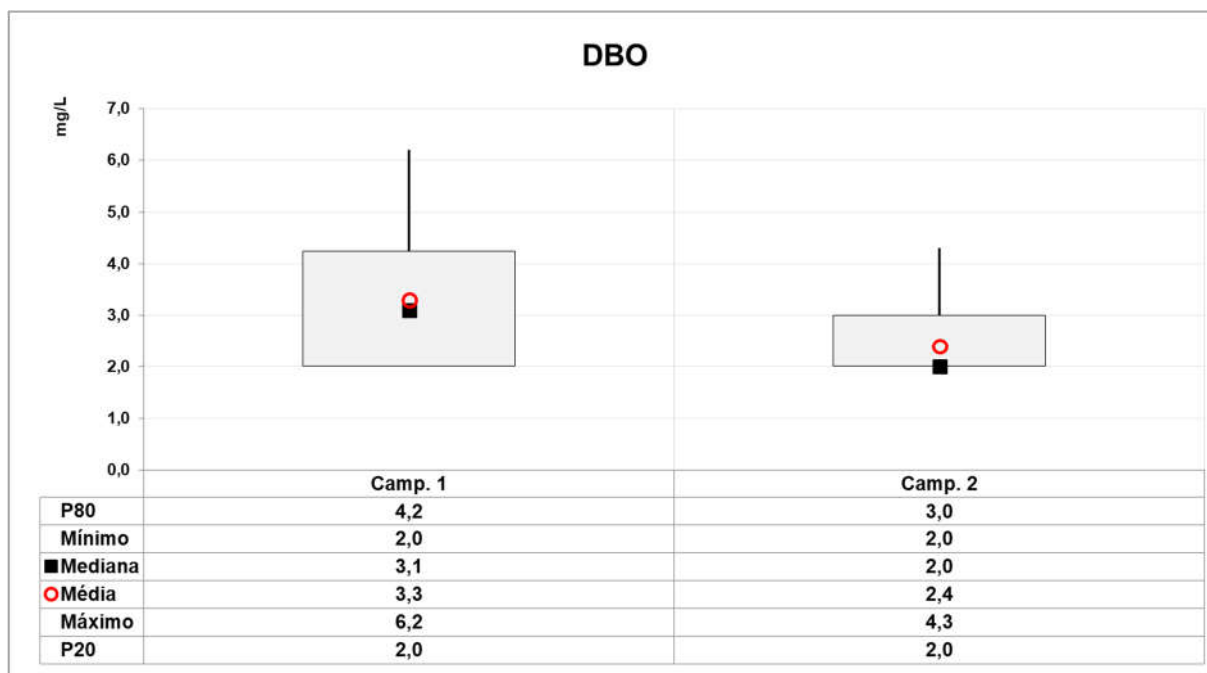


Figura 3.29 – Principais estatísticas associadas aos dados de DBO nas campanhas 1 e 2.

### 3.3.2.2 DQO

A Demanda Química de Oxigênio - DQO indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica e inorgânica. Estima o teor de matéria orgânica presente na água, da mesma forma que ocorre com a DBO, porém em condições bastante enérgicas.

A Resolução CONAMA N° 357/2005 não estabelece limites para este parâmetro. Ao longo do trecho avaliado, na campanha 1, os teores de DQO (Figura 3.30) apresentaram variação de 5,00 mg/L a 13,90 mg/L (Ponto 12) com média de 7,89 mg/L, demonstrando concordância com os valores da DBO. Na campanha 2, os teores de DQO (Figura 3.30) apresentaram variação de 5,00 mg/L a 26,80 mg/L (Ponto 2) com média de 11,25 mg/L, não apresentando um bom alinhamento com os teores de DBO registrados na campanha.



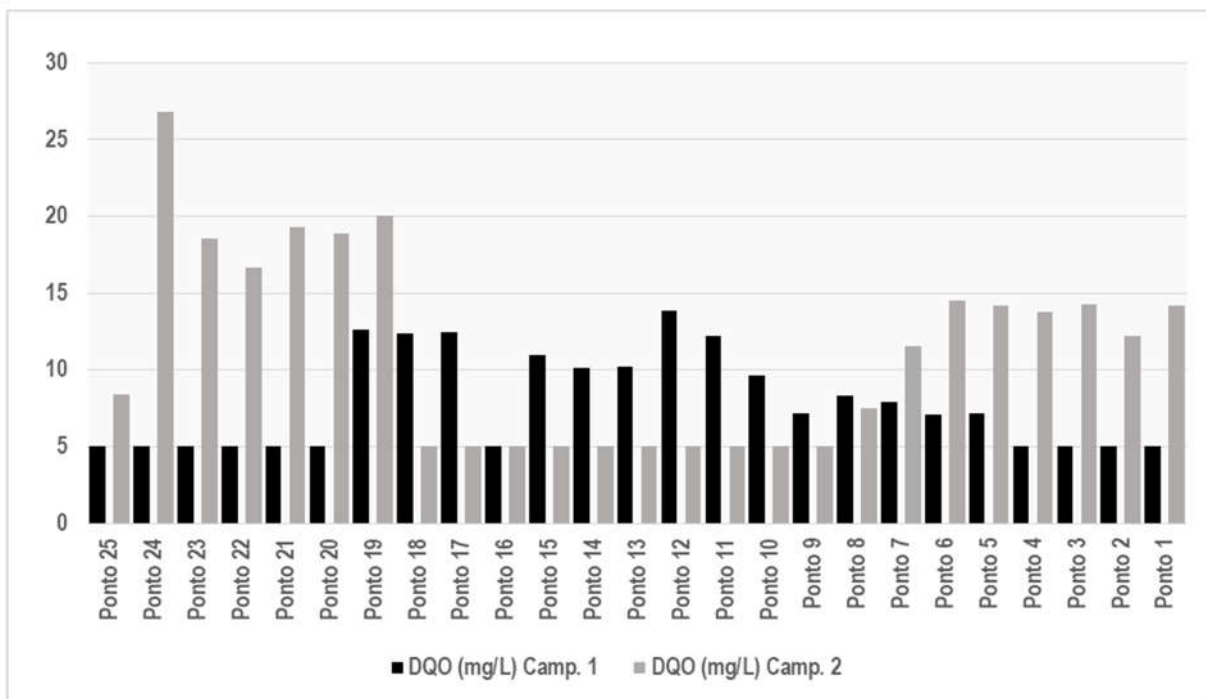


Figura 3.30 – Espacialização da variação dos teores de DQO.

Em termos de DQO, verifica-se na Figura 3.31 que, assim como verificado para a DBO, ambas as campanhas apresentam suas respectivas médias e medianas muito próximas, indicando relativo equilíbrio entre os resultados encontrados ao longo do trecho de interesse; a amplitude entre os percentis P20 e P80 foi maior na campanha 2, refletindo o registro de valores mais elevados.

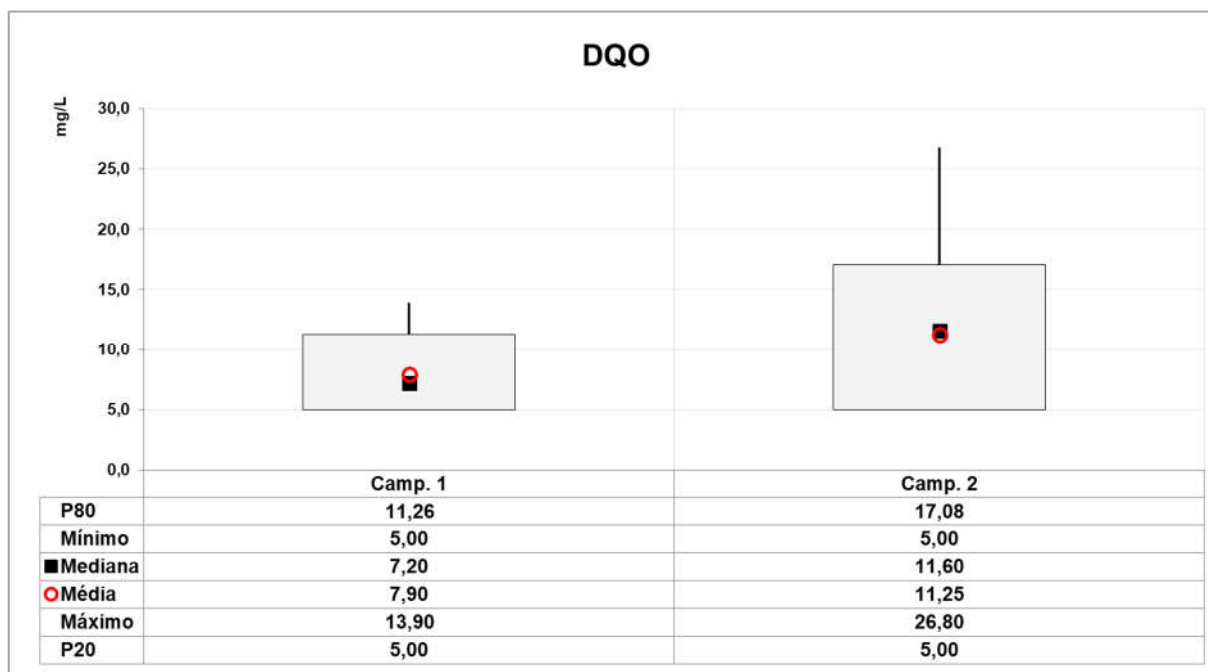


Figura 3.31 – Principais estatísticas associadas aos dados de DQO nas campanhas 1 e 2.



Quanto à relação DQO/DBO (Figura 3.32) na campanha 1 as estações de monitoramento apresentaram valores variando de 2,0 a 2,8, indicando que a fração biodegradável é alta; enquanto que na campanha 2 a relação DQO/DBO (Figura 3.32) foi mais elevada em diversas estações de monitoramento, indicando uma maior proporção da fração não biodegradável para a biodegradável.

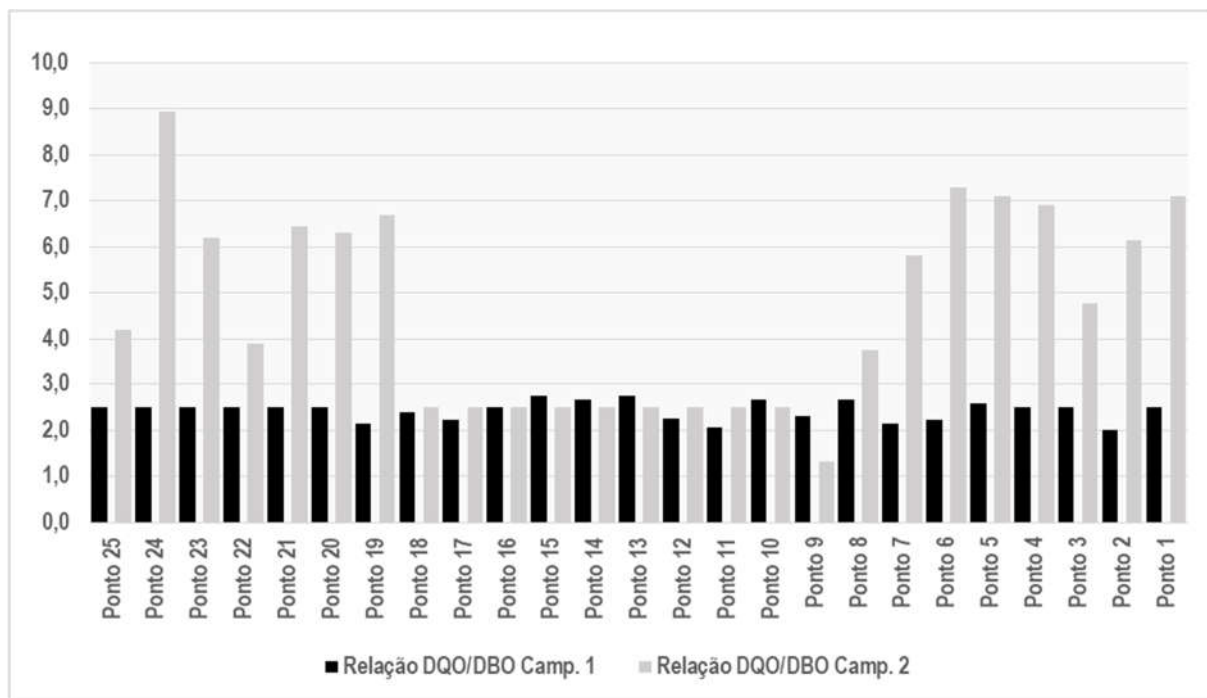


Figura 3.32 – Espacialização da relação DQO/DBO.

### 3.3.2.3 Fósforo total, Fosfato (como P) e Ortofosfato (solúvel)

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes: fosfatos orgânicos (particulados e dissolvidos), ortofosfatos (fósforo inorgânico dissolvido ou fósforo biodisponível) e polifosfatos, sendo que o estudo do último não é ferramenta importante para monitoramento de qualidade de águas naturais. As fontes de fósforo em ecossistemas aquáticos podem ser naturais (em rochas, atmosfera ou materiais de origem alóctone) ou artificiais (esgotos ou material particulado lançado na atmosfera) (Esteves, 1998).

Nesse contexto, o fósforo total é empregado como padrão de classificação para águas naturais conforme Resolução CONAMA 357/2005. O Quadro 3.6 apresenta os padrões estabelecidos pelo CONAMA para fósforo total, de acordo com o tipo de ambiente (lêntico, intermediário e lótico).



Quadro 3.6 - Padrões de fósforo total para águas doces, segundo a Resolução CONAMA Nº 357/05.

Ambientes	Limites de Fósforo Total (mg/L)		
	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Ambiente lêntico	0,020	0,030	0,050
Ambientes intermediários (tempo de residência entre 2 a 40 dias) e tributários diretos de ambientes lênticos	0,025	0,050	0,075
Ambientes lóticos e tributários diretos de ambientes intermediários	0,100	0,100	0,150

Em termos de ortofosfatos solúveis, na campanha 1, ao longo do trecho avaliado os teores apresentaram variação de 0,030 mg/L a 0,190 mg/L (Ponto 07) com média de 0,045 mg/L, enquanto que os teores de fosfatos variaram de 0,010 mg/L a 0,100 mg/L (Ponto 04) associado a uma média de 0,026 mg/L. No contexto da campanha 2, os teores de ortofosfatos solúveis apresentaram variação de 0,030 mg/L a 0,160 mg/L (Ponto 12) associada a uma média de 0,048 mg/L, enquanto que os teores de fosfatos variaram de 0,020 mg/L a 0,800 mg/L associado a uma média de 0,055 mg/L.

Quanto aos teores de fósforo total (Figura 3.33), verificou-se na campanha 1 uma variação de 1,0 µg/L a 427,0 µg/L (Ponto 03) com média de 86,4 µg/L, quando, em termos de atendimento de classe, 84% dos resultados foram compatíveis com águas da classe 1, 4% com a classe 3, e 12% com a classe 4. Na campanha 2, os teores de fósforo total (Figura 3.33) apresentaram uma variação de 22,1 µg/L a 299,0 µg/L (Ponto 07) com média de 78,8 µg/L, quando, em termos de atendimento de classe, 88% dos resultados foram compatíveis com águas da classe 1; 4% com a classe 3 (Ponto 19); e 8% com a classe 4 (Pontos 08 e 07).



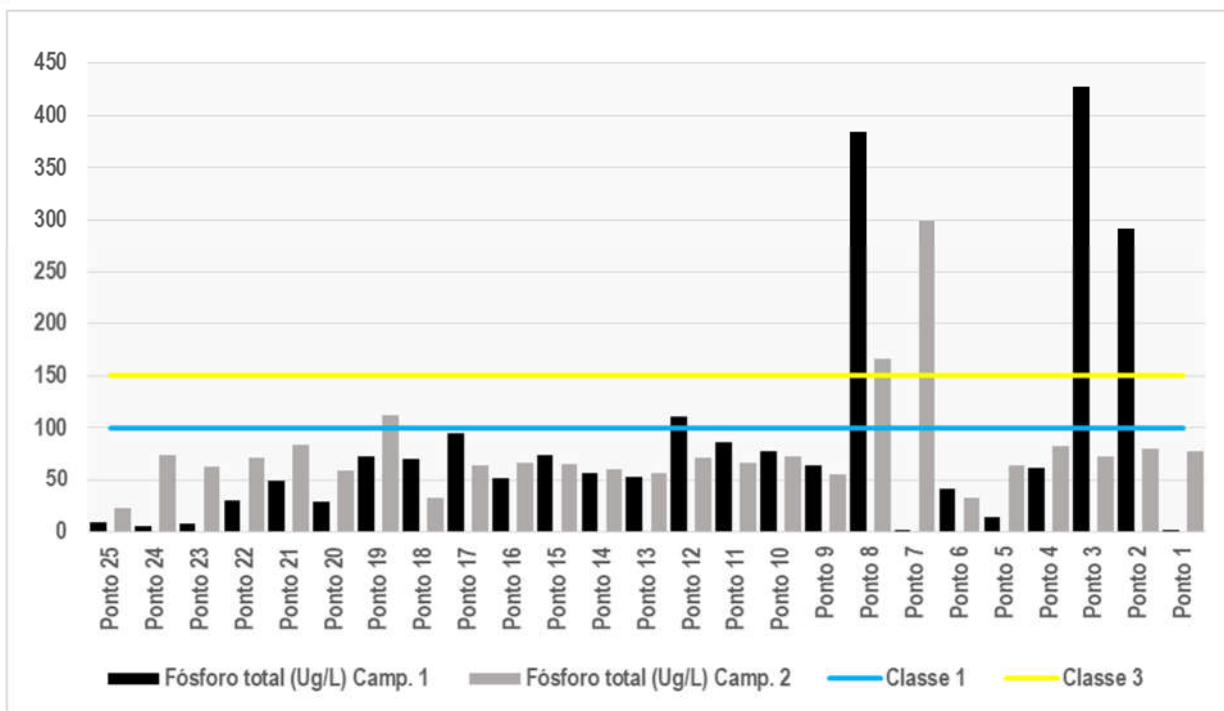


Figura 3.33 – Espacialização da variação dos teores de fósforo total.

Analisando-se a Figura 3.34, verifica-se que a campanha 1 apresenta maior distância entre P20 e P80, assim como entre sua média e mediana, indicando uma maior variabilidade (dispersão) entre os resultados, enquanto que a campanha 2 exibe para estes pares de estatísticas valores mais próximos, indicando relativo equilíbrio entre os resultados encontrados.

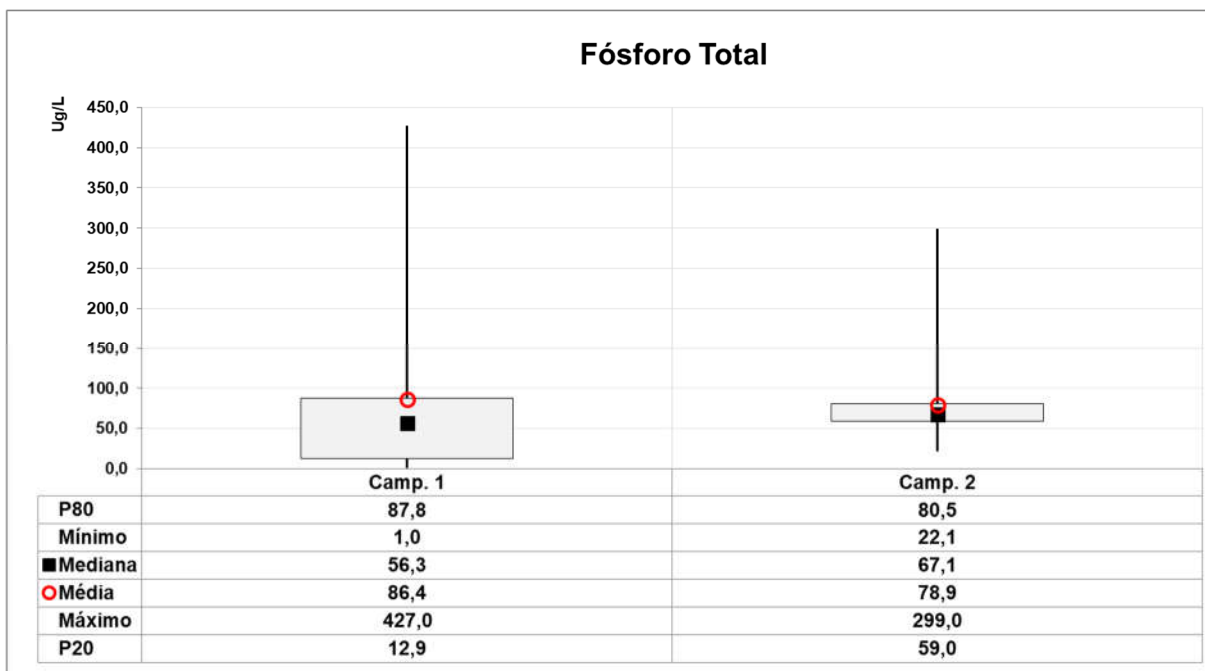


Figura 3.34 – Principais estatísticas associadas aos dados de Fósforo Total nas campanhas 1 e 2.



### 3.3.2.4 Série Nitrogenada

O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, como nitrato, nitrito, amônia, íon amônio, óxido nitroso, nitrogênio molecular, nitrogênio orgânico dissolvido, nitrogênio orgânico particulado (Esteves, 1998).

#### 3.3.2.4.1 Nitrato

Os teores de nitrato devem apresentar valores inferiores a 10 mg/L N-NO<sub>3</sub> para águas doces em Classes 1, 2 e 3, segundo a Resolução Conama N° 357/05.

Ao longo do trecho avaliado e no contexto da campanha 1 os teores de nitrato apresentaram variação de 0,71 mg/L a 1,30 mg/L (Ponto 11) com média de 0,98 mg/L, enquanto que na campanha 2 os teores variaram de 0,47 mg/L a 4,26 mg/L (Ponto 05) associado a uma média de 1,33 mg/L. Em termos de atendimento de classe, 100% dos resultados das campanhas realizadas apresentaram características de águas da classe 1.

#### 3.3.2.4.2 Nitrito (como N)

Segundo a resolução CONAMA N° 357/05, a concentração de nitrito deve apresentar valores inferiores a 1,0 mg/L para águas doces de Classes 1, 2 e 3.

Ao longo do trecho avaliado e no contexto da campanha 1, os teores de nitrito apresentaram valor máximo de 0,03 mg/L, enquanto na campanha 2 os teores apresentaram valor da ordem de 0,010 mg/L. Em termos de atendimento de classe, 100% dos resultados das campanhas realizadas apresentaram características de águas da classe 1.

#### 3.3.2.4.3 Nitrogênio amoniacal

As concentrações de nitrogênio amoniacal estabelecidas na Resolução CONAMA N° 357/05 são apresentadas no Quadro 3.7, de acordo com a faixa de pH.

Quadro 3.7 – Padrões de qualidade de águas doces segundo a Resolução CONAMA N° 357/05 para o Nitrogênio Amoniacal.

Faixa de pH	Classes 1 e 2	Classe 3
Até 7,5	3,7 mg/L N-NH <sub>3</sub>	13,3 mg/L N-NH <sub>3</sub>
7,5 a 8,0	2,0 mg/L N-NH <sub>3</sub>	5,6 mg/L N-NH <sub>3</sub>
8,0 a 8,5	1,0 mg/L N-NH <sub>3</sub>	2,2 mg/L N-NH <sub>3</sub>
Maior 8,5	0,5 mg/L N-NH <sub>3</sub>	1,0 mg/L N-NH <sub>3</sub>

Na campanha 1, ao longo do trecho avaliado os teores de nitrogênio amoniacal apresentaram variação de 0,10 mg/L a 1,10 mg/L (Ponto 02) com média de 0,15 mg/L,



enquanto que, na campanha 2, os teores variaram de 0,10 mg/L a 0,45 mg/L (Ponto 19), retratando uma média de 0,12 mg/L. Em termos de atendimento de classe, 100% dos resultados das campanhas realizadas apresentaram características de águas da classe 1.

#### 3.3.2.4.4 Nitrogênio orgânico

Não há limites estipulados pela Resolução Conama Nº 357/05 para este parâmetro.

Ao longo do trecho avaliado, na campanha 1 os teores de nitrogênio orgânico apresentaram variação de 0,10 mg/L (Ponto 02) a 1,93 mg/L (Ponto 10) com média de 0,75 mg/L, enquanto que, na campanha 2, os teores variaram de 0,34 mg/L a 1,21 mg/L (Ponto 24), retratando também uma média de 0,75 mg/L.

#### 3.3.2.4.5 Nitrogênio total Kjeldahl (NTK)

O NTK representa a soma do nitrogênio orgânico e amoniacal e não há limites estipulados pela Resolução Conama Nº 357/05.

Os teores de NTK (Figura 3.35) na campanha 1 apresentaram variação de 0,29 mg/L (Ponto 09) a 1,93 mg/L (Ponto 10) com média de 0,84 mg/L, com a fração orgânica representando em média 91% do conteúdo nitrogenado. Na campanha 2, os teores de NTK apresentaram variação de 0,55 mg/L (Ponto 25) a 1,21 mg/L (Ponto 24) com média de 0,80 mg/L, com a fração orgânica representando em média 94% do conteúdo nitrogenado.

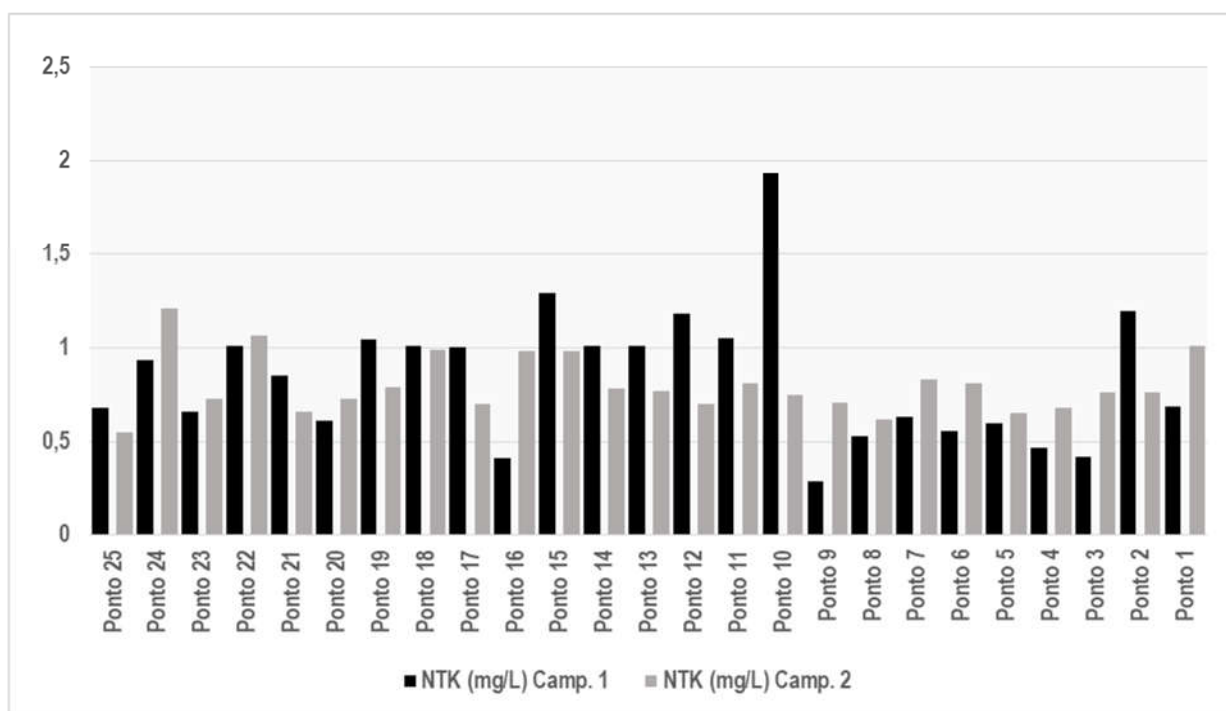


Figura 3.35 – Espacialização da variação dos teores de NTK.





Quanto às principais estatísticas associadas aos teores de NTK entre as duas campanhas (Figura 3.36), verifica-se que ambas apresentam suas respectivas médias e medianas muito próximas, indicando relativo equilíbrio entre os resultados encontrados ao longo do trecho de interesse, ainda que a campanha 1 apresente uma maior amplitude entre P20 e P80.

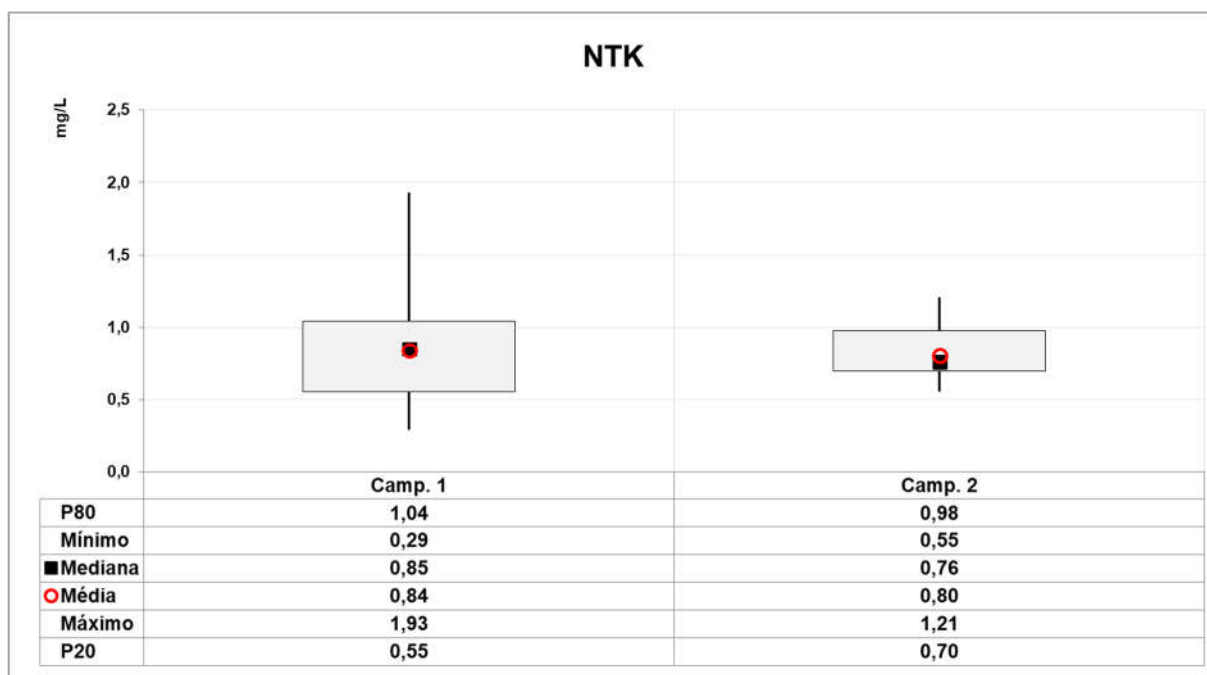


Figura 3.36 – Principais estatísticas associadas aos dados de NTK nas campanhas 1 e 2.

### 3.3.2.5 Coliformes termotolerantes

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas, de hastes não esporuladas e que estão associadas às fezes de animais de sangue quente e com o solo. As bactérias coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar açúcar. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

Este parâmetro é empregado como padrão de classificação para águas naturais conforme Resolução CONAMA 357/2005. Nesta resolução está estabelecido que a concentração de coliformes termotolerantes em águas doces não pode ser superior a 200 NMP/100mL para Classe 1, 1000 NMP/100mL para Classe 2 e 2500 NMP/100mL para Classe 3, em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano.



Na campanha 1, as densidades de coliformes termotolerantes (Figura 3.37) apresentaram variação de 1 NMP/100 mL a 73000 NMP/100 mL, nas quais, em termos de atendimento de classe, 28% dos resultados foram compatíveis com águas da classe 1; 36% com a classe 2; 12% com a classe 3; e 24% com a classe 4. No contexto da campanha 2 as densidades de coliformes termotolerantes (Figura 3.37) apresentaram variação de 70 NMP/100 mL a 3800 NMP/100 mL (Ponto 24), quando, em termos de atendimento de classe, 32% dos resultados foram compatíveis com águas da classe 1; 56% com a classe 2; e 12% com a classe 4.

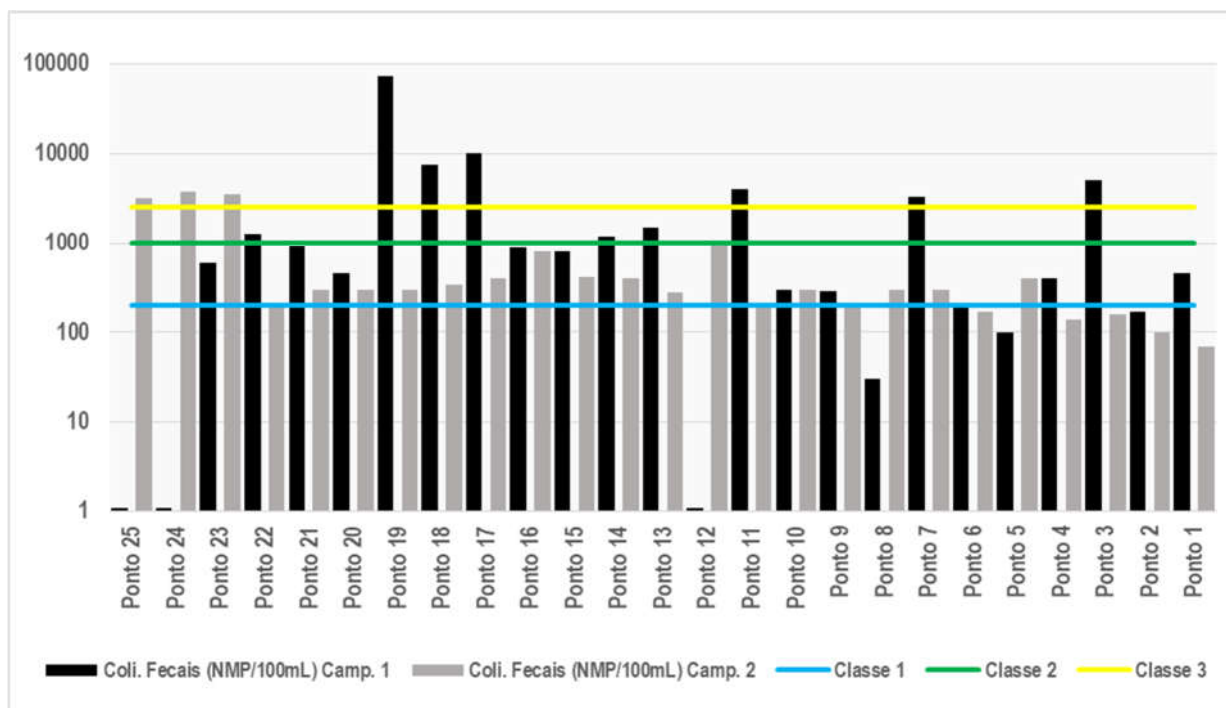


Figura 3.37 – Espacialização da variação das densidades de Coliformes Termotolerantes.

Quanto às principais estatísticas associadas às densidades de Coliformes Termotolerantes, as campanhas 1 e 2 (Figura 3.38), verifica-se que ambas as campanhas apresentam relativa distância entre suas respectivas médias e medianas, indicando a ocorrência de valores mais destacados (destoantes), notadamente na campanha 1, na qual há maior amplitude entre os valores máximo e mínimo, e uma maior amplitude entre P20 e P80.

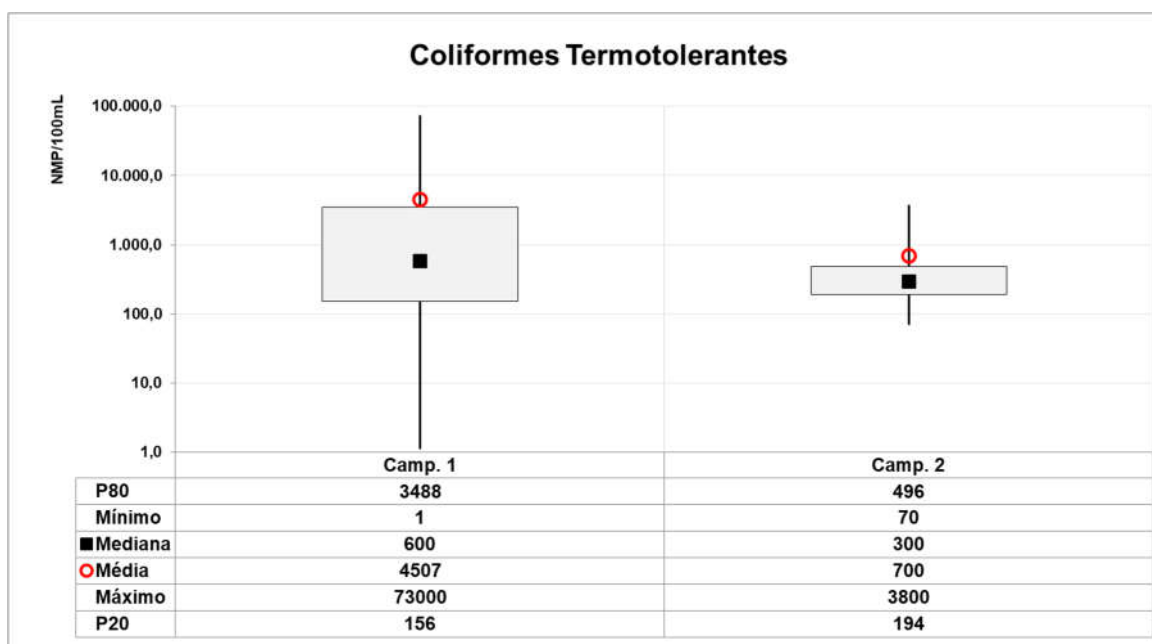


Figura 3.38 – Principais estatísticas associadas aos dados de Coliformes Termotolerantes nas campanhas 1 e 2.

### 3.3.2.6 Cor

Quanto à cor, este parâmetro em águas naturais é primordialmente consequência da geoquímica, da drenagem superficial, da dissolução e da lise dos múltiplos compostos, especialmente os orgânicos. Em ambientes naturais, a cor é importante juntamente à turbidez da água, pois determinam a profundidade na qual a luz é transmitida e, dessa forma, controlam a produtividade primária pelo controle da taxa de fotossíntese das algas presentes.

A cor real é empregada como padrão de classificação de águas naturais segundo a Resolução Conama N° 357/2005. A Resolução estabelece que águas doces da classe 1 devem apresentar cor natural e concentrações inferiores a 75 UC para as classes 2 e 3.

Os teores de cor na campanha 1 (Figura 3.39) apresentaram variação de 14,50 UC (Ponto 21) a 78,90 UC (Ponto 13) com média de 37,86 UC, quando, em termos de atendimento de classe, os resultados apresentaram, predominantemente, características de águas da classe 2, excetuando-se o registro do Ponto 13, característico de águas da classe 4 quanto ao parâmetro. Na campanha 2 (Figura 3.39) os teores apresentaram variação de 12,20 UC (Ponto 07) a 392,00 UC (Ponto 11) com média de 112,61 UC, apresentando em termos de atendimento de classe, características de águas da classe 2 em 56%, e um percentual de 44% de águas da classe 4 quanto ao parâmetro.



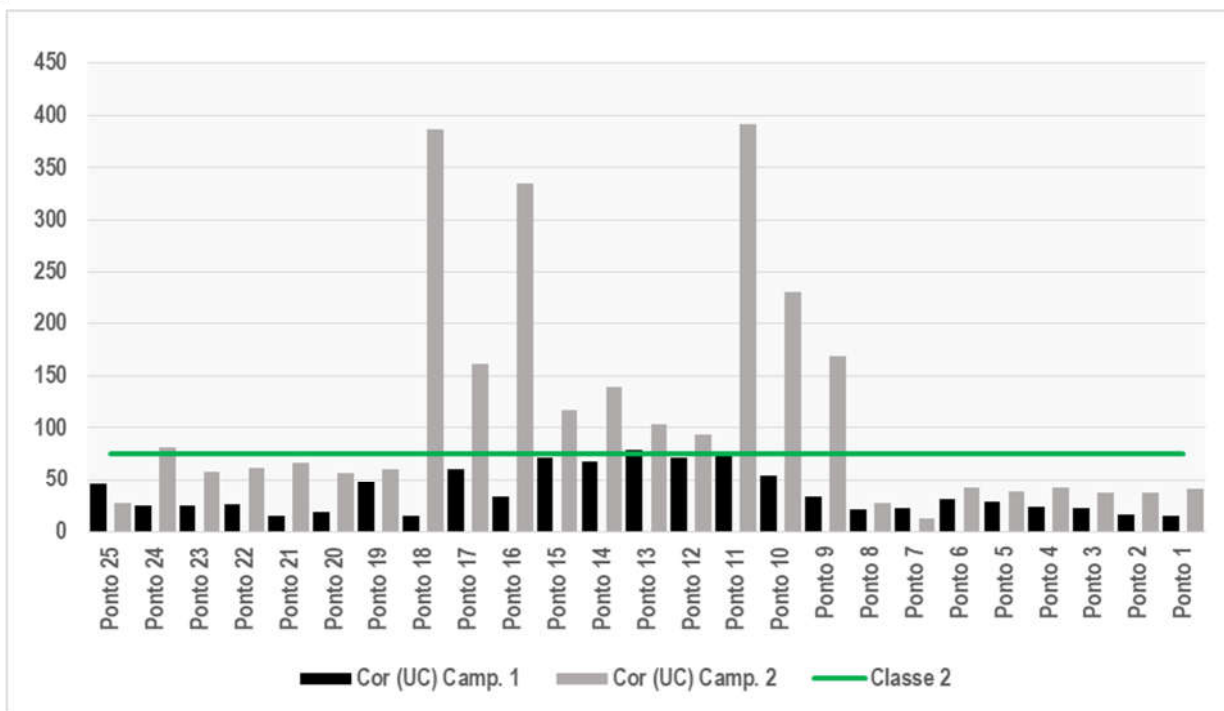


Figura 3.39 – Espacialização da variação dos teores de cor.

Em termos de cor, verifica-se na Figura 3.40 que as principais estatísticas associadas aos resultados das campanhas de diagnóstico são bem distintas, nas quais a campanha 1 apresenta-se mais homogênea, com menor amplitude entre P20 e P80, e, de modo contrário, na campanha 2 os dados revelam uma maior amplitude entre os percentis P20 e P80, assim como a média e mediana, refletindo os registros mais destacados ao longo do trecho de interesse.

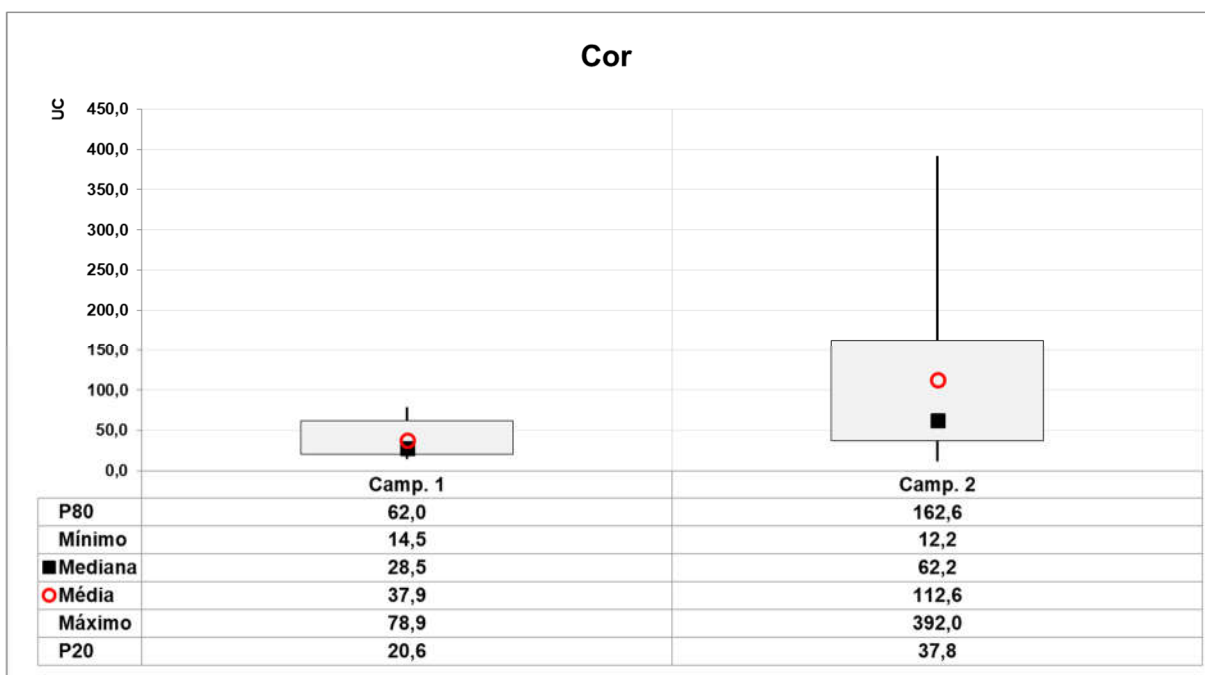


Figura 3.40 – Principais estatísticas associadas aos dados de cor nas campanhas 1 e 2.



### 3.3.2.7 Turbidez

A turbidez da água é empregada como padrão de classificação para águas naturais conforme Resolução Conama 357/2005. Nesta resolução está estabelecido que a turbidez não pode ser superior a 40 NTU para águas doces Classe 1 e 100 NTU para águas doces Classes 2 e 3.

Na campanha 1 verificou-se uma variação quanto à turbidez (Figura 3.41) de 6,94 NTU (Ponto 06) a 36,00 NTU (Ponto 14) com média de 20,61 NTU, caracterizando, integralmente, águas da classe 1. Na campanha 2, os teores de turbidez ao longo do trecho avaliado apresentaram variação de 31,20 NTU a 114,00 NTU (Ponto 24) associado a uma média de 70,06 NTU, refletindo 8% de resultados alinhados à classe 1 (Pontos 25 e 08), 88% à classe 2, e 4% à classe 4 (Ponto 24).

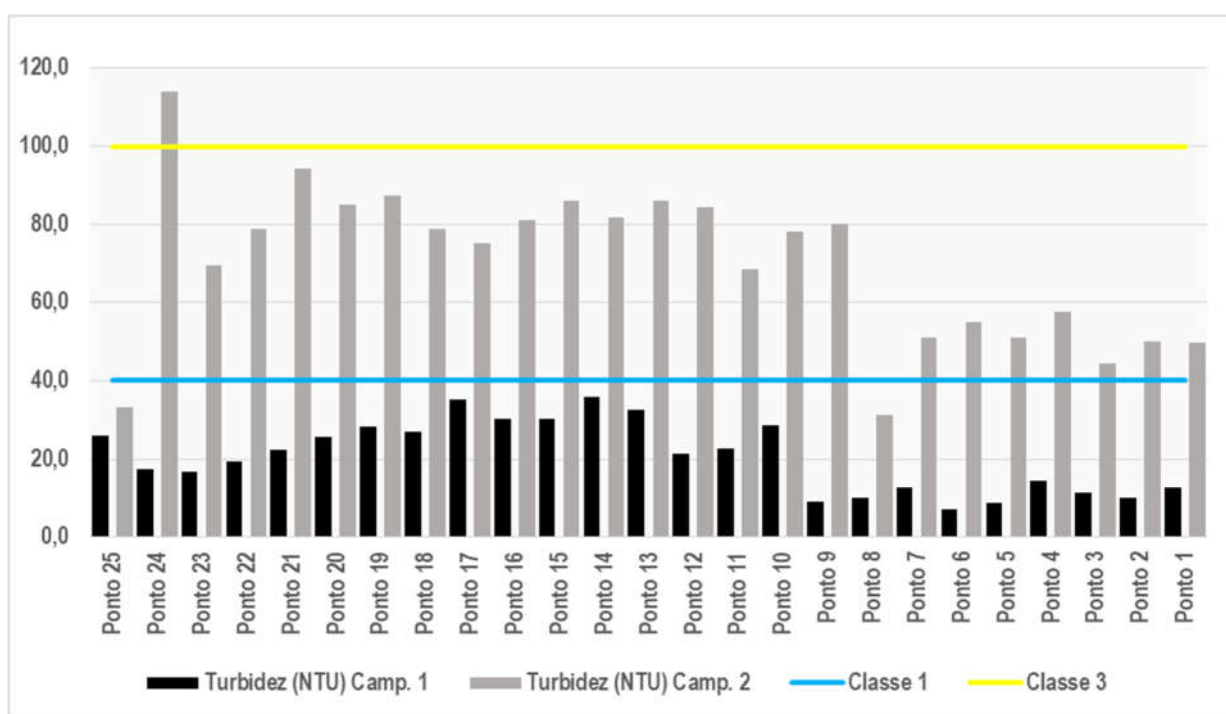


Figura 3.41 – Espacialização da variação dos teores de Turbidez.

Verifica-se na Figura 3.42 que as principais estatísticas associadas aos resultados de turbidez das campanhas de diagnóstico são bem distintas, a exemplo dos teores de cor, nos quais a campanha 1 apresenta-se mais homogênea com menor amplitude entre P20 e P80 em relação à campanha 2, da qual os dados revelam uma maior amplitude entre os percentis P20 e P80. Da mesma forma a média e mediana, que refletem registros mais destacados ao longo do trecho de interesse.

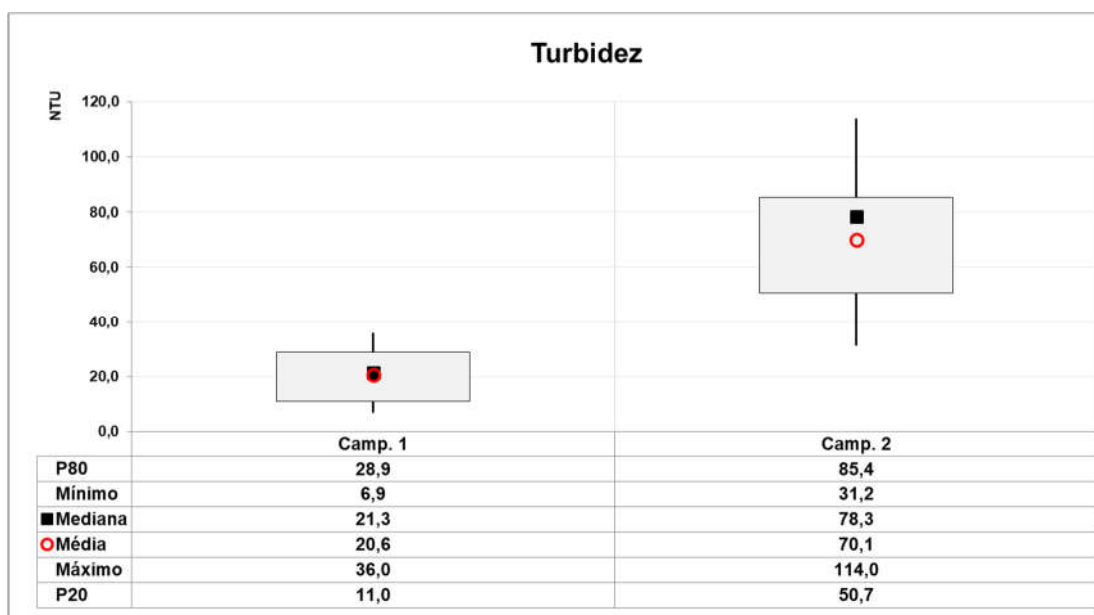


Figura 3.42 – Principais estatísticas associadas aos dados de Turbidez nas campanhas 1 e 2.

### 3.3.2.8 Condutividade

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, portanto, ela representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

A Resolução CONAMA Nº 357/2005 não estabelece limites para esse parâmetro. Os valores de condutividade (Figura 3.43) durante a campanha 1 apresentaram variação de 50,30  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Ponto 11) a 107,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Ponto 04) com média de 64,93  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; enquanto que na campanha 2 a variação da condutividade elétrica foi de 12,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 18,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$  com média de 14,08  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , constituindo valores significativamente inferiores aos registrados na campanha 1.



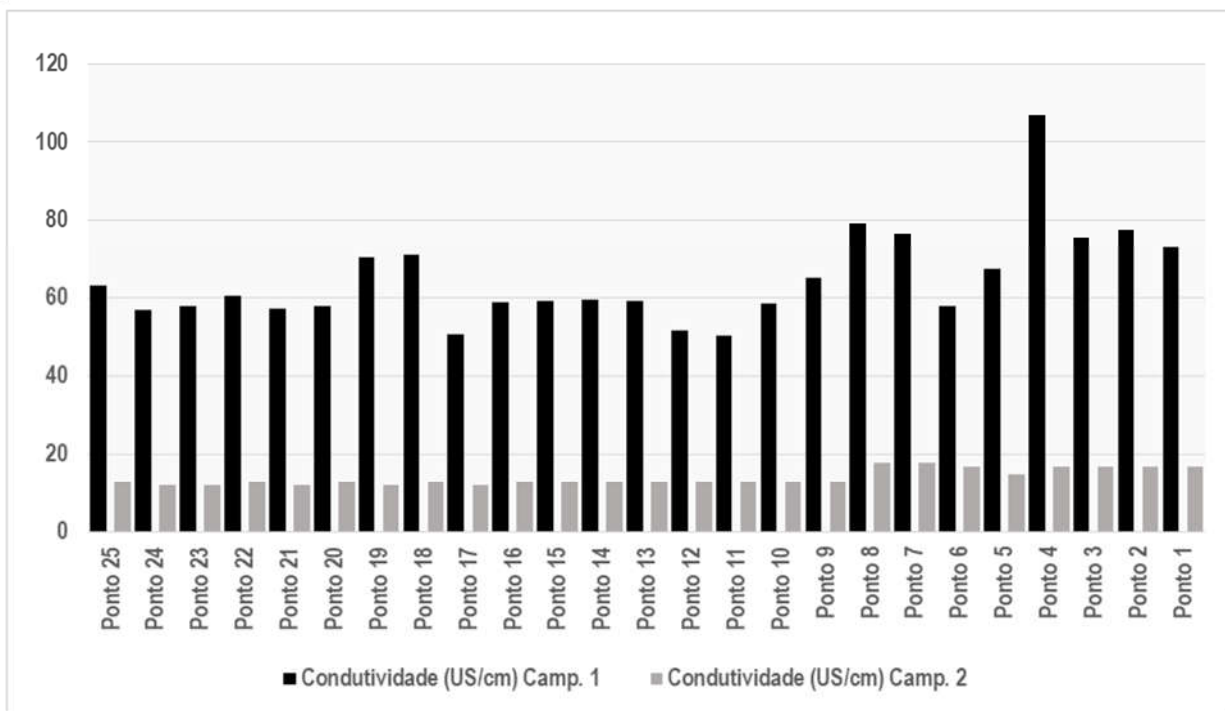


Figura 3.43 – Espacialização da variação dos valores de Condutividade elétrica.

Em termos de condutividade elétrica, verifica-se na Figura 3.44 que as principais estatísticas associadas aos resultados das campanhas de diagnóstico são bem distintas: a campanha 1 reflete valores mais destacados registrados quando comparada à campanha 2, cujos dados refletem pouca amplitude entre os percentis P20 e P80, assim como entre a média e mediana (maior homogeneidade entre valores).

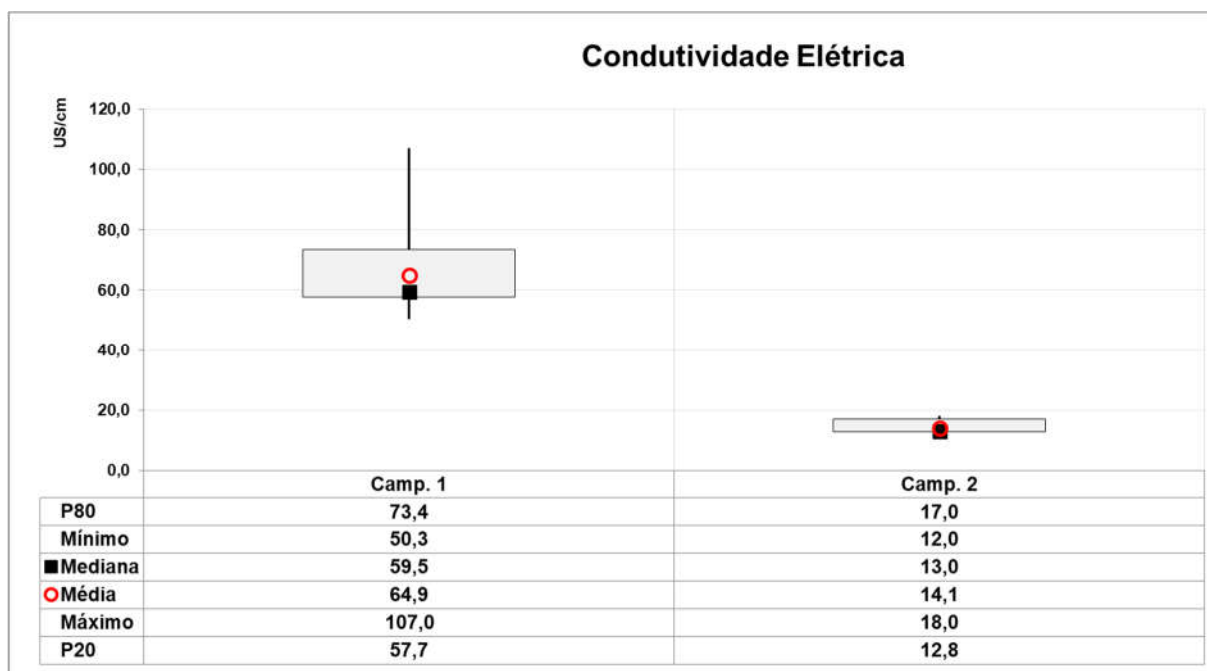


Figura 3.44 – Principais estatísticas associadas aos dados de Condutividade Elétrica nas campanhas 1 e 2.



### 3.3.2.9 Sólidos totais

Os Sólidos Totais (ST) são definidos no *Standard Methods* como sendo o material residual que fica numa cápsula após a secagem, em peso constante e numa estufa a uma temperatura que varia entre 103°C a 105°C de um determinado volume de uma amostra de água/água residual. A Resolução CONAMA N° 357/2005 não estabelece limites para esse parâmetro.

Ao longo do trecho avaliado, os teores de sólidos totais (Figura 3.45) registrados na campanha 1 apresentaram variação de 35,0 mg/L (Ponto 04) a 121,0 mg/L (Ponto 25) com média de 78,92 mg/L. Na campanha 2, os teores de sólidos totais apresentaram valores variando de 75,0 mg/L (Ponto 25) a 143,0 mg/L (Ponto 24) com média de 117,44 mg/L, constituindo, de forma geral, em valores mais elevados em relação à campanha 1, comportamento inverso aos resultados de condutividade elétrica.

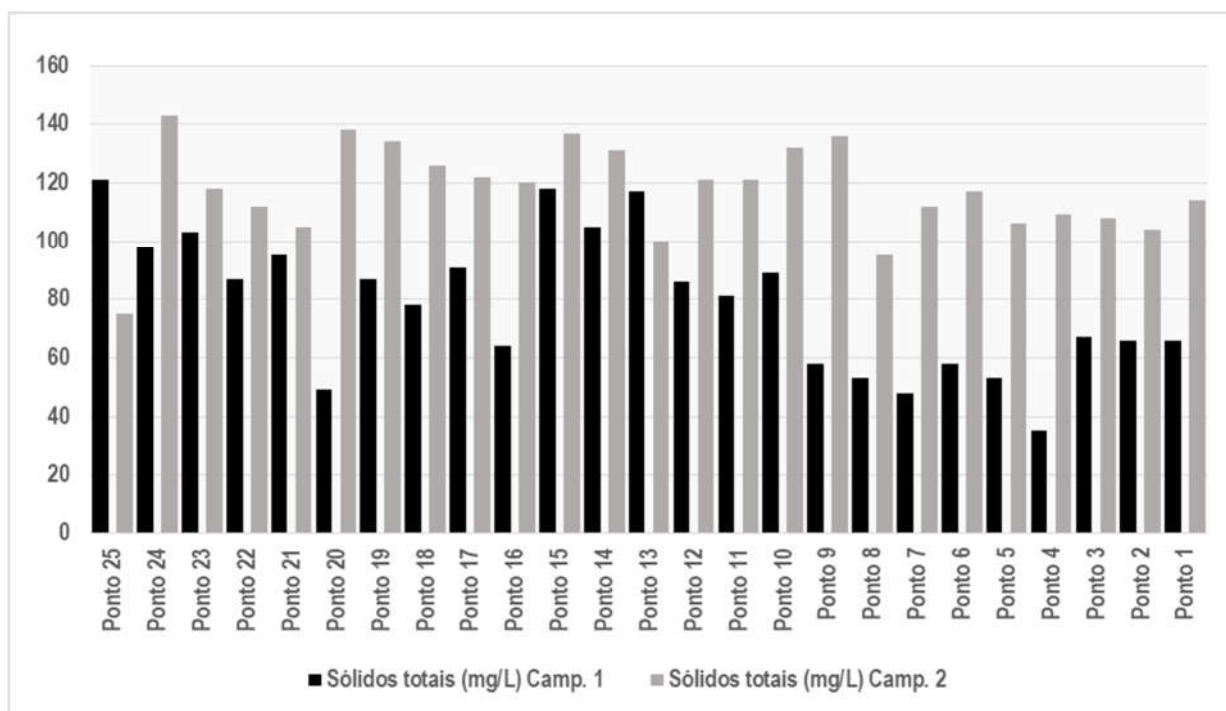


Figura 3.45 – Espacialização da variação dos teores de Sólidos totais.

Verifica-se na Figura 3.46 que ambas as campanhas apresentam suas respectivas médias e medianas muito próximas, indicando relativo equilíbrio entre os resultados encontrados ao longo do trecho de interesse. Em termos de percentis P20 e P80, verifica-se para a campanha 1 uma maior amplitude quando comparada à campanha 2, ainda que nela os percentis sejam mais altos em resposta aos valores mais destacados encontrados.

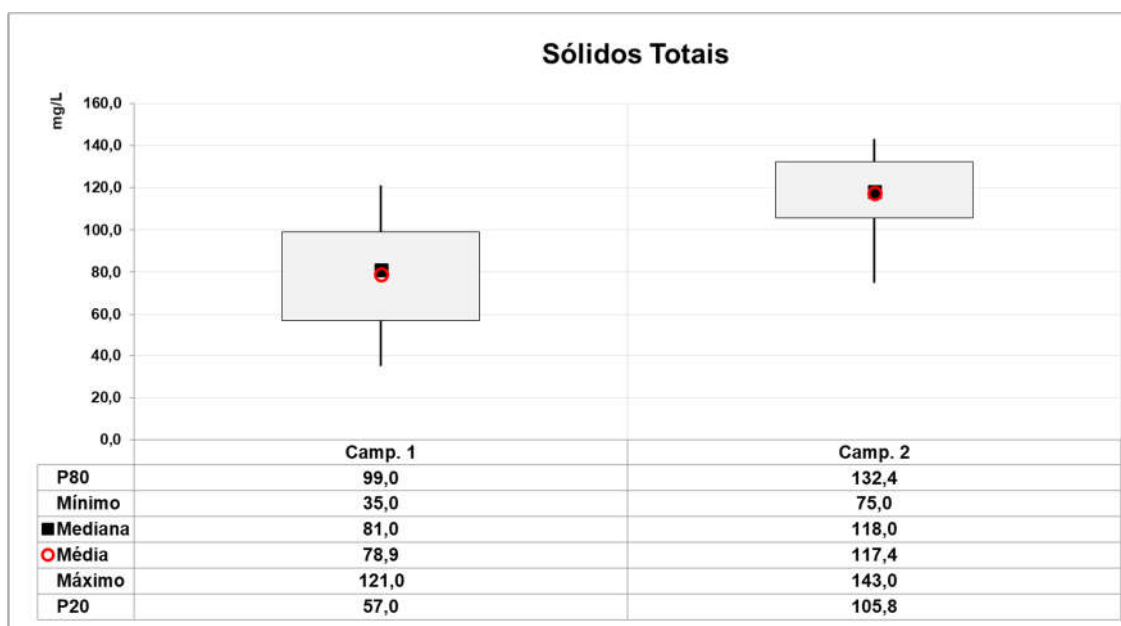


Figura 3.46 – Principais estatísticas associadas aos dados de Sólidos Totais nas campanhas 1 e 2.

### 3.3.2.10 Alumínio dissolvido

O alumínio é um metal encontrado em concentrações altas nas águas naturais. Suas principais fontes são o intemperismo das rochas da bacia de drenagem e o escoamento superficial desse material. Os latossolos das regiões tropicais e subtropicais são ricos em óxidos de ferro e de alumínio, cuja condição se faz sentir sobre as águas. O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez. Outro aspecto-chave da química do alumínio é sua dissolução no solo para neutralizar a entrada de ácidos com as chuvas ácidas. Nesta forma, ele é extremamente tóxico à vegetação e pode ser escoado para os corpos d'água (CETESB, 2019).

No contexto da Resolução Conama Nº 357/05, somente a fração dissolvida é empregada como padrão de classificação para águas naturais, restando estabelecer que a concentração deste elemento, o alumínio, não pode ser superior a 0,10 mg/L em águas doces Classe 1 e 2 e a 0,20 mg/L em águas doces Classe 3.

Os teores de alumínio dissolvido (Figura 3.47) na campanha 1 apresentaram variação de 0,0334 mg/L (Ponto 04) a 2,1400 mg/L (Ponto 15) com média de 0,5368 mg/L, quando, em termos de atendimento de classe, 52% dos resultados apresentaram características de águas da classe 1; e as classes 3 e 4 representaram 16% e 32%, respectivamente. Ao longo da campanha 2, os teores de alumínio dissolvido apresentaram variação de 0,019 mg/L (Ponto 08) a 0,333 mg/L (Ponto 23) com média de 0,152 mg/L, onde em termos de atendimento de





classe 28% dos resultados apresentaram características de águas da classe 1, 44% com a classe 3 e 28% com a classe 4.

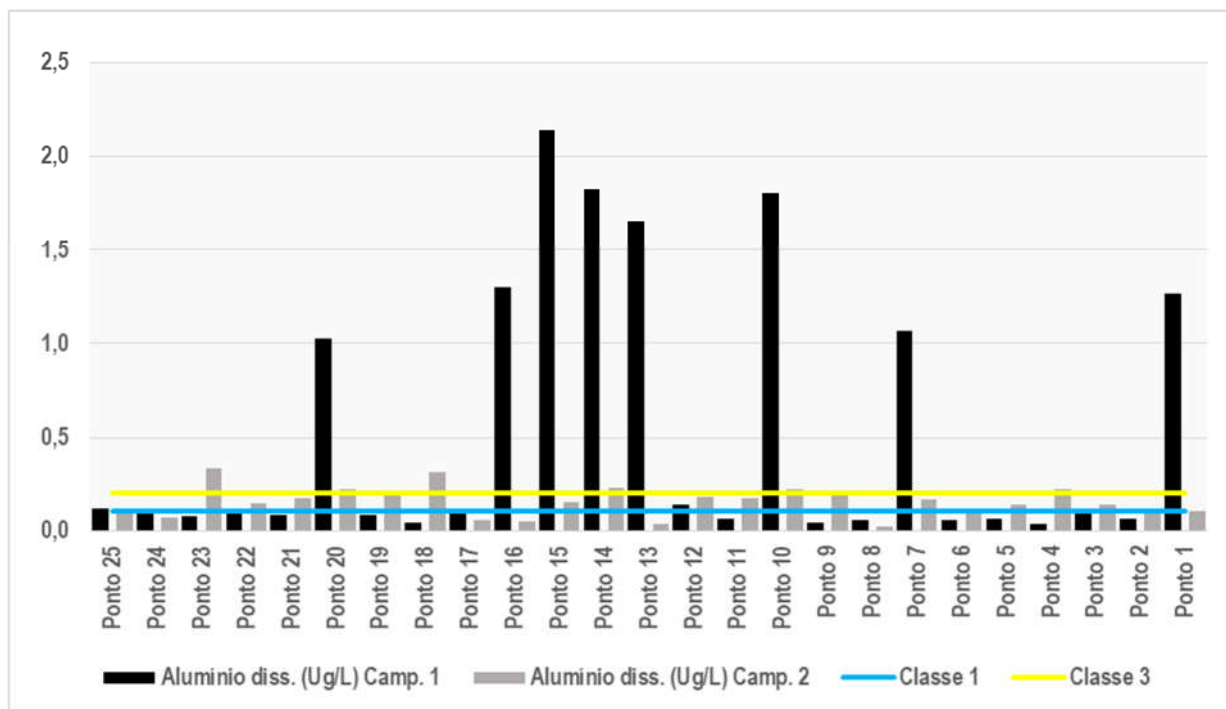


Figura 3.47 – Espacialização da variação dos teores de Alumínio dissolvido.

Em termos de alumínio dissolvido, verifica-se na Figura 3.48 que a campanha 1 apresenta uma maior amplitude entre os percentis P20 e P80, bem como entre sua média e mediana quando comparadas às da campanha 2, refletindo a maior variabilidade de dados encontrada ao longo do trecho. Quanto à campanha 2, as estatísticas refletem a maior homogeneidade dos dados de campo ao longo do trecho de interesse.

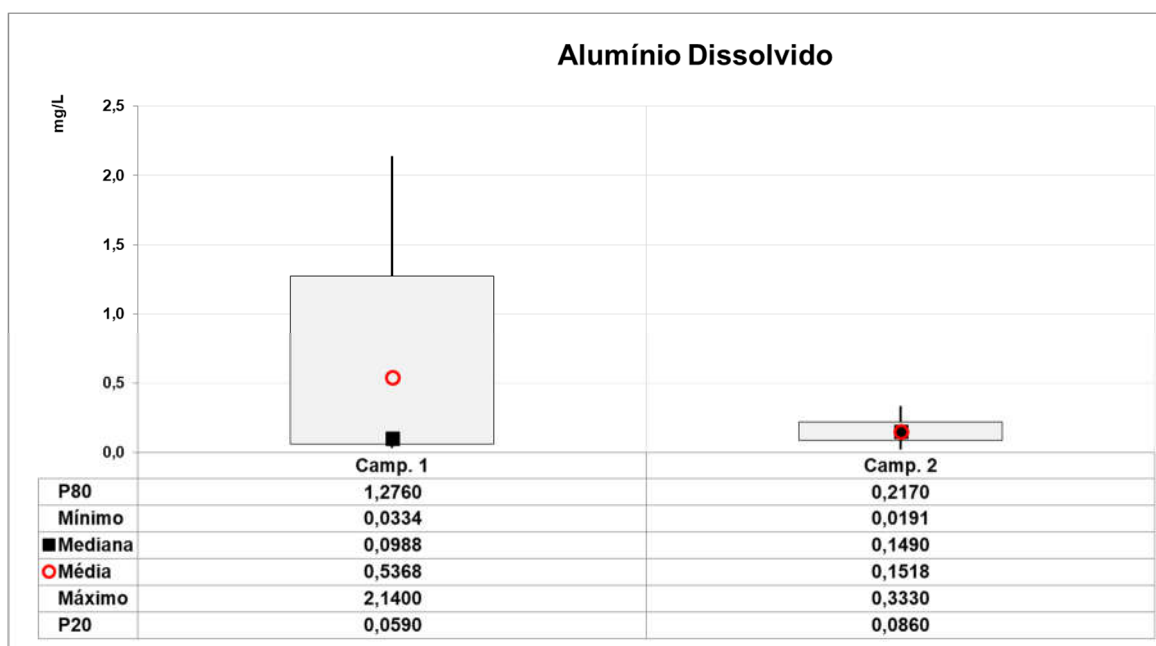


Figura 3.48 – Principais estatísticas associadas aos dados de Alumínio Dissolvido nas campanhas 1 e 2.

### 3.3.2.11 Ferro dissolvido

O ferro, que é encontrado na sua forma ferrosa ( $Fe^{+2}$ ) e férrica ( $Fe^{+3}$ ), é o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre. Sob condições redutoras, o íon ferroso está presente dissolvido na água, mas em condições aeróbicas é oxidado para sua forma menos móvel precipitando como íon férrico. Em reservatórios e lagos, o ferro pode ser redissolvido em camadas profundas sob condições anóxicas, possível de ocorrer em períodos de estratificação térmica, vindo a precipitar novamente quando em contato com zonas oxigenadas.

Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens. Também poderá ser importante a contribuição devida a efluentes industriais, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido por decapagem, que normalmente é procedida através da passagem da peça em banho ácido.

No contexto da Resolução Conama Nº 357/05 somente a fração dissolvida é empregada como padrão de classificação para águas naturais, restando o estabelecido de que as águas devem apresentar valores inferiores a 0,3 mg/L Fe para águas doces Classes 1 e 2, e 5,0 mg/L Fe para águas doces Classe 3.



Na campanha 1, ao longo do trecho avaliado, os teores de ferro dissolvido (Figura 3.49) apresentaram variação de 0,338 mg/L (Ponto 04) a 3,260 mg/L (Ponto 15) com média de 1,082 mg/L, onde em termos atendimento de classe 100% dos resultados apresentaram características de águas da classe 3 quanto ao parâmetro. Já na campanha 2, os teores de ferro dissolvido apresentaram variação de 0,078 mg/L (Ponto 22) a 0,305 mg/L (Ponto 01) com média de 0,185 mg/L, resultando em um atendimento de classe da ordem de 96% dos resultados quanto a águas da classe 1, e apenas 4% para águas da classe 3 quanto ao parâmetro, comportamento significativamente diferente quando comparado ao da campanha 1.

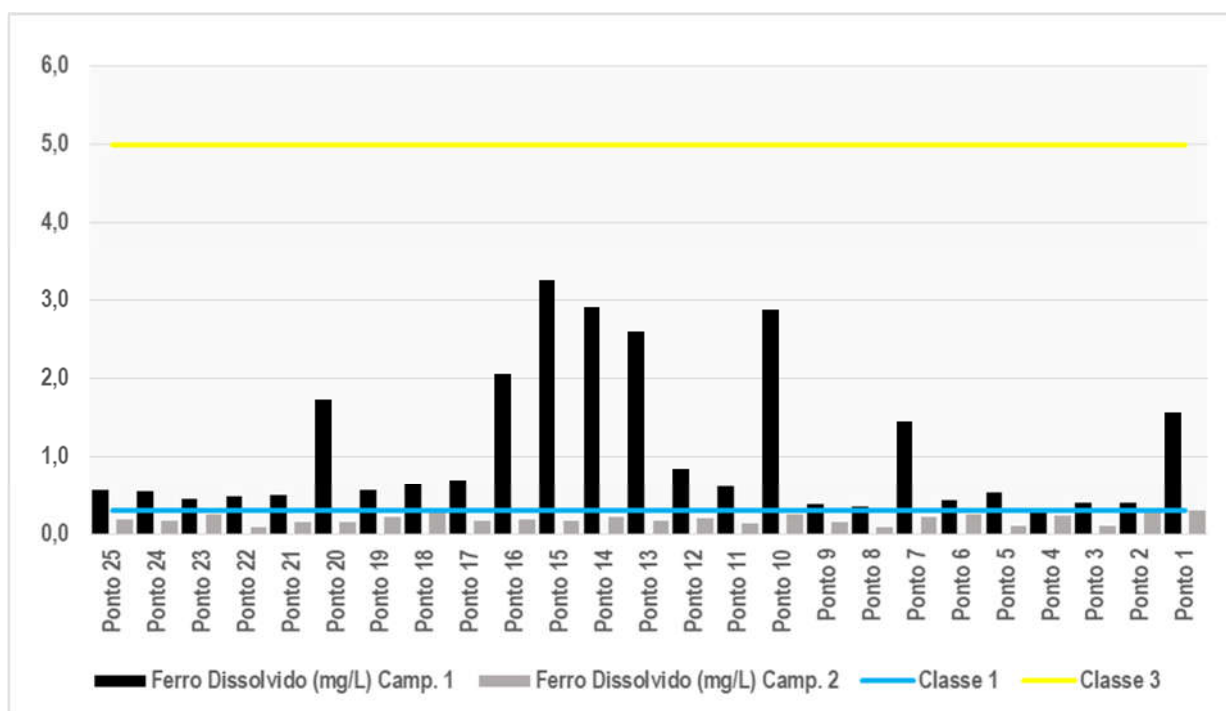


Figura 3.49 – Espacialização da variação dos teores de Ferro dissolvido.

Quanto às principais estatísticas associadas aos resultados de ferro dissolvido, verifica-se na Figura 3.50, a exemplo do comportamento do alumínio dissolvido, que a campanha 1 apresenta uma maior amplitude entre os percentis P20 e P80, bem como entre sua média e mediana quando comparadas às da campanha 2, refletindo a maior variabilidade de dados encontrada ao longo do trecho. Quanto à campanha 2, as estatísticas refletem a maior homogeneidade dos dados de campo ao longo do trecho de interesse.



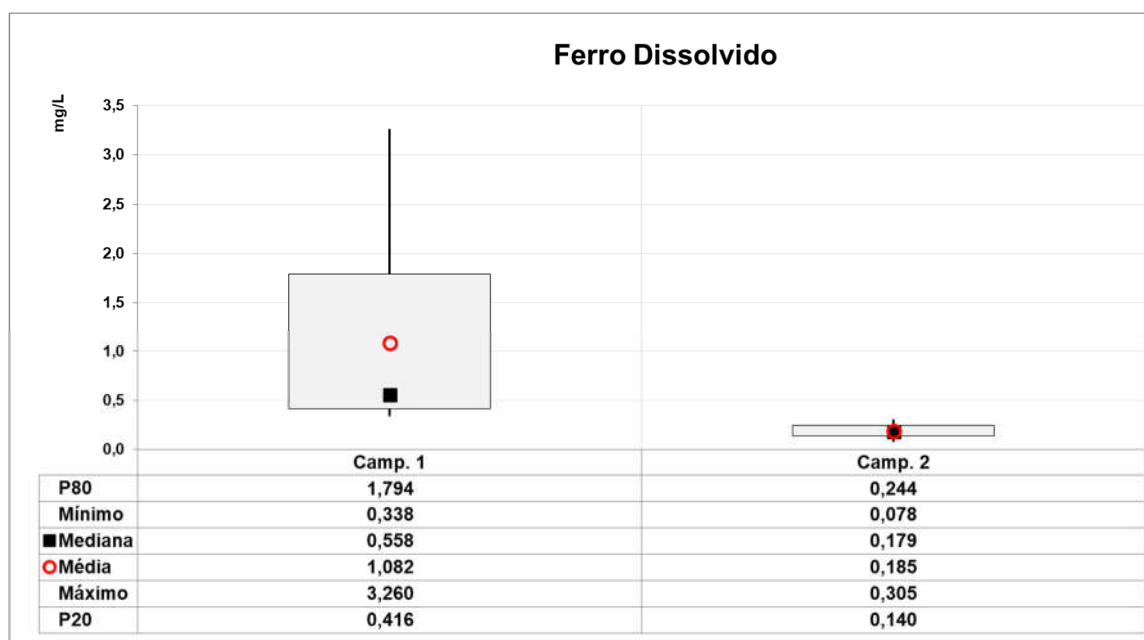


Figura 3.50 – Principais estatísticas associadas aos dados de Ferro Dissolvido nas campanhas 1 e 2.

### 3.3.2.12 Manganês total

O manganês, como cátion metálico, é semelhante ao ferro em seu comportamento químico e é frequentemente encontrado em associação a ele. Esse elemento existe sob a forma  $Mn^{+2}$  e é oxidado, passando à forma  $Mn^{+4}$ . É um elemento essencial para a nutrição tanto de animais como de seres humanos, entretanto, sua falta ou excesso produzem efeitos colaterais. O envenenamento por manganês produz efeitos semelhantes aos da doença de Parkinson, distúrbios psicológicos e falta de coordenação motora.

A Resolução CONAMA Nº 357/2005, para águas doces de classes 1 e 2, fixa o valor limite em 0,10 mg/L Mn e para as de classe 3 em 0,50 mg/L Mn.

Os teores de manganês total (Figura 3.51) ao longo da campanha 1 apresentaram variação de 34,30  $\mu\text{g/L}$  (Ponto 13) a 105,0  $\mu\text{g/L}$  (Ponto 16) com média de 56,31  $\mu\text{g/L}$ , onde em termos de atendimento de classe, excetuando-se o registro do Ponto 16, característico de águas da classe 3, os demais apresentaram-se compatíveis com águas da classe 1. Na campanha 2, os teores de manganês total (Figura 3.51) apresentaram variação de 24,20  $\mu\text{g/L}$  (Ponto 08) a 60,70  $\mu\text{g/L}$  (Ponto 19) com média de 36,36  $\mu\text{g/L}$ , constituindo-se em valores integralmente característicos de classe 1.

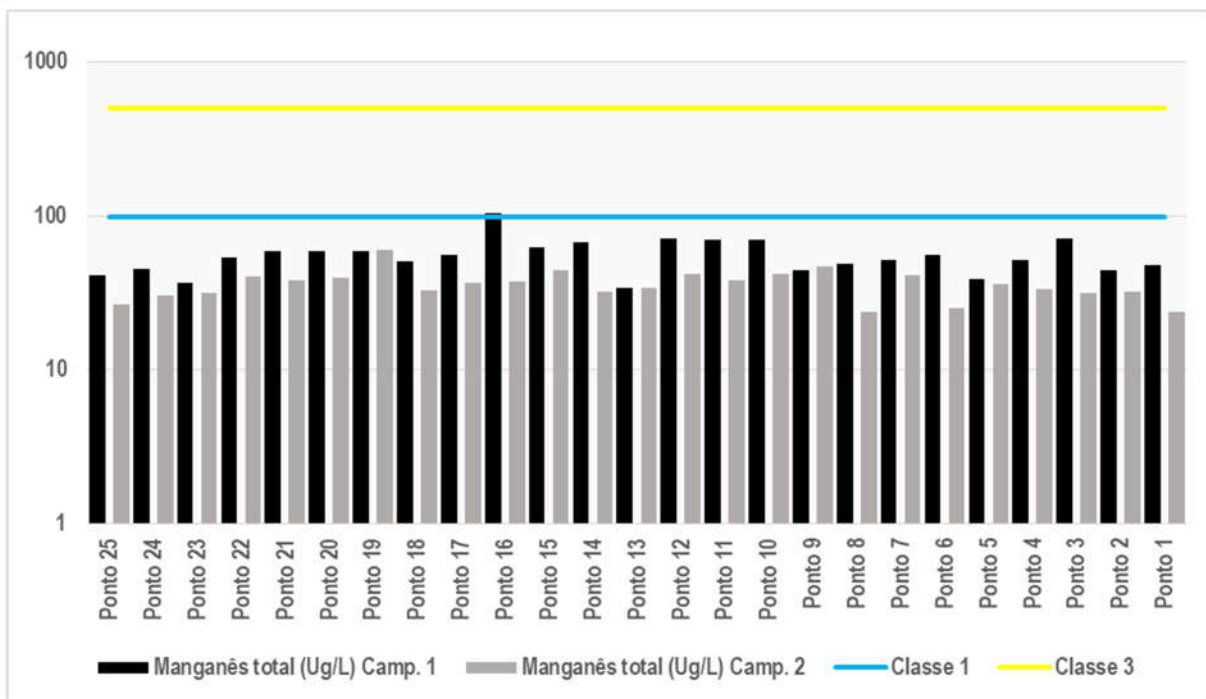


Figura 3.51 – Espacialização da variação dos teores de Manganês total.

Em termos de manganês total, verifica-se, na Figura 3.52, que ambas as campanhas apresentam suas respectivas médias e medianas muito próximas, indicando relativo equilíbrio entre os resultados encontrados ao longo do trecho de interesse, ainda que a campanha 1 apresente uma maior amplitude entre os percentis P20 e P80 em relação à campanha 2.

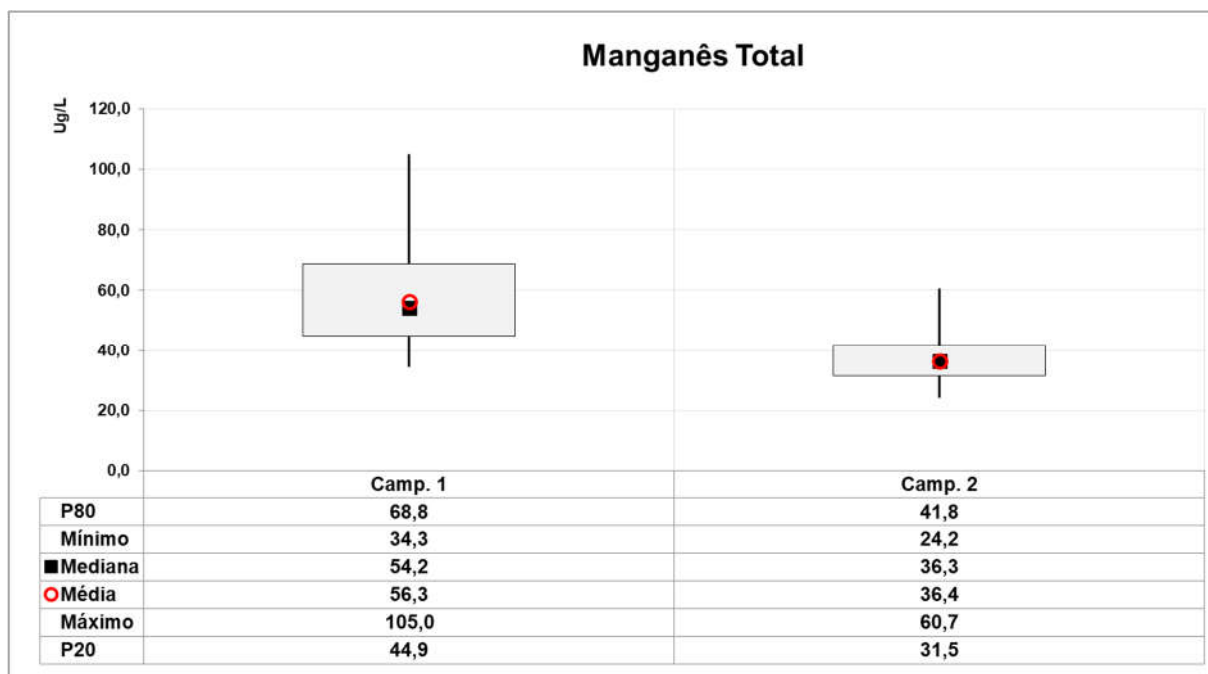


Figura 3.52 – Principais estatísticas associadas aos dados de Manganês total nas campanhas 1 e 2.



### 3.3.2.13 Cádmio total

Normalmente a concentração de cádmio em águas não poluídas é inferior a 1 µg/L. A água potável apresenta baixas concentrações, geralmente entre 0,01 e 1 µg/L, entretanto pode ocorrer contaminação devido à presença de cádmio como impureza no zinco de tubulações galvanizadas, soldas e alguns acessórios metálicos. A Resolução Conama Nº 357/05 fixa o limite de 1,0 µg/L para as classes 1 e 2 e, 10 µg/L para a classe 3.

Ao longo do trecho avaliado, tanto na campanha 1, quanto na campanha 2, os teores de cádmio total apresentaram valores da ordem do limite de quantificação do método utilizado (< 1,0 µg/L) sendo integralmente característicos da classe 1.

### 3.3.2.14 Cobre dissolvido

Cobre é um elemento-traço comumente encontrado como constituinte de água natural. É essencial para a nutrição de todas as plantas e os animais. A forma química bivalente de sais de cobre, tais como cloreto, sulfato e nitrato, são altamente solúveis em água, enquanto os carbonatos, hidróxidos, óxidos e sulfetos não o são.

Destaca-se que, no contexto da Resolução Conama Nº 357/05, somente a fração dissolvida é empregada como padrão de classificação para águas naturais, restando estabelecido que a concentração deste elemento não pode ser superior a 0,009 mg/L em águas doces Classe 1 e 2, nem a 0,013 mg/L em águas doces Classe 3.

Considerando-se as campanhas 1 e 2, ao longo do trecho avaliado, os teores de cobre dissolvido apresentaram valor máximo de 0,004 mg/L, resultando, em termos de atendimento de classe, em valores integralmente característicos de águas de classe 1.

### 3.3.2.15 Cobalto total

Conforme Resolução Conama Nº 357/05, a concentração deste elemento não pode ser superior a 50 µg/L em águas doces Classes 1 e 2 e 200 µg/L em águas doces Classe 3.

Considerando-se as campanhas 1 e 2, ao longo do trecho avaliado, os teores de cobalto total apresentaram valores inferiores a 1,01 µg/L, sendo, portanto, integralmente característicos de classe 1.

### 3.3.2.16 Chumbo total

O chumbo é um elemento característico de águas naturais em uma combinação de equilíbrio de precipitação e complexação com ligantes orgânicos e inorgânicos. Sua permanência ou saída do sedimento depende basicamente da granulometria (Esteves, 1998).



O chumbo total é empregado como padrão de classificação para águas naturais conforme Resolução Conama Nº 357/05, a qual estabelece que a concentração deste elemento não pode ser superior a 10 µg/L em águas doces Classes 1 e 2, e 33 µg/L em águas doces Classe 3.

Ao longo do trecho avaliado na campanha 1, os teores de chumbo total apresentaram variação de 1,00 µg/L a 7,21 µg/L (Ponto 21) com média de 2,00 µg/L, resultando em 100% de atendimento a classe 1. Na campanha 2 os teores apresentaram variação de 1,00 µg/L a 5,60 µg/L (Ponto 19), com média de 1,92 µg/L, também resultando em 100% de atendimento a classe 1.

### 3.3.2.17 Cromo total

Este elemento entra no ambiente a partir do escoamento superficial em minas e lixiviamento para o subsolo, combustão de combustíveis fósseis, emissões de plantas de cimento, lixiviamento mineral e incineração de resíduos. O cromo III é um elemento nutricionalmente essencial. O cromo IV – mais tóxico que o cromo III – causa danos ao fígado e rins, hemorragia interna, danos respiratórios, dermatites e úlceras na pele quando em altas concentrações.

O cromo total é empregado como padrão de classificação para águas naturais conforme Resolução Conama Nº 357/05, a qual estabelece que a concentração desse elemento não pode ser superior a 50 µg/L em águas doces Classes 1, 2 e 3.

Na campanha 1, ao longo do trecho avaliado, os teores de cromo total apresentaram variação de 1,00 µg/L a 4,60 µg/L (Ponto 08) com média de 1,72 µg/L, resultando em 100% de atendimento a classe 1. Durante a campanha 2, os teores de cromo total apresentaram variação de 1,00 µg/L a 3,60 µg/L (Ponto 22) com média de 2,40 µg/L, também resultando em 100% de atendimento a classe 1.

### 3.3.2.18 Níquel total

Teores de níquel em águas superficiais naturais podem chegar a 0,1 mg/L; valores elevados podem ser encontrados em áreas de mineração. A maior contribuição antropogênica para o meio ambiente é a queima de combustíveis, além da mineração e fundição do metal, da fusão e modelagem de ligas, das indústrias de eletrodeposição, da fabricação de alimentos, de artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados.

A Resolução Conama Nº 357/05 indica que os teores deste elemento não podem ser superiores a 25 µg/L para as Classes 1, 2 e 3.





Ao longo do trecho avaliado durante a campanha 1, os teores de níquel total apresentaram variação de 1,00 µg/L a 1,84 µg/L (Ponto 22) com média de 1,20 µg/L, atendendo em 100% os resultados da classe 1. Na campanha 2, os teores de níquel total apresentaram variação de 1,00 µg/L a 5,80 µg/L (Ponto 08) com média de 1,22 µg/L, também atendendo em 100% os resultados da classe 1.

### 3.3.2.19 Mercúrio total

Está presente na forma inorgânica na água superficial e subterrânea. Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático destacam-se as indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, indústrias de tintas etc.

A Resolução Conama Nº 357/05 fixa o limite de 0,2 µg/L para as classes 1 e 2, e 2,0 µg/L para a classe 3.

Ao longo do trecho avaliado, em ambas as campanhas 1 e 2, os teores de mercúrio total apresentaram valores da ordem do limite de quantificação do método utilizado (< 0,1 µg/L) sendo integralmente característicos da classe 1.

### 3.3.2.20 Zinco total

A presença de zinco é comum nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente abaixo de 10 µg/L; em águas subterrâneas ocorre entre 10 - 40 µg/L. A Resolução Conama Nº 357/05 fixa o limite de 180 µg/L para as classes 1 e 2, e 5000 µg/L para a classe 3.

Na campanha 1 os teores de zinco total (Figura 3.53) apresentaram variação de 1,0 µg/L a 764,0 µg/L (Ponto 21) com média de 45,9 µg/L, onde em termos de atendimento de classe, excetuando-se o registro do Ponto 21, característico de águas da classe 3; os demais apresentaram-se compatíveis com águas da classe 1. Na campanha 2, os teores de zinco total (Figura 3.53) apresentaram variação de 1,0 µg/L a 121,0 µg/L (Ponto 19) com média de 15,26 µg/L, sendo tais teores integralmente característicos de águas de classe 1 quanto ao parâmetro.

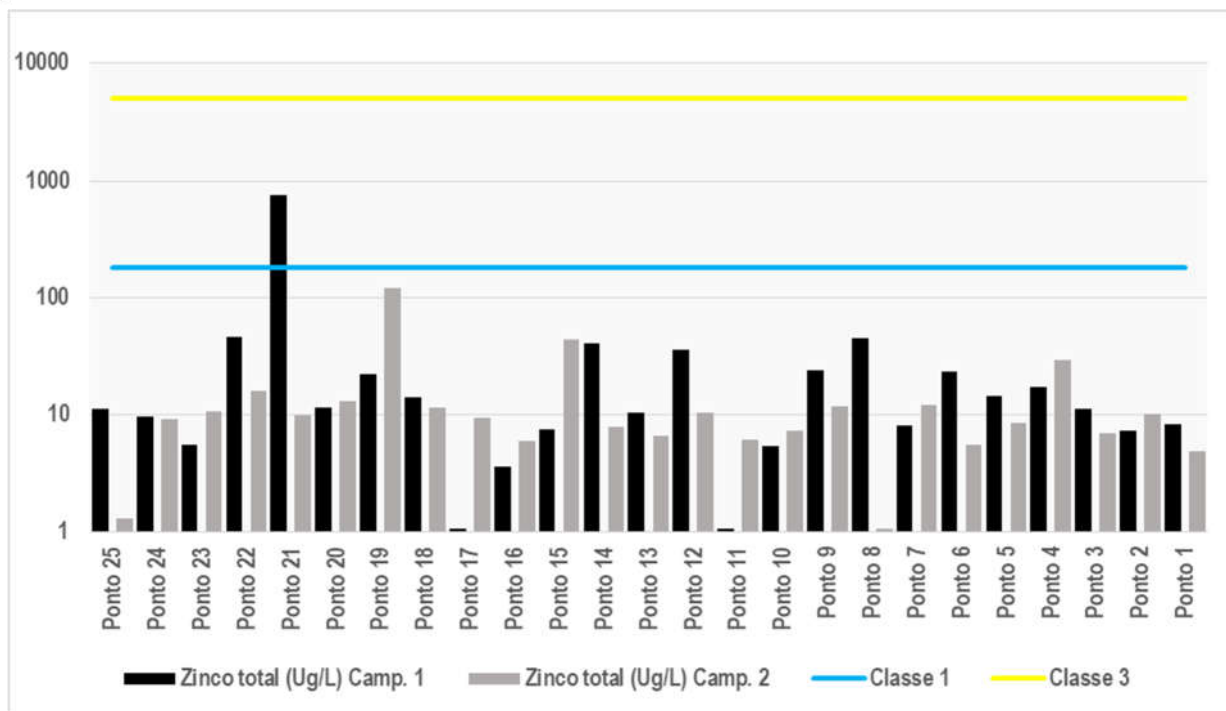


Figura 3.53 – Espacialização da variação dos teores de Zinco total.

A Figura 3.54 apresenta uma avaliação das principais estatísticas associadas aos resultados das campanhas de diagnóstico quanto aos teores de zinco. Verifica-se na Figura 3.54 que a campanha 1 apresenta uma amplitude alta entre sua média e mediana em resposta à distância entre os valores extremos registrados, condicionando a maior diferença entre o valor máximo e o percentil P80. Da mesma forma, na campanha 2 verifica-se uma amplitude entre média e mediana em função dos valores extremos registrados, ainda que a amplitude entre os percentis P20 e P80 seja menor quando comparada à da campanha 1, em função da maior homogeneidade dos valores.

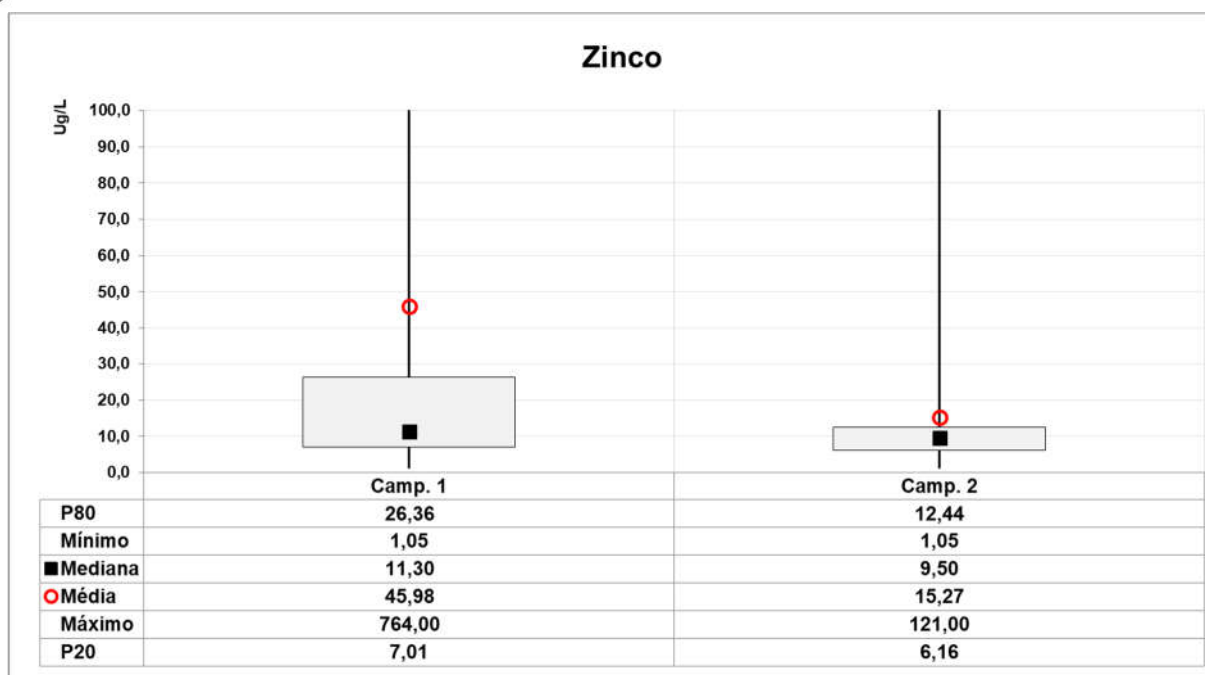


Figura 3.54 – Principais estatísticas associadas aos dados de Zinco nas campanhas 1 e 2.

### 3.3.2.21 Sulfeto

A concentração de sulfetos em águas naturais continentais depende, entre outros fatores, do nível de ocupação da bacia hidrográfica e das características biogeoquímicas da região. O elemento apresenta-se na água como sais metálicos insolúveis ou dissolvidos, H<sub>2</sub>S e HS<sup>-</sup> (H<sub>2</sub>S=HS<sup>-</sup> + H<sup>+</sup>). As principais fontes estão associadas a: esgotos sanitários e efluentes industriais que contenham sulfato em condições anaeróbias; esgotos de curtumes, indústrias de celulose e refinarias de petróleo.

A Resolução Conama Nº 357/05 fixa o limite de 0,002 mg/L para as classes 1 e 2 e 0,30 mg/L para a classe 3.

Ao longo do trecho avaliado, em ambas as campanhas 1 e 2, os teores de sulfeto apresentaram valores da ordem do limite de quantificação do método utilizado (< 0,05 mg/L) sendo integralmente característicos da classe 3 devido ao limite de quantificação adotado no método analítico.

### 3.3.2.22 Surfactantes (como LAS)

Surfactante é qualquer composto que modifica a tensão superficial quando dissolvido em água ou soluções aquosas, e que altera de maneira análoga a tensão superficial entre dois líquidos. Analiticamente, isto é, de acordo com a metodologia analítica recomendada, surfactantes são definidos como compostos que reagem com o azul de metileno, sob certas condições específicas. Estes compostos são designados como “substâncias ativas ao azul de



metileno” (MBAS – *Methylene Blue Active Substances*) e suas concentrações são relativas ao sulfonato de alquilbenzeno linear (LAS), que é utilizado como padrão na análise.

A Resolução Conama N° 357/05 fixa o limite de 0,50 mg/L para as classes 1, 2 e 3.

Durante a campanha 1, ao longo do trecho avaliado, os teores de surfactantes apresentaram variação de 0,20 mg/L a 0,37 mg/L (Ponto 19), sendo integralmente variações características de águas da classe 1. Na campanha 2 os teores de surfactantes apresentaram variação de 0,20 mg/L a 0,64 mg/L (Ponto 12), onde em termos de atendimento de classe, excetuando-se os registros dos Pontos 21 e 12, característicos de águas da classe 4, os demais apresentaram-se compatíveis com águas da classe 1 quanto ao parâmetro.

### 3.3.2.23 Índice de Fenóis

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais. As indústrias de processamento de borracha, de colas e adesivos, de resinas impregnantes, de componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras, são responsáveis pela presença de fenóis nas águas. Nas águas naturais, os padrões para os compostos fenólicos são bastante restritivos e são empregados na sua classificação.

O parâmetro de fenóis totais é empregado como padrão de classificação para águas naturais conforme Resolução CONAMA N° 357/05. Nesta resolução está estabelecido que a concentração de fenóis totais deve apresentar valores inferiores a 0,003 mg/L para águas doces Classes 1 e 2, e 0,01 mg/L para águas doces Classe 3.

Na campanha 1, ao longo do trecho avaliado, os teores de fenóis apresentaram valor máximo de 0,002 mg/L (Ponto 24) sendo integralmente característicos da classe 1. Na campanha 2, excetuando-se o registro do Ponto 06 de 0,006 mg/L, característico de águas da Classe 3, os demais pontos apresentaram valor máximo de 0,002 mg/L, sendo característicos de águas de Classe 1 quanto ao parâmetro.

### 3.3.2.24 Síntese das Campanhas 1 e 2

No contexto das campanhas 1 e 2, realizadas em regime de estiagem e cheia respectivamente, verifica-se, de forma geral, que a campanha 1 apresentou-se mais restritiva, notadamente em termos de teores de DBO e fósforo total, assim como quanto às densidades de coliformes termotolerantes, indicando uma menor diluição desses constituintes no período de baixa vazão. A consistente redução da condutividade elétrica registrada na campanha 2 é esperada numa condição de vazão elevada devido ao efeito de diluição dos íons presentes nas águas superficiais em relação ao cenário de estiagem. É esperada uma relação inversa





entre vazão/turbidez e condutividade elétrica (Drumond, *et al.* 2007; Medeiros *et al.* 2018), sobretudo, se a campanha amostral não foi realizada na subida do hidrograma, como é o caso. Durante a subida do hidrograma, no início de um evento chuvoso, pode-se verificar um aumento da condutividade devido à lixiviação do solo (fontes difusas), seguido de uma diluição até o reestabelecimento de valores usuais das águas naturais, os quais são inferiores a 100 uS/m. Esse valor tende a ser constante no escoamento de base na ausência de fontes pontuais de poluição hídrica. Condutividade elétrica é utilizado como um indicador de poluição hídrica por efluentes industriais e/ou domésticos. Na presença desses lançamentos pode atingir valores da ordem de 1000 uS/m. Portanto, apesar da presença de fontes pontuais de origem doméstica presentes no trecho, os resultados indicam não serem suficientes para alterar a condutividade elétrica esperada para água naturais, possivelmente pela relação entre carga poluidora e vazão do rio. Por outro lado, nesta campanha os teores de cor, turbidez e sólidos totais tenham sido mais elevados, associados à elevação dos níveis em respostas a chuvas, e alinhados ao período de cheia. Ferro e alumínio dissolvidos mostraram decaimento na campanha 2, sendo que esses metais podem estar na forma particulada adsorvidos nos sólidos em suspensão na condição de cheia.

Em termos de frequência de atendimento de classe, verificou-se que a maior parcela das variáveis avaliadas e limitadas pela Resolução CONAMA n° 357/05 apresentaram, predominantemente, características de águas da Classe 1, excetuando-se os registros quanto a coliformes termotolerantes e cor em ambas as campanhas, que foram predominantemente característicos de águas da Classe 2, os registros de alumínio dissolvido e ferro dissolvido nas campanhas 2 e 1 respectivamente, predominantemente característicos de águas da Classe 3, assim como os registros de sulfeto, predominantemente característicos de águas da Classe 3 em ambas as campanhas de avaliação.

Quanto ao conteúdo orgânico, em termos DBO e DQO, verificou-se que a relação DQO/DBO na campanha 1 foi de até 2,8 vezes, indicando uma fração biodegradável alta, além de uma boa correlação entre os pares de resultados (DBO *versus* DQO). Em contrapartida, na campanha 2, verificou-se uma relação DQO:DBO de até 8,9 vezes, indicando um maior conteúdo não biodegradável por vezes, bem como uma correlação ruim entre os pares de resultados (DBO vs DQO).

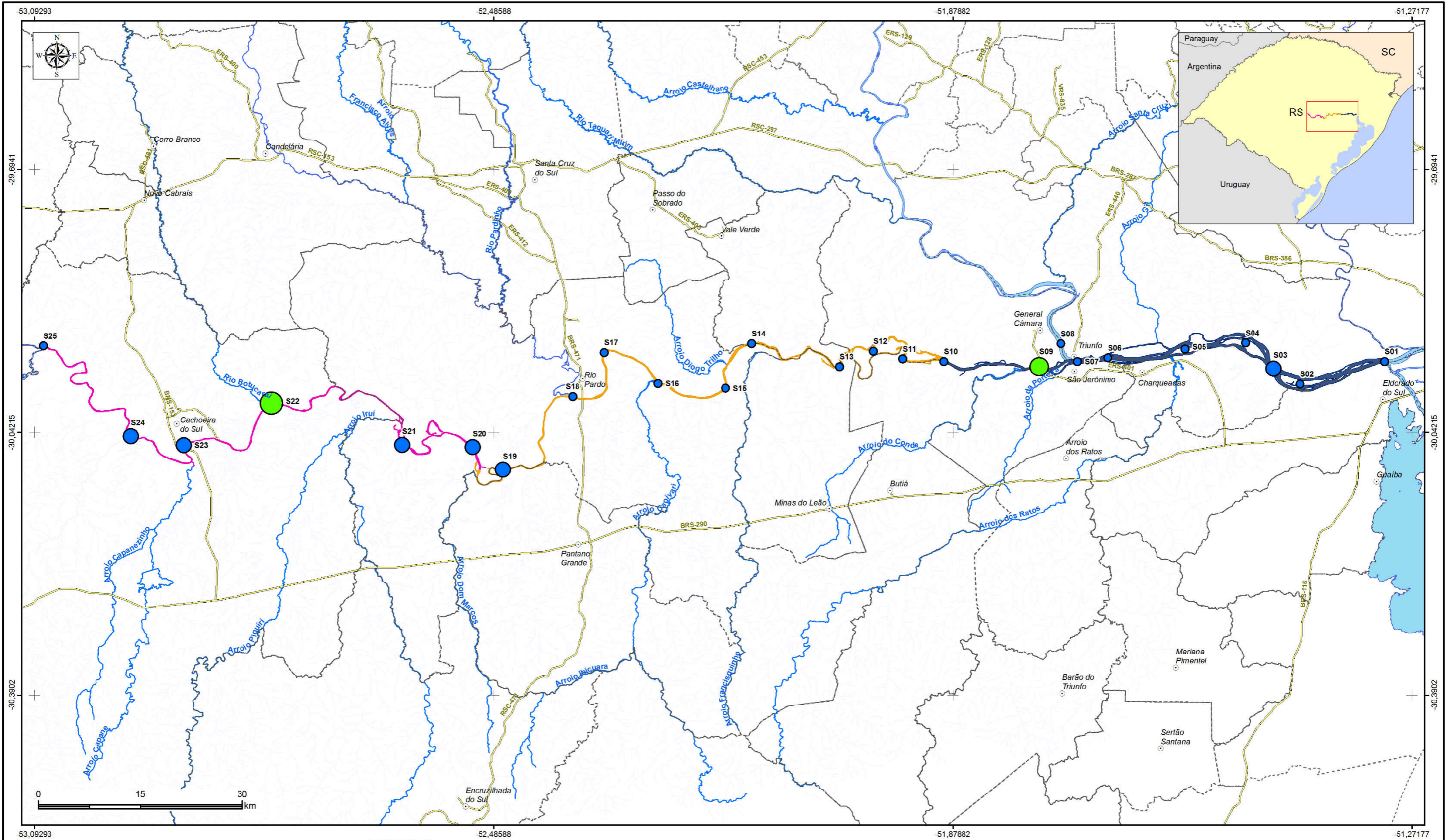
Da avaliação integrada dos resultados encontrados verificou-se, por vezes, comportamentos díspares para algumas variáveis, daqueles comumente esperados para situações associadas aos períodos de cheia e estiagem. Esse comportamento, no entanto, não invalida os resultados encontrados, uma vez que eles também atuam como uma “fotografia” das condições do manancial no momento das coletas. Deve-se atentar que uma



maior quantidade de dados disponíveis, no tempo e no espaço, permite melhor caracterizar as condições médias do corpo hídrico, assim como caracterizar padrões de reposta em relação às condições hidrológicas do sistema.

Sendo assim, com base nos resultados obtidos nessas campanhas amostrais destaca-se no Mapa 3.8 ao Mapa 3.13 os parâmetros DBO, Turbidez e Coliformes Termotolerantes, respectivamente. Esses parâmetros, conforme já comentado, mostraram uma tendência (esperada) para uma correlação inversa com a vazão, no caso de DBO e coliformes, e direta para turbidez, podendo resultar inclusive numa mudança de classificação em relação à resolução Conama nº 375/05 entre as campanhas amostrais em alguns pontos de monitoramento





**LEGENDA**

- Sede municipal
  - ⚡ Rodovia
  - 🌊 Rios principais
  - ⋯ Limite municipal
  - Rio Jacuí**
  - 👉 Subtrecho A
  - 👉 Subtrecho B
  - 👉 Subtrecho C
- |                                                  |             |             |             |             |
|--------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>DBO (mg/l)</b>                                | ○ 1,0       | ○ 1,1 - 2,0 | ○ 2,1 - 3,0 | ○ 3,1 - 4,0 |
| <b>Classes de Qualidade d'água CONAMA 357/05</b> | ○ 4,1 - 5,0 | ○ 5,1 - 6,0 | ○ 6,1 - 7,0 |             |
|                                                  | ● Classe 1  | ● Classe 2  |             |             |

Elaboração

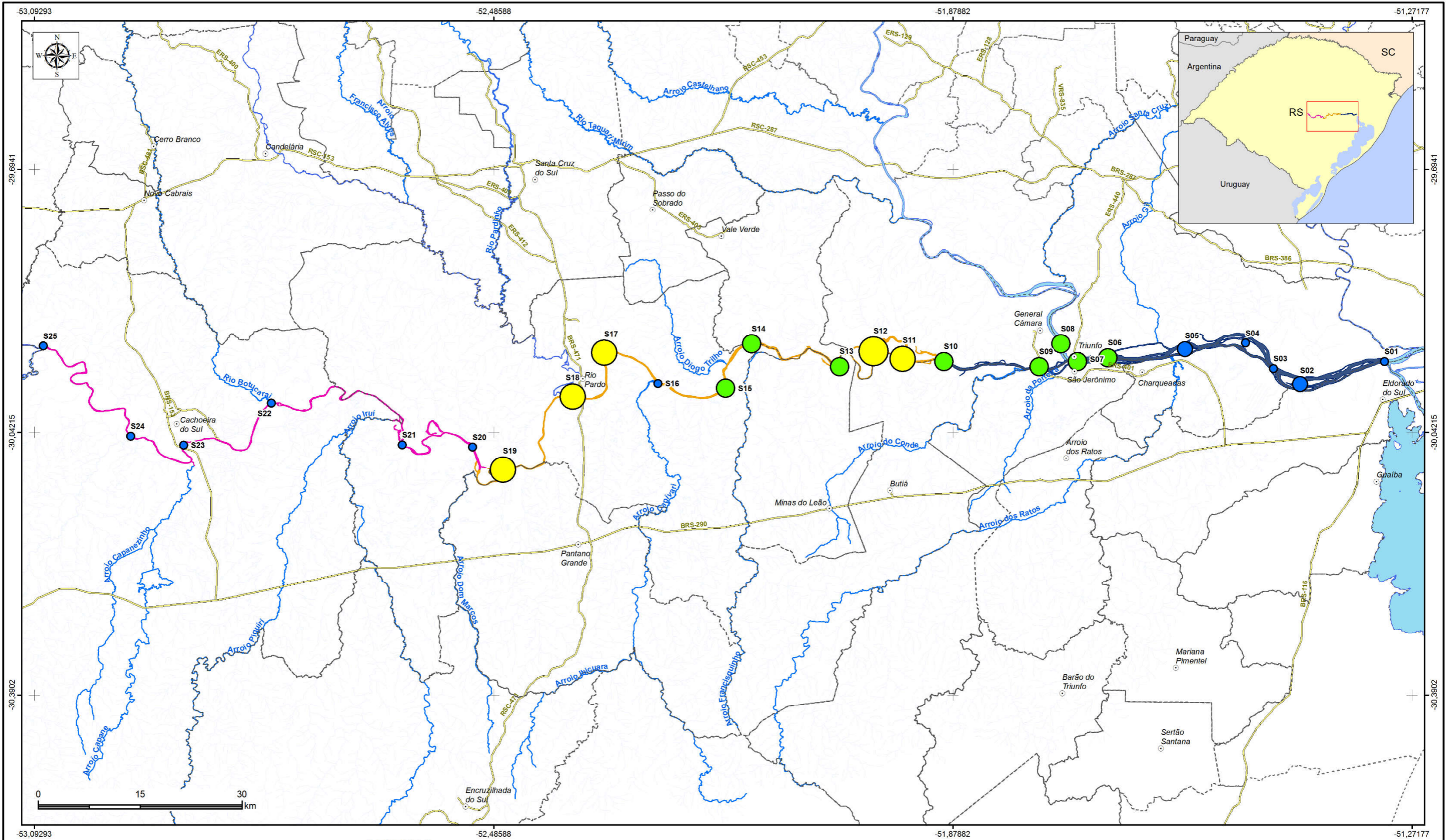
**RT6 - RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO PRELIMINAR**

**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**

Contratação e fiscalização

<p>Sistema de Coordenadas Geodésicas Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000 Escala: 1:550.000</p>	<p><b>Mapa 3.8 - Campanha de amostragem de água superficial</b> <b>Vazão de Cheia - Parâmetro: DBO</b></p>	<p>Fonte de dados: - Sede municipal: SEMARS (2018) - Limite municipal: SEMARS (2018) - Limite estadual: IBGE (2019) - Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015) - Dados de qualidade da água: Profill, 2019</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------





**LEGENDA**

- |                        |                   |             |                                                  |
|------------------------|-------------------|-------------|--------------------------------------------------|
| ○ Sede municipal       | <b>DBO (mg/l)</b> | ○ 4,1 - 5,0 | <b>Classes de Qualidade d'água CONAMA 357/05</b> |
| — Rodovia              | ○ 1,0             | ○ 5,1 - 6,0 | ● Classe 1                                       |
| — Rios principais      | ○ 1,1 - 2,0       | ○ 6,1 - 7,0 | ● Classe 2                                       |
| - - - Limite municipal | ○ 2,1 - 3,0       |             | ● Classe 3                                       |
| <b>Rio Jacuí</b>       | ○ 3,1 - 4,0       |             |                                                  |
| — Subtrecho A          |                   |             |                                                  |
| — Subtrecho B          |                   |             |                                                  |
| — Subtrecho C          |                   |             |                                                  |

Elaboração: **PROFILL**

RT6 - RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**

Contratação e fiscalização: **Fepam**

Sistema de Coordenadas Geodésicas: Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000, Escala: 1:550.000

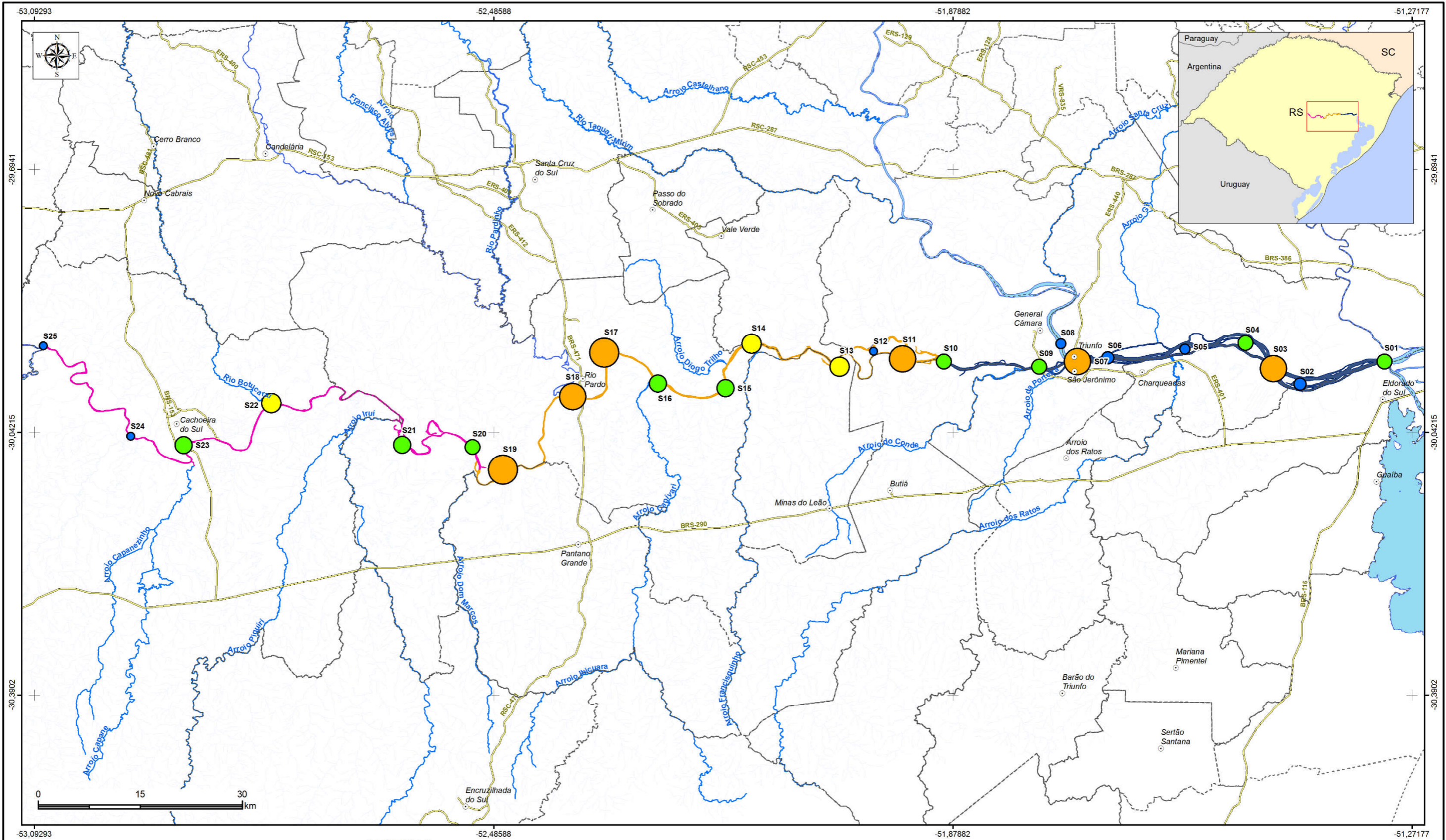
**Mapa 3.9 - Campanha de amostragem de água superficial Vazão de Estiagem - Parâmetro: DBO**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: SEMARS (2018)  
 - Limite municipal: SEMARS (2018)  
 - Limite estadual: IBGE (2019)  
 - Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)  
 - Dados de qualidade da água: Profill, 2019







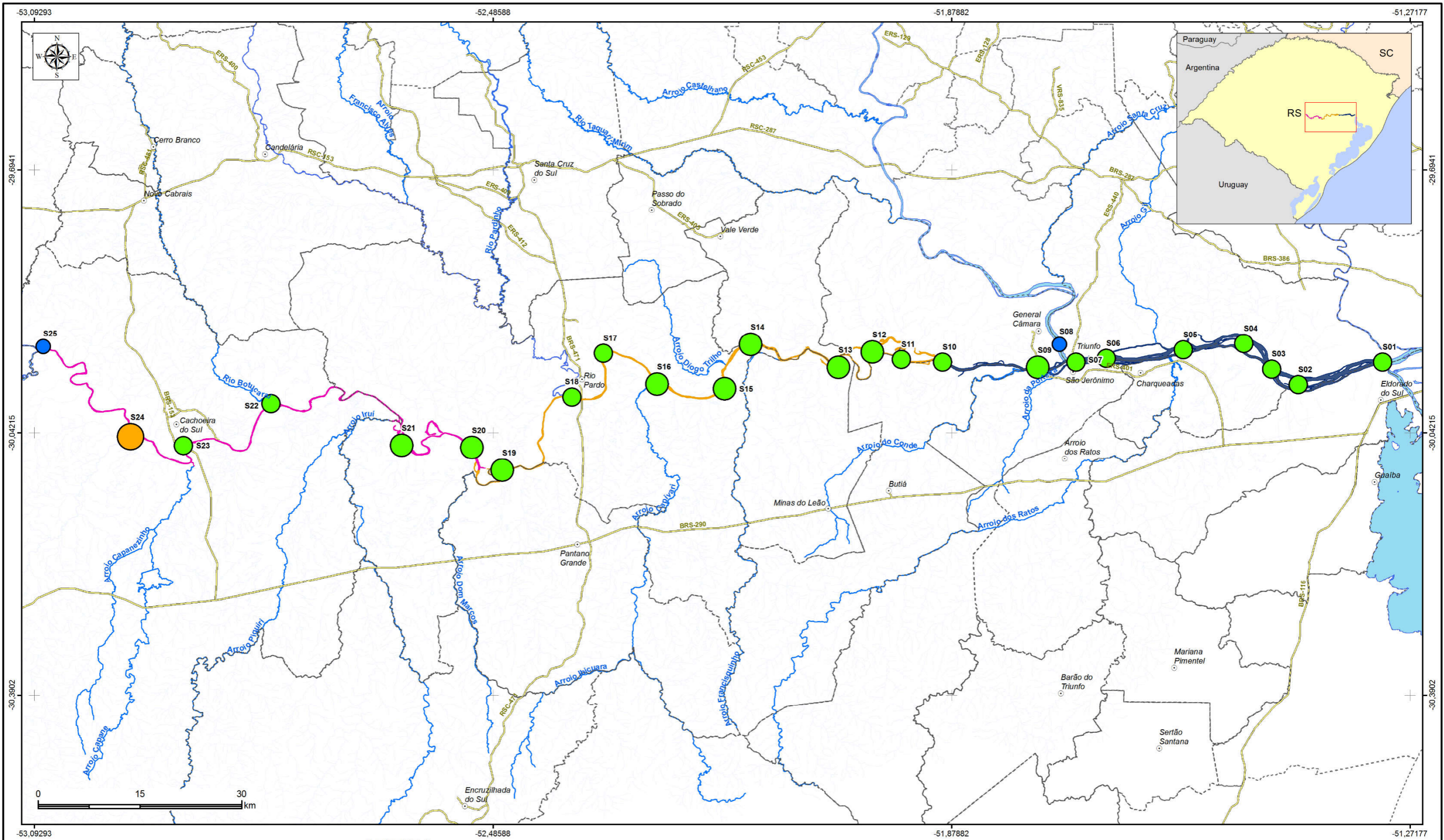


**LEGENDA**

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sede municipal</li> <li>— Rodovia</li> <li>— Rios principais</li> <li>- - - Limite municipal</li> <li><b>Rio Jacuí</b></li> <li>— Subtrecho A</li> <li>— Subtrecho B</li> <li>— Subtrecho C</li> </ul>	<p><b>Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ &lt;1</li> <li>○ 1,1 - 100,0</li> <li>○ 100,1 - 200,0</li> <li>○ 200,1 - 500,0</li> <li>○ 500,1 - 1.000,0</li> <li>○ 1.000,1 - 1.500,0</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1.500,1 - 2.000,0</li> <li>○ 2.000,1 - 2.500,0</li> <li>○ 2.500,1 - 10.000,0</li> <li>○ 10.000,1 - 73.000,0</li> </ul>	<p><b>Classes de Qualidade d'água CONAMA 357/05</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Classe 1</li> <li>● Classe 2</li> <li>● Classe 3</li> <li>● Classe 4</li> </ul>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Elaboração</p>	<p><b>RT6 - RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO PRELIMINAR</b></p> <p><b>ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ</b></p>	<p>Contratação e fiscalização</p>
<p>Sistema de Coordenadas Geodésicas Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000 Escala: 1:550.000</p>	<p><b>Mapa 3.11 - Campanha de amostragem de água superficial Vazão de Estiagem - Parâmetro: Coliformes Termotolerantes</b></p>	<p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: SEMARS (2018)</li> <li>- Limite municipal: SEMARS (2018)</li> <li>- Limite estadual: IBGE (2019)</li> <li>- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)</li> <li>- Dados de qualidade da água: Profill, 2019</li> </ul>





**LEGENDA**

- Sede municipal
  - Rodovia
  - Rios principais
  - - - Limite municipal
  - Rio Jacuí**
  - Subtrecho A
  - Subtrecho B
  - Subtrecho C
- |                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| <b>Turbidez (NTU)</b> | ○ 31,2 - 40,0   |
|                       | ○ 40,1 - 80,0   |
|                       | ○ 80,1 - 100,0  |
|                       | ○ 100,1 - 114,0 |
- |                                                  |                                                                                       |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Classes de Qualidade d'água CONAMA 357/05</b> | ● Classe 1                                                                            |
|                                                  | ● Classe 2 (para a turbidez o limite de concentração das classes 2 e 3 é coincidente) |
|                                                  | ● Classe 4                                                                            |

Elaboração

**RT6 - RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO PRELIMINAR**

**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**

Contratação e fiscalização

<p>Sistema de Coordenadas Geodésicas Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000 Escala: 1:550.000</p>	<p><b>Mapa 3.12 - Campanha de amostragem de água superficial Vazão de Cheia - Parâmetro: Turbidez</b></p>	<p>Fonte de dados: - Sede municipal: SEMARS (2018) - Limite municipal: SEMARS (2018) - Limite estadual: IBGE (2019) - Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015) - Dados de qualidade da água: Profill, 2019</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------









### **3.4 MEDIÇÃO DE VAZÃO, SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO E SEDIMENTOS EM ARRASTE: 2ª CAMPANHA**

#### **3.4.1 Introdução**

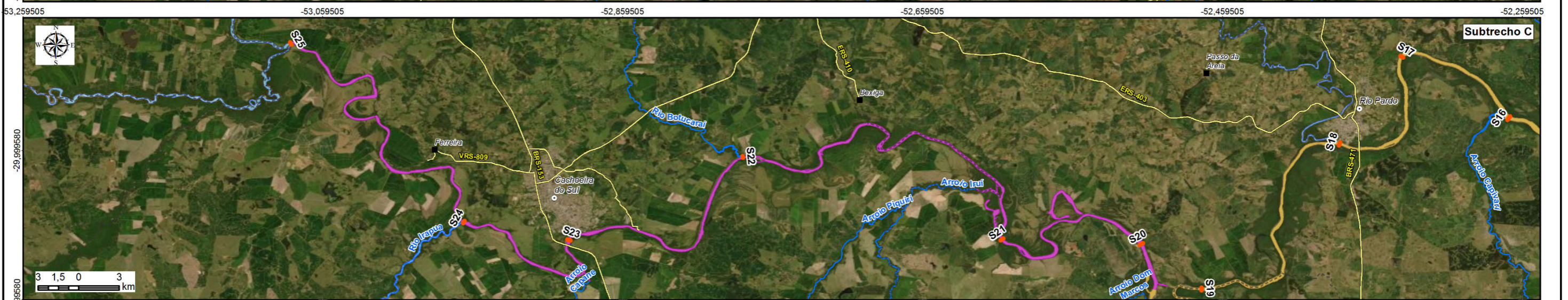
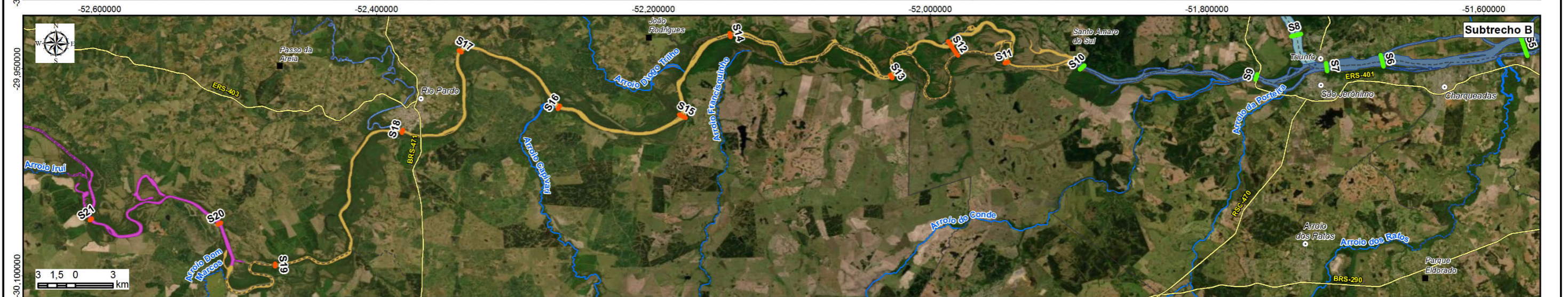
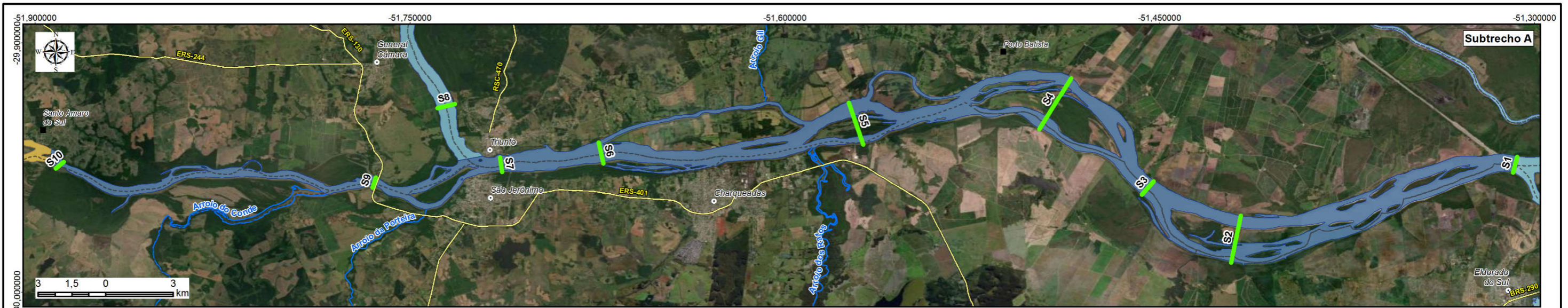
O rio Jacuí apresenta-se como um manancial importante para o Rio Grande do Sul, contribuindo para o desenvolvimento da região, tendo em vista que a água que corre em seu curso contribui significativamente para diversos usos de recursos hídricos, a exemplo de abastecimento humano, irrigação, transporte, lazer, dentre outros.

As bacias contribuintes do rio Jacuí, delimitada a partir da seção de monitoramento 1, abrangem 203 municípios, compreendendo uma área de aproximadamente 71.713,37 km<sup>2</sup> – o que representa 25,46% do território gaúcho.

Os dados apresentados no presente relatório compreendem as campanhas de campo executadas entre os dias 26, 27, 28, 29, 30 e 31 de outubro de 2019, e entre os dias 4, 5, 6, 7 e 8 de dezembro de 2019 (Mapa 3.14). Em todas as 25 seções estabelecidas para o monitoramento foram obtidos dados de vazão, de sedimentos em suspensão e de sedimentos em arraste.

No dia 30 de outubro a eclusa de Amarópolis apresentou problemas técnicos, voltando a operar no dia 1º de novembro de 2019 pela manhã e deixando de operar aproximadamente na primeira hora da tarde do mesmo dia, fato esse que impediu o planejamento da campanha para obter os dados do rio Jacuí em um evento de cheia. No dia 8 de dezembro de 2019, a equipe responsável pela obtenção dos dados chegou à barragem de Fandango, na qual problemas técnicos na barragem impediram a passagem da embarcação, sendo assim necessária a contratação de uma embarcação que já estava a montante da referida barragem para chegar aos pontos PTS-24 e PTS-S25.





**LEGENDA**

- Sede municipal
  - Vila
  - Rodovia
  - Rios principais
  - - - Limite municipal
- Rio Jacuí**
- Subtrecho A
  - Subtrecho B
  - Subtrecho C
- Seção**
- Monitorada
  - Não monitorada



Elaboração  
**PROFILL**

**RT6 - RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO PRELIMINAR**  
**ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ**

Contratação e fiscalização  
**Fepam**

Sistema de Coordenadas Geodésicas  
Sistema Geodésico de Referência  
SIRGAS2000  
Escala: Indicada

**Mapa 3.14 - Localização das seções monitoradas com dados de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste. Campanha de Outubro 2019**

Fonte de dados:  
- Sede municipal: SEMARS (2018)  
- Limite municipal: SEMARS (2018)  
- Limite estadual: IBGE (2019)  
- Rodovia: SEMARS (2018)  
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)  
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)  
- Seções: Perfil (2019)





### 3.4.2 Objetivo

Os objetivos deste relatório são:

- Descrever a metodologia adotada no monitoramento da Bacia do Baixo Jacuí;
- Elencar os equipamentos utilizados na realização das atividades;
- Apresentar os resultados referentes aos dados medidos e coletados.

### 3.4.3 Monitoramento hidrossedimentológico em bacias hidrográficas

#### 3.4.3.1 Medição de Vazão

A medição de vazão em hidrometria pode ser entendida como todo processo utilizado para determinar o volume escoado em determinado tempo em uma seção de controle. Normalmente, se tratando de medição de vazão em rios, o volume é dado em metro cúbico ( $m^3$ ) e o tempo em segundos (s). Dentre as técnicas frequentemente adotadas na medição de vazão, destacam-se:

- Medição da velocidade da água com molinete hidrométrico;
- Método acústico.

Em ambos os métodos a determinação da vazão é obtida através da multiplicação entre a área da seção transversal e a velocidade do escoamento. A diferença entre eles consiste na forma de determinação dos referidos parâmetros.

##### 3.4.3.1.1 Medição com molinete hidrométrico

A medição convencional com molinetes hidrométricos, ilustrada na Figura 3.55, é considerada o método clássico, sendo universalmente utilizada para a determinação da vazão em cursos de águas naturais, e consiste em determinar a área da seção e a velocidade média do fluxo que passa na seção. A área é determinada por meio da medição da largura do rio (seção transversal) e da profundidade em um número significativo de pontos ao longo da seção, chamadas verticais. Nesse método também são realizadas as medições da velocidade em um número significativo de pontos, geralmente 20%, 40%, 60% e 80% em relação à profundidade de cada vertical, conforme explicado em DNAEE (1977, *apud* SANTOS, 2001).

A área da seção é calculada por métodos analíticos, tais como o de Simpson e o da Meia-Seção, e a velocidade média em cada vertical é adotada conforme DNAEE (1977, *apud* SANTOS, 2001), de forma a se obter a vazão do manancial. A medição das velocidades em



cada vertical é realizada por um molinete hidrométrico. O funcionamento desse equipamento consiste na conversão do movimento do fluxo de água em um movimento de rotação da hélice do molinete, o qual é computado por um contador eletrônico por unidade de tempo, tipicamente 40 segundos e, através da equação do equipamento (equação do molinete), obtém-se a velocidade do fluxo de água no instante.

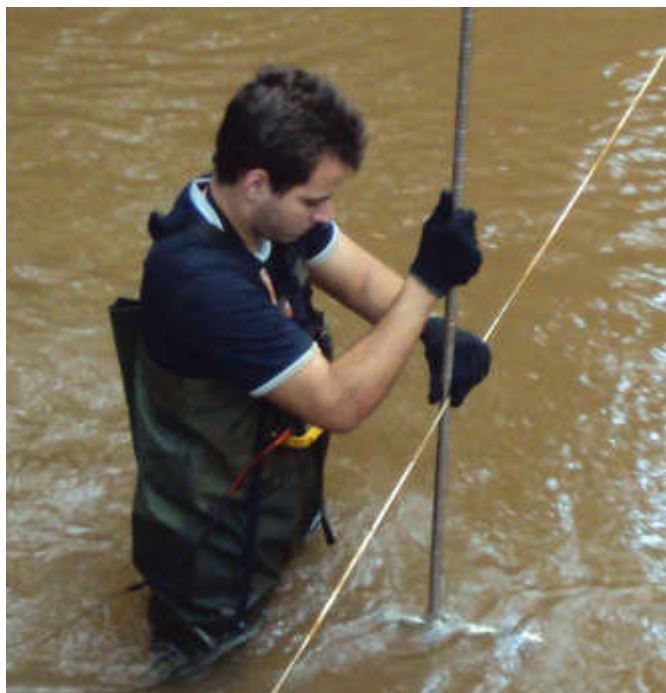


Figura 3.55 – Medição com molinete hidrométrico.

#### 3.4.3.1.2 Método acústico

No método acústico com ADCP, a medição, ilustrada na Figura 3.56, é realizada através do efeito Doppler, o qual é descrito de forma bastante detalhada por Gamaro (2012) e Dornelles (2009). Esse método consiste em captar a mudança observada na frequência de uma onda sonora qualquer, resultante do movimento relativo entre a fonte (transdutor) e o observador (partículas carregadas na água), e convergir o sinal em velocidade da água. No ADCP o efeito Doppler é transmitido por pulsos sonoros de frequência fixa. Esses pulsos seguem de encontro às partículas em suspensão na água (sedimento e plâncton), os quais se movimentam, na média, na mesma velocidade da massa da água e retornam ao equipamento, onde é registrado o tempo de deslocamento da onda. A coluna da água é dividida em certo número de segmentos de igual altura, chamados “células de profundidade”; para cada célula são determinadas as velocidades médias e suas direções.

Para o levantamento da área da seção, o ADCP realiza o processo denominado “rastreamento de fundo”, no qual o instrumento emite pulsos acústicos que se refletem no fundo, gerando um eco que fornece informações necessárias para verificar a profundidade no



leito e a área em cada célula. A vazão que atravessa cada célula é obtida multiplicando-se sua área pelo componente da velocidade, tendo a vazão total o somatório das vazões em todas as células.

O ADCP apresenta-se como uma revolução na hidrometria, garantindo segurança aos técnicos em campo, rapidez e eficiência na medição. Além disso, o equipamento garante uma maior confiabilidade nos dados monitorados, uma vez que registra diversos aspectos da medição, por exemplo o seu trajeto, a data e hora das medições e demais observações feitas pelos técnicos em campo.



Figura 3.56 - Medição de vazão com ADCP.

### 3.4.3.2 Transporte de sedimentos em suspensão

A amostragem de sedimentos em suspensão pode ser realizada através de dois métodos clássicos: Igual Incremento de Largura (IIL) e Igual Incremento de Descarga (IID) (EDWARDS E GLYSSON, 1988).

No método IIL, as amostras são coletadas por integração da vertical, ao longo de verticais igualmente espaçadas na seção transversal. As referidas verticais são posicionadas perpendicularmente à seção do rio, de maneira que a amostra seja coletada em um trajeto vertical com saída da superfície em direção a aproximadamente 10cm do leito, de forma





isocinética, representando assim a variabilidade espacial do fluxo de sedimentos na seção escolhida. Os amostradores coletam a mistura de água e sedimentos, armazenando em garrafas de aproximadamente 500 ml ou em sacas com volumes maiores.

Nesse método, a amostra é coletada com a mesma velocidade durante a descida e a subida do amostrador ao longo da vertical, com igual velocidade de trânsito para todas as verticais coletadas, garantindo assim uma amostra representativa do perfil vertical. O amostrador apresenta um determinado bocal para entrada de água, de maneira a garantir uma amostragem isocinética. Ou seja, a velocidade do fluxo que entra na amostra é a mesma velocidade do fluxo que passa no rio naquela vertical.

Depois de coletadas, as amostras são etiquetadas e armazenadas adequadamente, de forma a manter suas características inalteradas, e são encaminhadas para análises laboratoriais.

O método do Igual Incremento de Descarga (IID), diferentemente do método do IIL, estabelece as medições através da divisão da seção em zonas de igual incremento de vazão. Dessa forma, coleta-se uma amostra na vertical no centro de cada seção, conforme descrito por Edwards e Glysson (1999). Além desse aspecto, as metodologias se diferem também por outros, pois no método do IID a velocidade de trânsito pode ser diferente para cada vertical amostrada, o que não acontece no método do IIL, em que a velocidade de trânsito deve ser igual para todas as verticais. Devido à característica do método do IID de necessitar que sejam conhecidas as vazões e as velocidades das zonas a serem amostradas, seu uso não é comum em termos de Brasil, no entanto com o uso crescente dos ADCPs a aplicação dessa metodologia vem sendo facilitada.

Após a obtenção das amostras é necessário realizar análises laboratoriais. Para a obtenção da concentração dos sedimentos em suspensão amostrados em campo, os métodos da evaporação e da filtragem são tipicamente utilizados. Informações acerca desses métodos podem ser encontradas em Carvalho (2008).

#### **3.4.3.3 Transporte de sedimentos por arraste**

Segundo Santos *et al* (2001) e Carvalho (2008), a obtenção dos sedimentos por arraste de forma direta pode ser feita de diversas maneiras, com destaque para:

- Medição por meio de armadilhas;
- Estruturas fixas com poços ou fendas no leito do rio;
- Medição utilizando amostradores portáteis para sedimentos do leito;



- Uso de traçadores.

Uma maneira para a medição do transporte de sedimentos por arraste é por meio de equipamentos portáteis, com destaque para os modelos Arnhem e Helley-Smith. Esse amostrador funciona por diferença de pressão, de tal forma que a velocidade na entrada e a velocidade da corrente são aproximadamente as mesmas. Essa igualdade de velocidade é obtida ao criar uma queda de pressão na saída do amostrador pela construção de suas paredes, de tal forma que se divergem próximo ao fundo (HUBBEL, 1964 *apud* CARVALHO, 2008).

O amostrador Helley-Smith permite que o fluxo que passa pela abertura do amostrador tenha a mesma velocidade que a do fluxo no canal, e assim os sedimentos são retidos em uma saca com malha fina, permitindo a passagem da água. A amostragem é realizada posicionando o Helley-Smith em no mínimo 20 verticais, seguindo o método do Igual Incremento de Largura (IIL). O amostrador permanece por um determinado tempo experimental cronometrado, o qual conforme Helley-Smith (1971) varia entre 20 segundos e 5 minutos, a depender da taxa de transporte.

Devido à complexidade envolvida na obtenção dos sedimentos em arraste, ao longo dos anos foram desenvolvidos diversos métodos semiempíricos para o cálculo de sedimento em arraste, considerando variáveis que são obtidas de formas mais simples, a exemplo de: quantidade e granulometria dos sedimentos em suspensão e granulometria do material do leito. Conforme Santos *et al* (2001) explica, entre os métodos indiretos, o método de Einstein modificado apresenta-se como o mais conhecido e usado na prática.

#### 3.4.3.4 Medição dos dados de cota

A cota do rio é a altura da lâmina d'água em determinada seção desejada. Essa cota é lida em uma régua linimétrica instalada na seção desejada. A régua deve ser nivelada com uma referência de nível instalada próxima às margens da seção de medição, para eventualmente, quando necessário, realizar a substituição da régua e manter a mesma referência do zero da régua. O zero da régua não é necessariamente a cota zero do leito do rio, até porque ao longo da seção transversal a profundidade das verticais não será a mesma. Além disso, o rio pode sofrer assoreamento ou erosão e o zero da régua será mantido em relação à referência de nível.

As cotas são medidas manualmente através de leitura da régua, ou através da instalação de linígrafos que medem automaticamente o nível do rio e registram em intervalos de tempo pré-programados (linígrafos eletrônicos com data logger).



Para relacionar a cota do rio com a vazão é necessário a curva-chave do rio (cota-vazão correspondente). Para isso, é necessário estabelecer uma seção de controle em que o nível é obtido diariamente em caso de observação manual, ou em intervalos de tempo de interesse, com a instalação de linigrafos. A seção de controle é então entendida, conforme Santos *et al.* (2001) explica, como a seção transversal do rio que determina o nível de água no local para cada vazão. Dessa forma, é necessário realizar a medição da vazão para diferentes cotas do manancial, buscando contemplar vazões baixas, médias e altas de maneira a proporcionar a construção de uma curva-chave que relacione a cota do rio à vazão correspondente. Cada nível do rio (cota) está associado a uma vazão, e assim é possível obter a vazão do manancial através do monitoramento da cota do manancial.

#### **3.4.4 Seções de referência monitoradas e equipamentos utilizados**

Na segunda campanha para obtenção dos dados de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste, inicialmente foram monitoradas 10 seções de referência ao longo do Baixo Jacuí. Em cada uma das seções foram adquiridos dados de vazão, sedimentos em suspensão e sedimento em arraste.

Devido a problemas no funcionamento da eclusa de Amarópolis no dia 30 de outubro de 2019, a campanha precisou ser interrompida, com previsão de continuação a partir do dia 27 de novembro de 2019.

Para a vazão foi utilizado o ADCP River PRO de 1200 kHz da empresa RDI, alocado em um trimarã, e os dados foram processados no Software WinRiverII.

Para o transporte de sedimentos em suspensão foi utilizado o método do IIL com o amostrador USDH-59, sendo escolhida a travessia do ADCP, a qual apresentou o valor mais próximo à vazão média entre todas as travessias efetuadas na seção de monitoramento. Os dados da referida travessia foram processados no programa Hidrosedimentos, para a determinação das verticais de coleta e os tempos de amostragem.

Para o transporte de sedimentos em arraste foi utilizado o método do IIL com o amostrador Helley-Smith, sendo escolhida a travessia do ADCP, a qual apresentou o valor mais próximo à vazão média entre todas as travessias efetuadas na seção de monitoramento. Os dados da referida travessia foram processados no programa Hidrosedimentos, para determinação das verticais de coleta.

Após coletadas, as amostras foram devidamente armazenadas e encaminhadas para o laboratório de sedimentos para obtenção da concentração de sedimentos em suspensão, a





qual será feita pelo método de evaporação ou de filtragem, e para análise granulométrica dos sedimentos em arraste.

Considerando tais aspectos, a Tabela 3.4 apresenta as coordenadas das seções de referência monitoradas na campanha de campo, bem como as datas nas quais foram efetuadas as medições de vazão, os sedimentos em suspensão e os sedimentos em arraste.



Tabela 3.4– Coordenadas geodésicas (SIRGAS, 2000) para o centro das seções de referência.

Amostra/perfil	Data/coleta	Latitude	Longitude
PTS - S1	31/10/2019	-29,948838	-51,307710
PTS - S2	27/10/2019	-29,978662	-51,419412
PTS - S3	27/10/2019	-29,958130	-51,454688
PTS - S4	28/10/2019	-29,924295	-51,491725
PTS - S5	28/10/2019	-29,932363	-51,571540
PTS - S6	29/10/2019	-29,944094	-51,673614
PTS - S7	29/10/2019	-29,948804	-51,713667
PTS - S8	29/10/2019	-29,9253581	-51,735626
PTS - S9	30/10/2019	-29,955938	-51,764419
PTS - S10	30/10/2019	-29,949027	-51,890306
PTS - S11	04/12/2019	-29,945500	-51,944828
PTS - S12	05/12/2019	-29,935153	-51,983523
PTS - S13	05/12/2019	-29,955649	-52,028206
PTS - S14	05/12/2019	-29,925340	-52,144588
PTS - S15	05/12/2019	-29,984262	-52,179063
PTS - S16	06/12/2019	-29,977889	-52,268281
PTS - S17	06/12/2019	-29,937070	-52,339615
PTS - S18	06/12/2019	-29,995129	-52,381261
PTS - S19	06/12/2019	-30,092036	-52,473342
PTS - S20	07/12/2019	-30,062210	-52,513484
PTS - S21	07/12/2019	-30,059075	-52,606433
PTS - S22	07/12/2019	-30,003895	-52,779480
PTS - S23	08/12/2019	-30,059470	-52,895396
PTS - S24	08/12/2019	-30,047510	-52,965567
PTS - S25	08/12/2019	-29,928215	-53,081040

#### 3.4.4.1 Procedimentos de campo

Considerando os aspectos apresentados, foram realizados os seguintes procedimentos:

- Monitoramento da vazão

1º passo: Verificação da declinação magnética;

2º passo: Testes do ADCP e calibração do equipamento para medição de vazão;



3º passo: Verificação do nível referente à estação fluviométrica mais próxima;

4º passo: Medição da vazão em ao menos 4 trajetos em cada seção;

5º passo: Teste de fundo móvel;

6º passo: Avaliação da medição de vazão para selecionar os melhores dados, a fim de garantir a vazão mais representativa para a seção;

7º passo: Solicitação das cotas de montante e jusante da barragem de Amarópolis, Dom Marco e Fandango.

- Monitoramento dos sedimentos em suspensão

1º passo: Verificou-se o nível no momento da coleta na estação fluviométrica mais próxima;

2º passo: Registrou-se o horário de início das amostragens;

3º passo: Foram determinadas no mínimo 20 verticais para amostragem de sedimentos em suspensão através do programa Hidrosedimentos;

4º passo: Após determinadas as verticais foram calculados os tempos mínimos e máximos de coleta em cada vertical conforme a metodologia do Igual Incremento de Largura;

5º passo: A equipe executou a coleta das amostras e as reuniu em um balde fracionador, de modo a compor uma amostra representativa de toda a seção;

6º passo: As amostras foram devidamente armazenadas, etiquetadas e posteriormente enviadas para laboratório;

7º passo: Registrou-se o horário de fim das amostragens;

8º passo: Solicitação das cotas de montante e jusante da barragem de Amarópolis, Dom Marco e Fandango.

- Monitoramento dos sedimentos em arraste

1º passo: Verificou-se o nível no momento da coleta na estação fluviométrica mais próxima;

2º passo: Registrou-se o horário de início das amostragens;





3º passo: Foram determinadas no mínimo 20 verticais para amostragem de sedimentos em arraste, sendo exatamente as mesmas onde foram feitas as de sedimento em suspensão;

4º passo: Após determinadas as verticais, foi estabelecido o tempo de coleta de 2 minutos cada vertical;

5º passo: A equipe executou a coleta das amostras com o Helley-Smith;

6º passo: As amostras foram devidamente armazenadas, etiquetadas e posteriormente enviadas para laboratório;

7º passo: Registrou-se o horário de fim das amostragens;

8º passo: Solicitação das cotas de montante e jusante da barragem de Amarópolis, Marco e Fandango.

### 3.4.5 Resultados

#### 3.4.5.1 Acompanhamento dos dados de cota e da vazão

O monitoramento da bacia hidrográfica tem o intuito de entender o comportamento hidrossedimentológico da região em estudo. A seguir serão apresentados os resultados para as 10 seções de referência, as quais foram monitoradas entre os dias 26 e 31 de outubro de 2019 e 4 a 8 de dezembro de 2019.

A Tabela 3.5 apresenta o resultado das vazões para as seções 1 a 10, bem como os níveis correspondentes ao nível de jusante da barragem de Amarópolis. Observa-se uma elevada vazão na seção S1 (4.854,64 m<sup>3</sup>/s), devido à ocorrência de um evento de cheia durante a campanha de amostragem, a qual foi planejada para contemplar eventos de cheia na bacia hidrográfica avaliada. A cota em Amarópolis ajuda a entender o sistema, no entanto, é válido ressaltar que a água demora um certo tempo para atingir os pontos monitorados, além do fato de que os valores de nível em Amarópolis refletem o valor em horários específicos pela manhã (07:30) e durante a tarde (17:30), sendo um pouco diferentes da cota no momento exato da medição.

Tabela 3.5– Dados de vazão das seções de referência para as seções PTS - S1 a PTS - S10.

Perfil	Data/Coleta	Nível a jusante de Amarópolis (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
PTS - S1	31/10/2019	4,12	4.854,64
PTS - S2	27/10/2019	2,94	2.231,06
PTS - S3	27/10/2019	2,90	2.373,10
PTS - S4	28/10/2019	2,78	2.604,41
PTS - S5	28/10/2019	2,68	2.927,22



Perfil	Data/Coleta	Nível a jusante de Amarópolis (m)	Vazão (m³/s)
PTS - S6	29/10/2019	2,78	2.790,43
PTS - S7	29/10/2019	2,78	2.759,44
PTS - S8	29/10/2019	2,92	1.189,63
PTS - S9	30/10/2019	3,06	1.818,48
PTS - S10	30/10/2019	3,06	1.892,40

A Tabela 3.6 apresenta o resultado das vazões para as seções de 11 a 19, bem como os níveis correspondentes ao nível de jusante da barragem de Dom Marco. Observa-se vazões reduzidas em relação à campanha realizada entre 26 e 31 de outubro de 2019, devido a não ter ocorrido evento de cheia durante a campanha de amostragem. A cota em Dom Marco reflete o valor em horários específicos pela manhã (07:30) e durante a tarde (17:30), sendo um pouco diferentes da cota no momento exato da medição.

Tabela 3.6– Dados de vazão das seções de referência para as seções PTS- S11 a PTS- S19.

Perfil	Data/Coleta	Nível a jusante de Dom Marco (m)	Vazão (m³/s)
PTS - S11	04/12/2019	8,54	554,73
PTS – S12	05/12/2019	8,62	607,26
PTS – S13	05/12/2019	8,65	542,62
PTS – S14	05/12/2019	8,65	563,05
PTS – S15	05/12/2019	8,65	545,36
PTS – S16	06/12/2019	8,73	561,3
PTS – S17	06/12/2019	8,73	617,94
PTS – S18	06/12/2019	8,69	566,74
PTS – S19	07/12/2019	8,58	502,23

A Tabela 3.7 apresenta o resultado das vazões para as seções 20 a 23, bem como os níveis correspondentes ao nível de jusante da barragem de Fandango. A cota em Fandango reflete o valor em horários específicos pela manhã (07:30) e durante a tarde (17:30), sendo um pouco diferentes da cota no momento exato da medição.



Tabela 3.7 – Dados de vazão das seções de referência para as seções PTS- S20 a PTS-S23.

Perfil	Data/Coleta	Nível a jusante de Dom Fandango (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
PTS – S20	07/12/2019	15,08	486,56
PTS – S21	07/12/2019	15,00	469,58
PTS – S22	07/12/2019	15,00	440,05
PTS – S23	08/12/2019	14,98	433,27

A Tabela 3.8 apresenta o resultado das vazões para as seções 24 e 25, bem como os níveis correspondentes ao nível de montante da barragem de Fandango. Foi necessário utilizar a régua de montante da barragem de Fandango, por ser a régua mais próxima aos pontos monitorados. A cota em Fandango reflete o valor em horários específicos pela manhã (07:30) e durante a tarde (17:30), sendo um pouco diferentes da cota no momento exato da medição.

Tabela 3.8 – Dados de vazão das seções de referência para as seções PTS- S24 a PTS- S25.

Perfil	Data/Coleta	Nível a jusante de Dom Fandango (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
PTS – S24	08/12/2019	16,4	436,84
PTS – S25	08/12/2019	16,4	418,27

### 3.4.5.2 Perfis com respectivo nível para as seções monitoradas

Considerando os dados das cotas obtidos com os operadores das barragens de Amarópolis, Dom Marco e Fandango, foram determinados os níveis em cada uma das seções monitoradas. Com os dados provenientes das seções de medição de vazão com o ADCP foi realizada uma consistência nos dados via HIDROSEDIMENTOS para eliminação dos ruídos e elaborado um perfil transversal para cada uma das seções levantadas. Esses perfis sempre são da margem esquerda (ME) para a margem direita (MD).

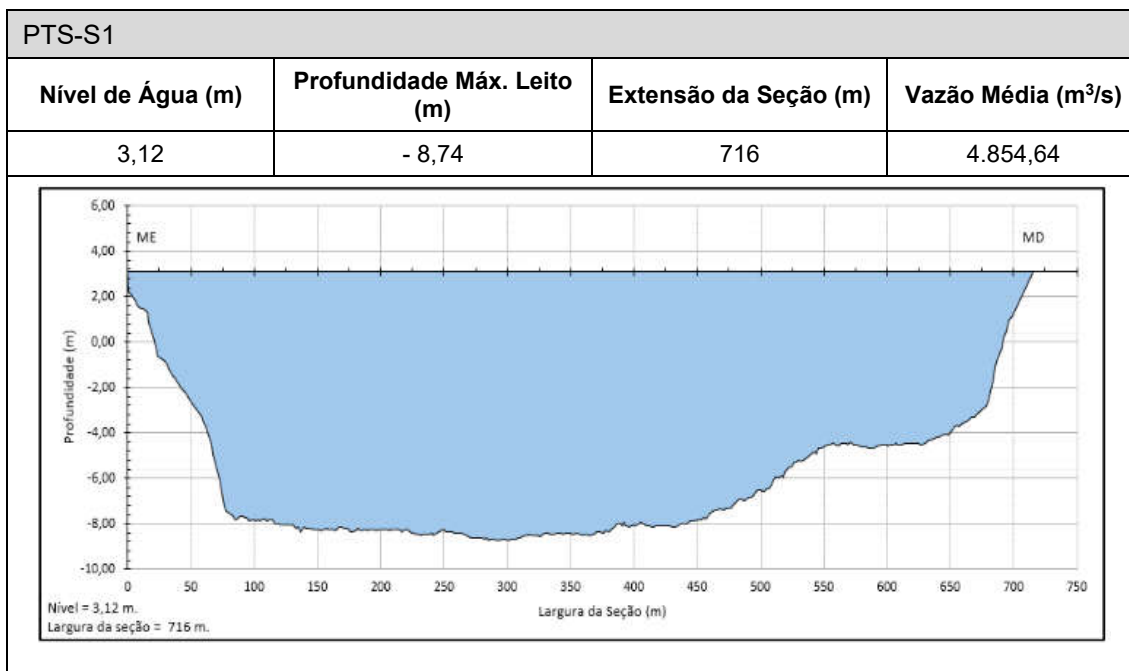
Os dados altimétricos foram processados no sentido de obter a altitude no centro do rio em todo trecho levantado, sendo possível eliminar possíveis erros de medição. Para assegurar a inexistência de erros grosseiros, foi realizada uma comparação com dados provenientes do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução de 30 m. Através dos dados altimétricos foram realizadas as correções das réguas para as referidas seções, com a aplicação do desnível entre os pontos nos quais se tem informações de cota das réguas, e para os pontos monitorados. Os gráficos dos perfis foram elaborados no software MathCad, sendo apresentados a seguir:





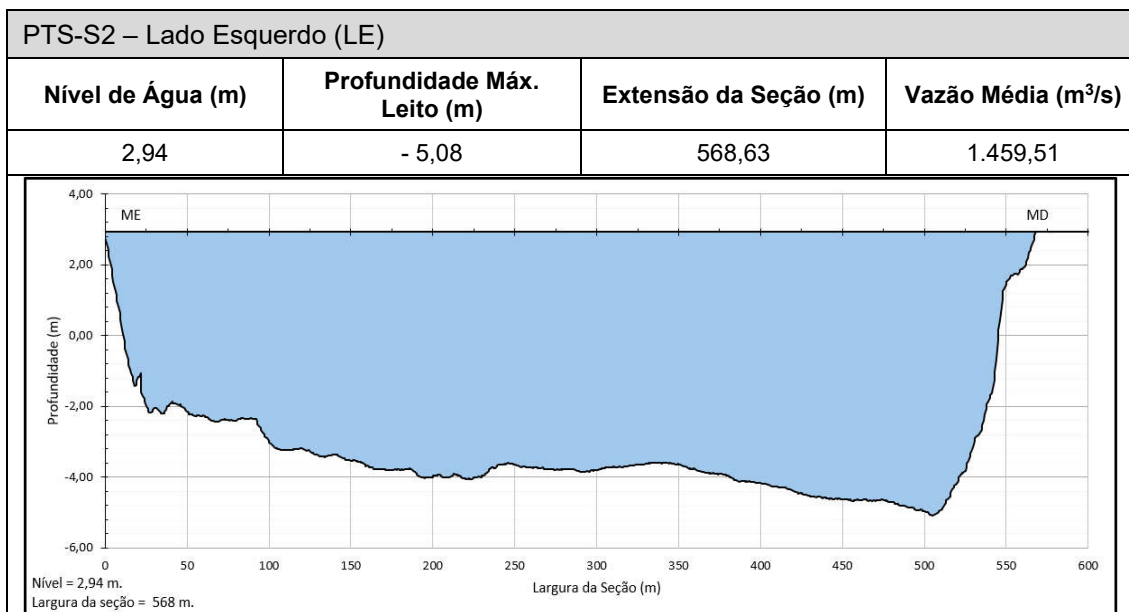
- Seção 1

Quadro 3.8 - Perfil batimétrico da seção 1.



- Seção 2, lado esquerdo

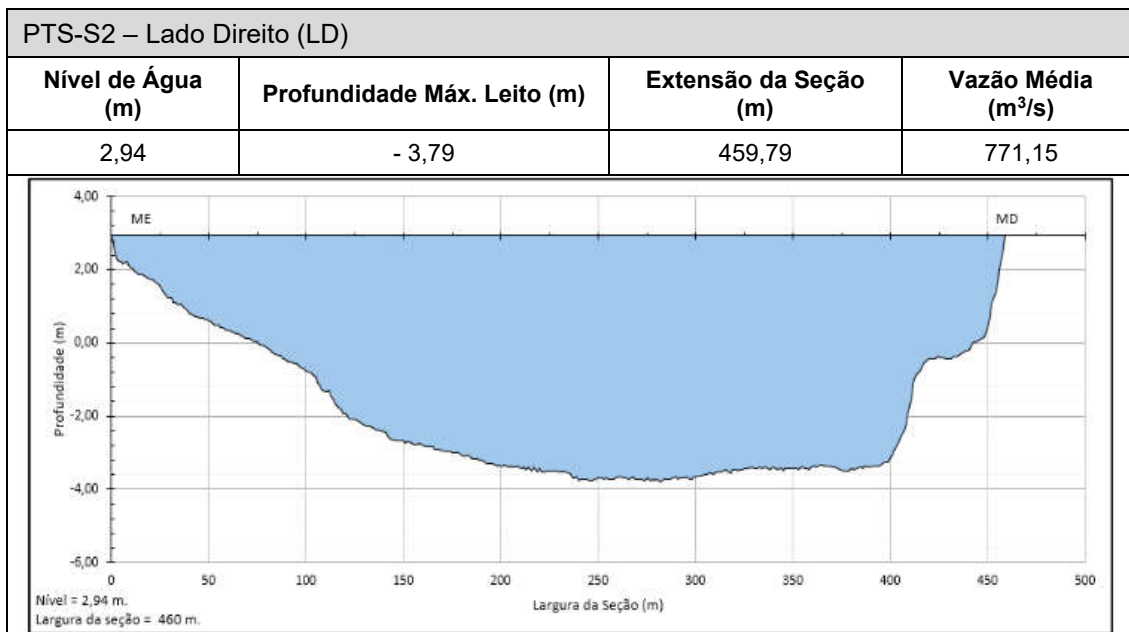
Quadro 3.9 - Perfil batimétrico da seção 2, lado esquerdo.





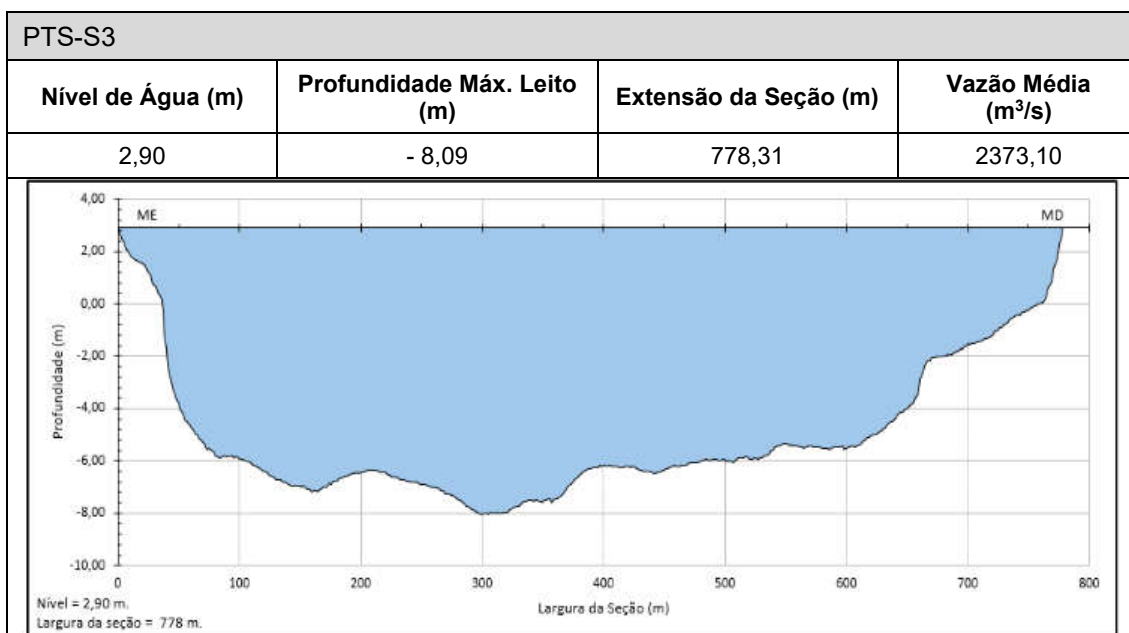
- Seção 2, lado direito

Quadro 3.10 – Perfil batimétrico da seção 2, canal direito.



- Seção 3

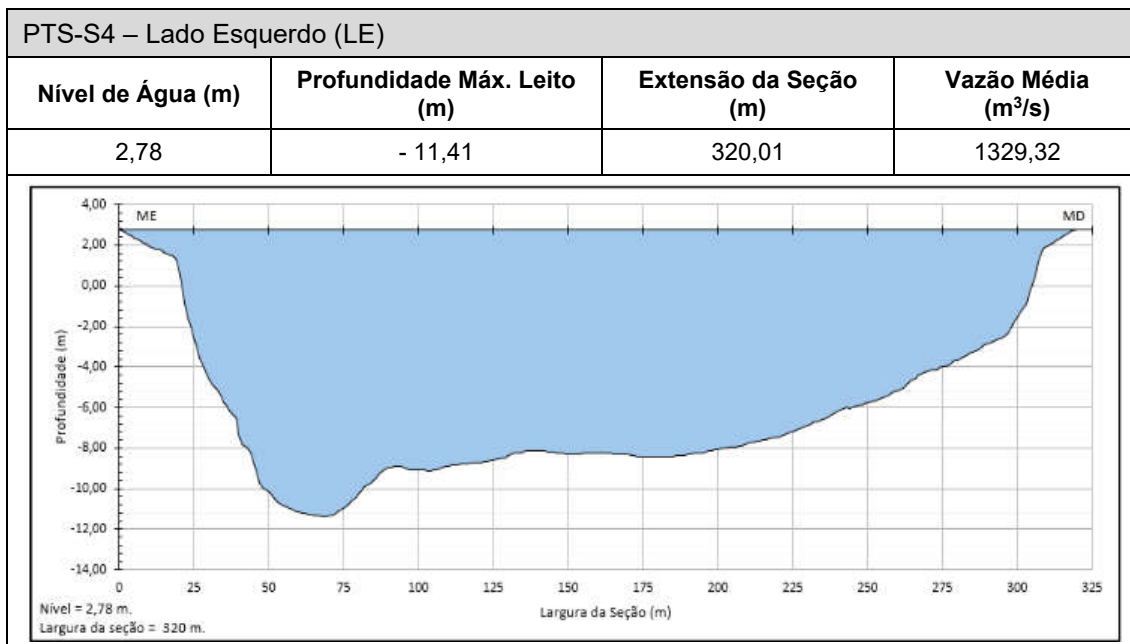
Quadro 3.11 – Perfil batimétrico da seção 3.





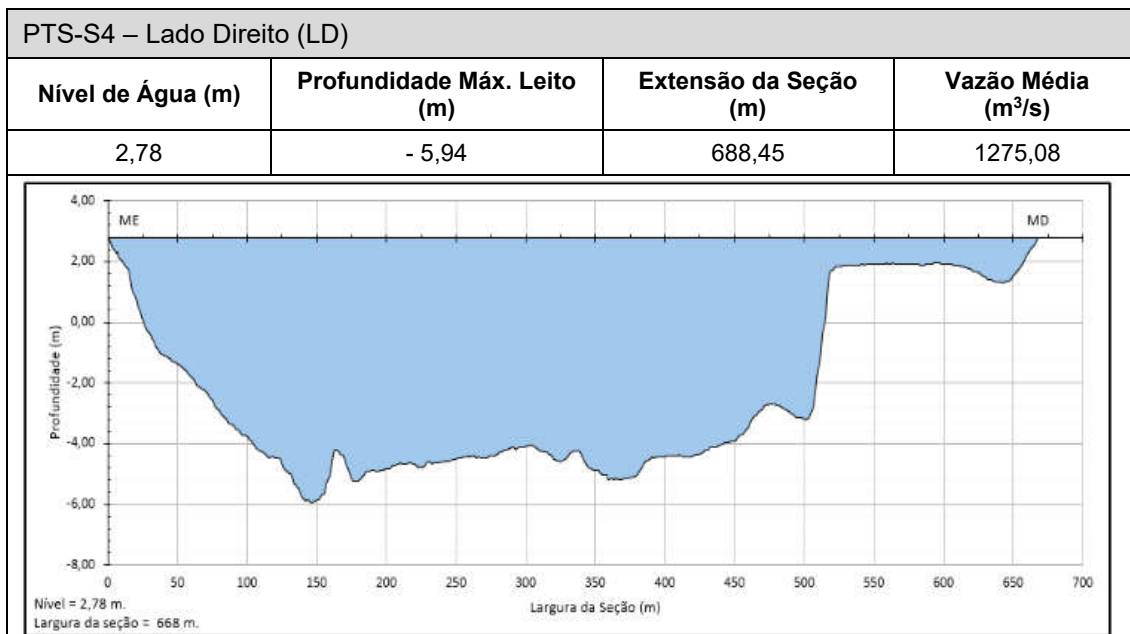
- **Seção 4, lado esquerdo**

Quadro 3.12 – Perfil batimétrico da seção 4, canal esquerdo.



- **Seção 4, lado direito**

Quadro 3.13 – Perfil batimétrico da seção 4, canal direito.

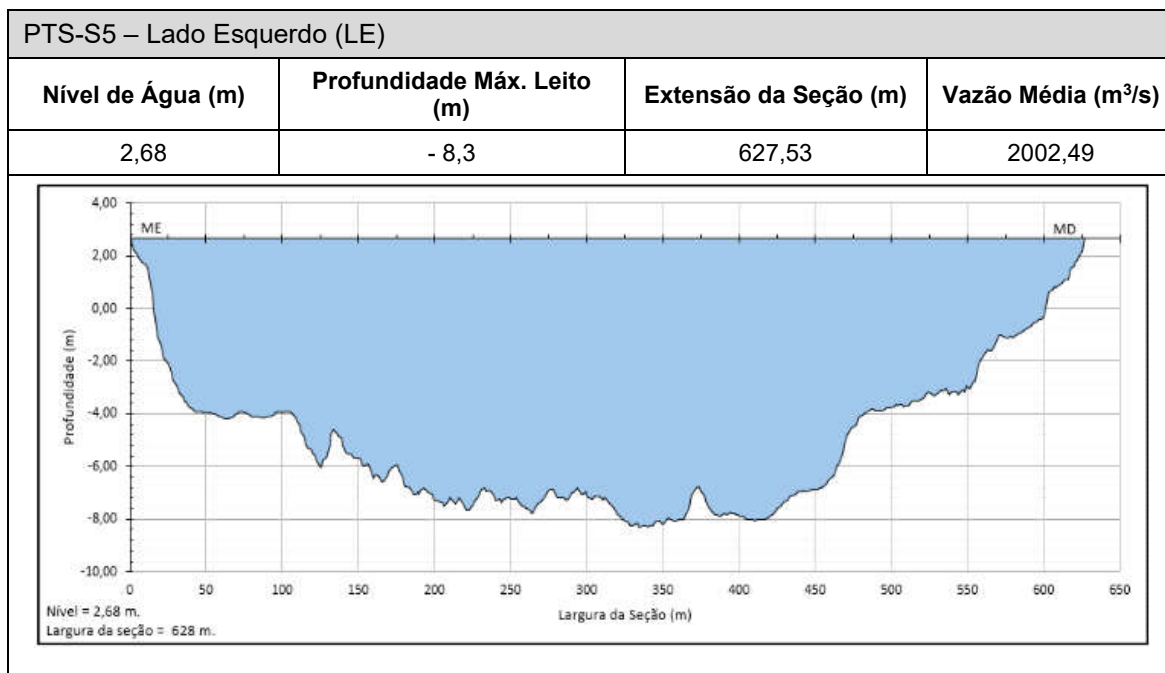






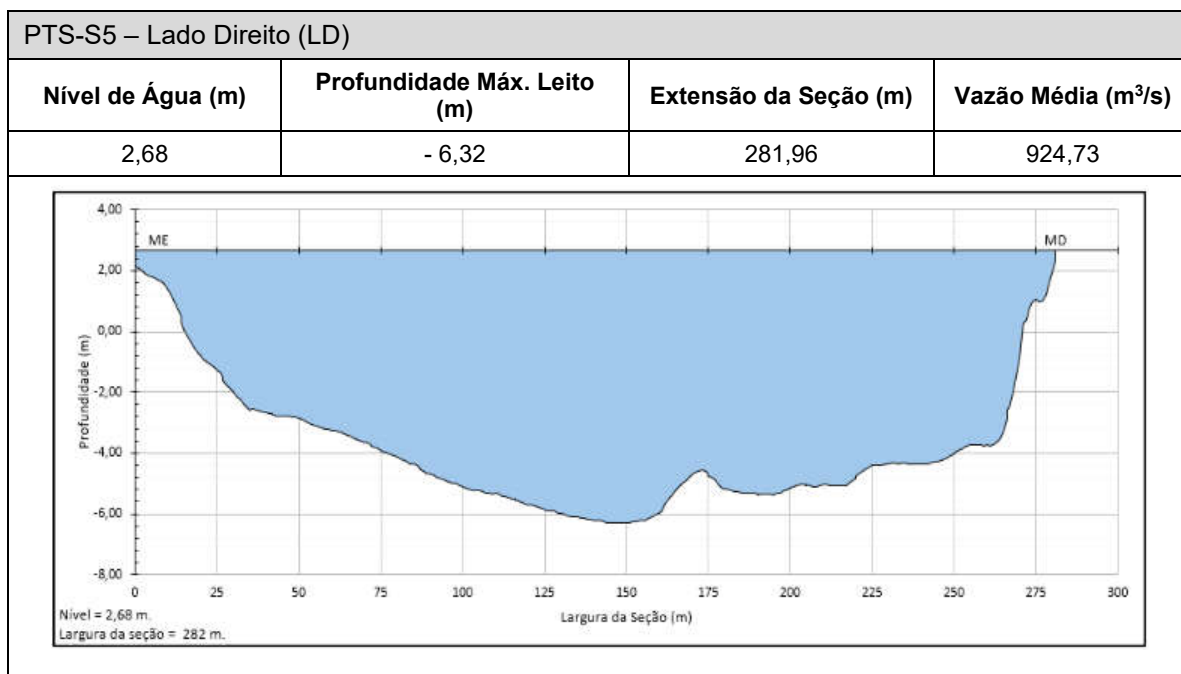
- **Seção 5, lado esquerdo**

Quadro 3.14 – Perfil batimétrico da seção 5, lado esquerdo.



- **Seção 5, lado direito**

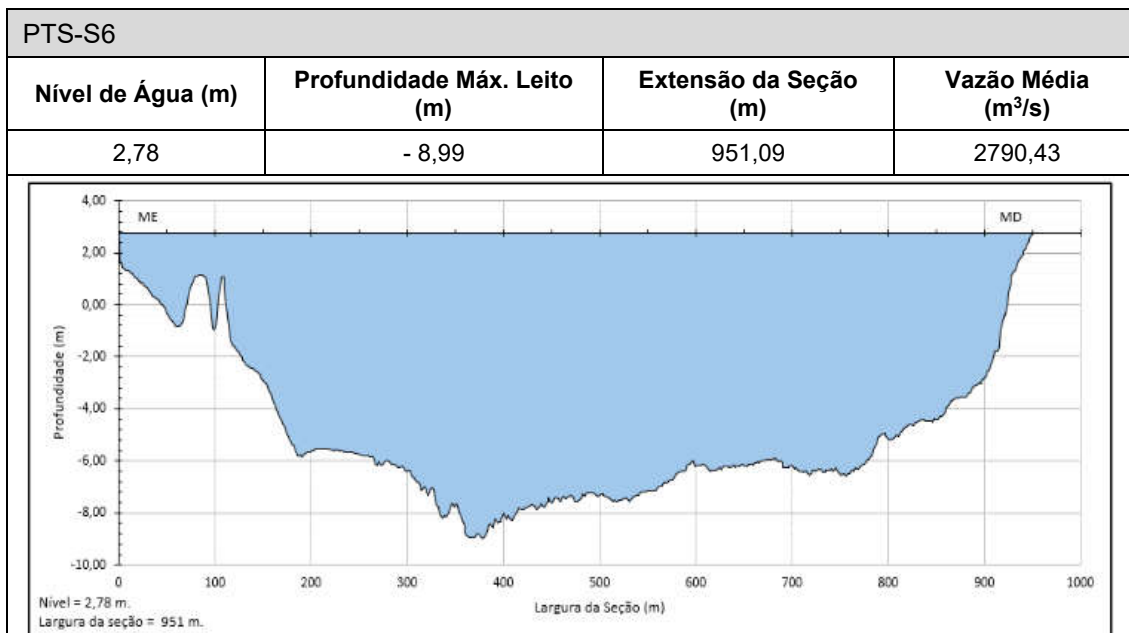
Quadro 3.15 – Perfil batimétrico da seção 5, lado direito





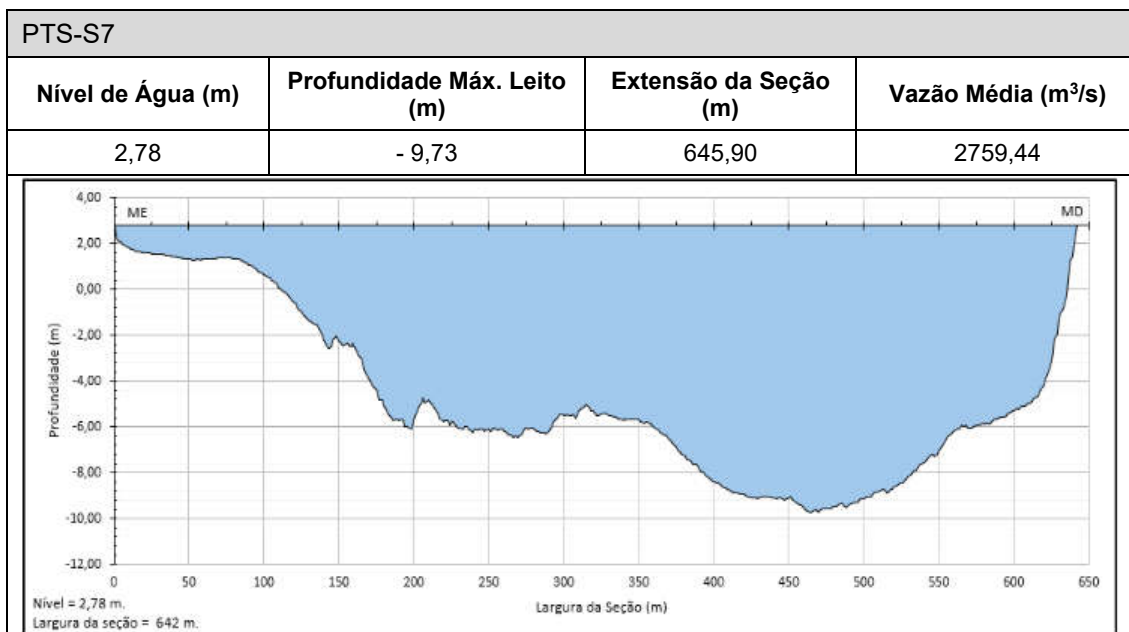
- Seção 6

Quadro 3.16 – Perfil batimétrico da seção 6.



- Seção 7

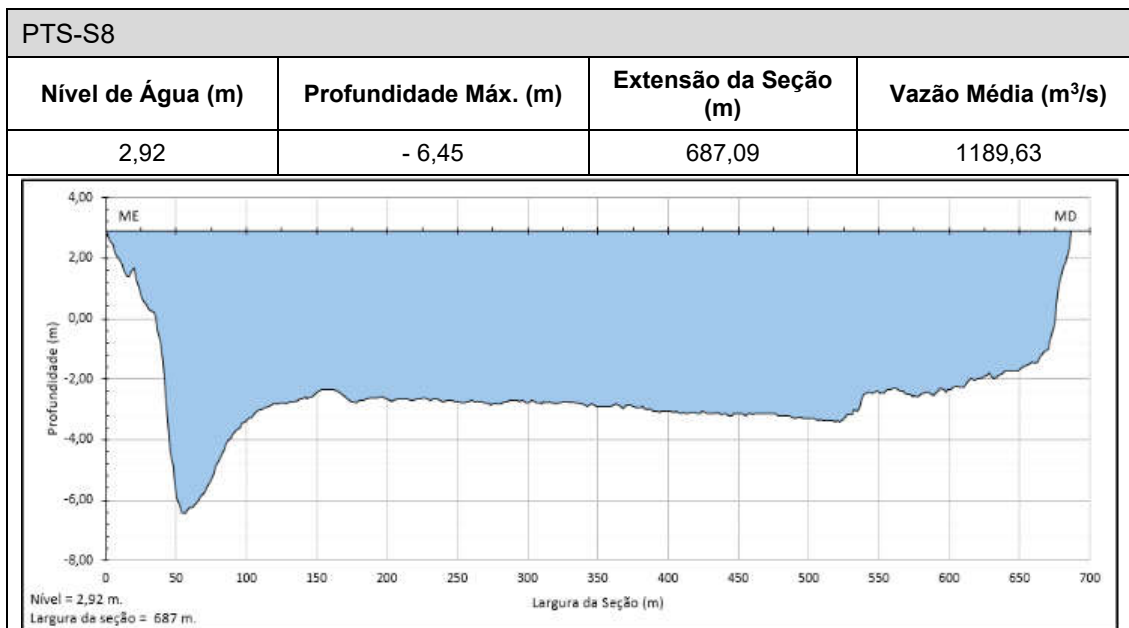
Quadro 3.17 – Perfil batimétrico da seção 7.





- Seção 08

Quadro 3.18 – Perfil batimétrico da seção 8.



- Seção 9

Quadro 3.19 – Perfil batimétrico da seção 9.

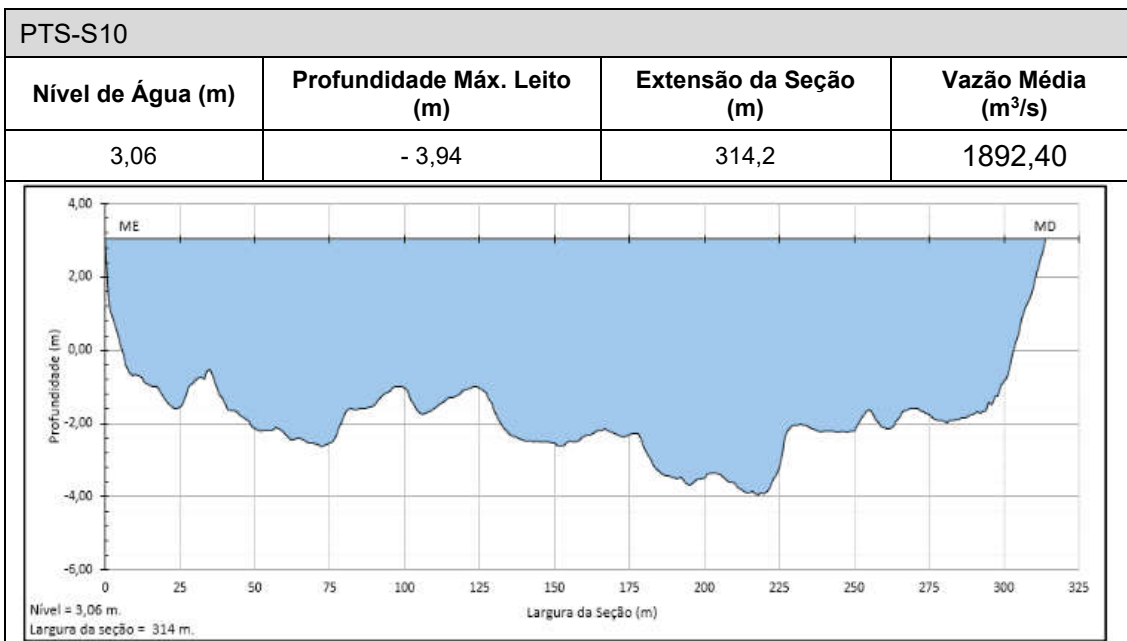






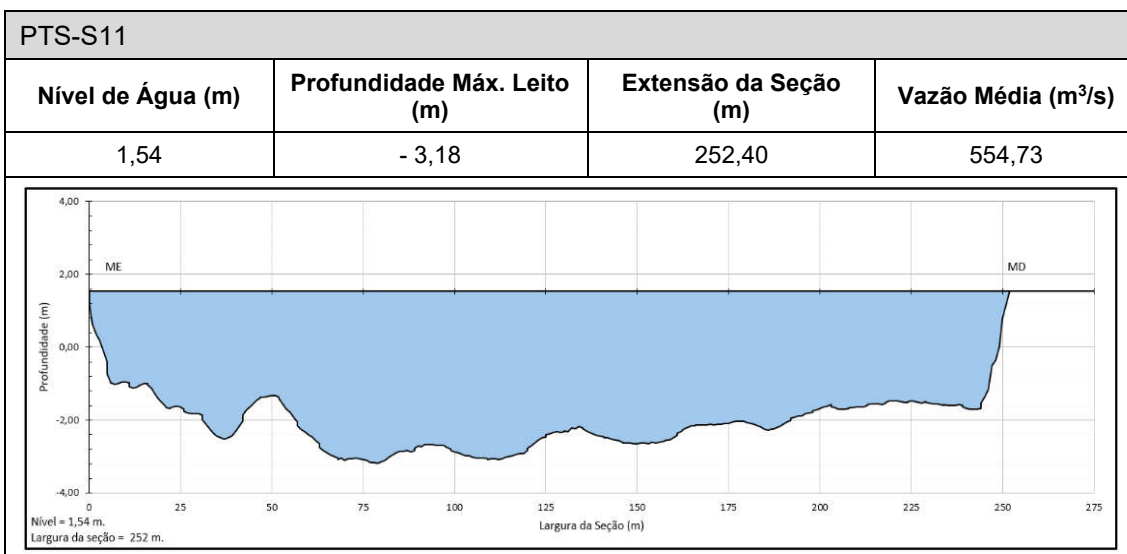
- Seção 10

Quadro 3.20 – Perfil batimétrico da seção 10.



- Seção 11

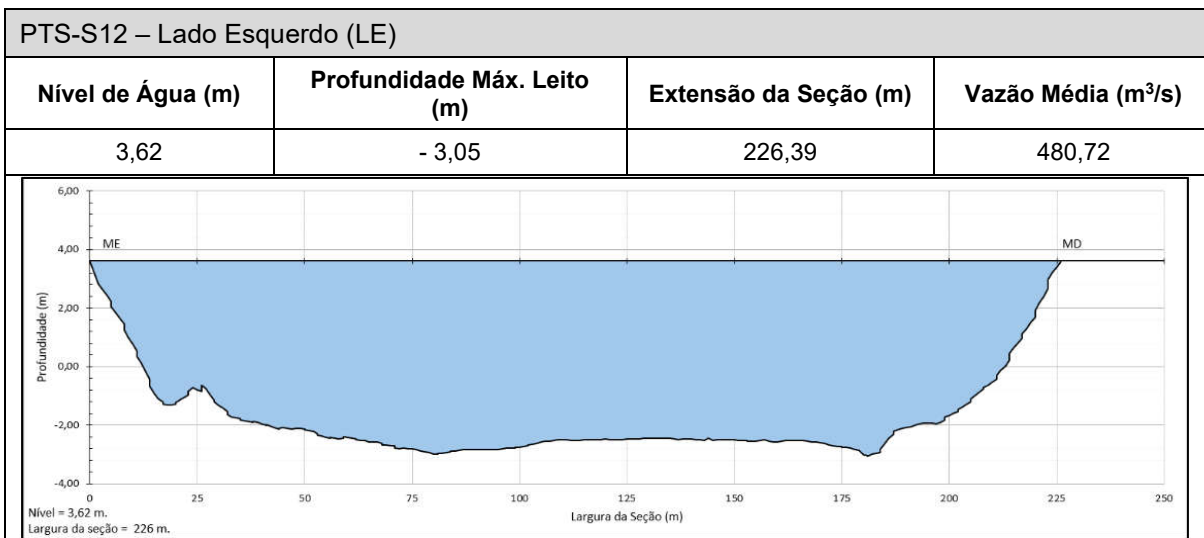
Quadro 3.21 – Perfil batimétrico da seção 11.





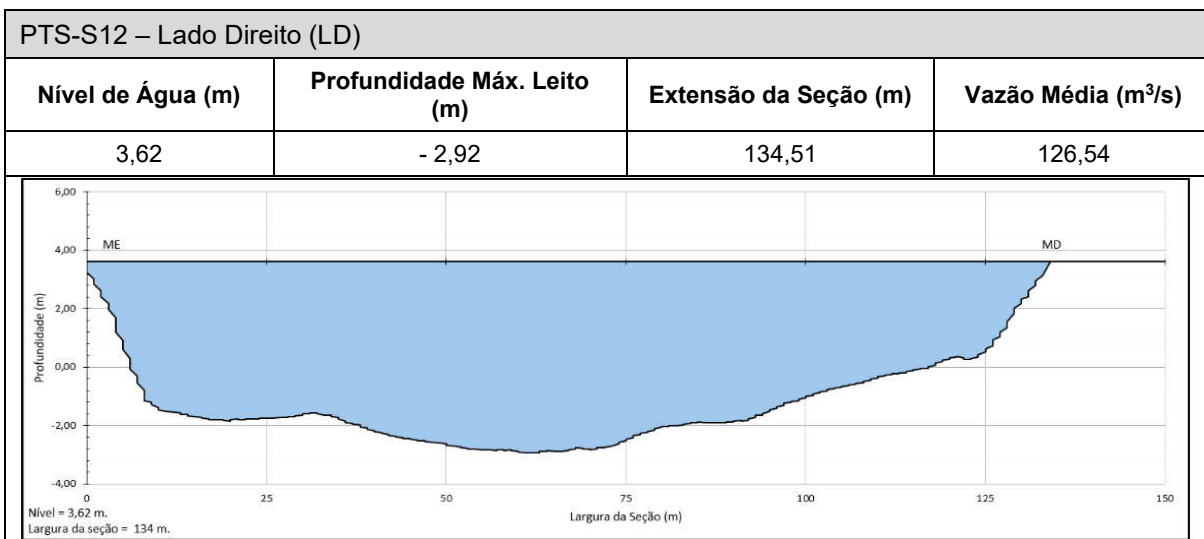
- Seção 12, lado esquerdo

Quadro 3.22 – Perfil batimétrico da seção 12, lado esquerdo



- Seção 12, lado direito

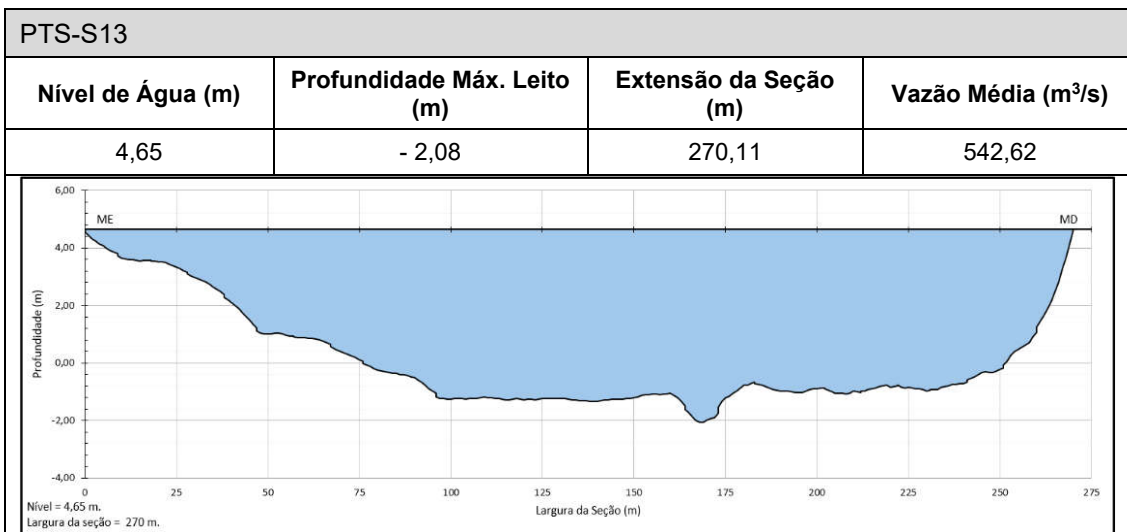
Quadro 3.23 – Perfil batimétrico da seção 12, lado direito





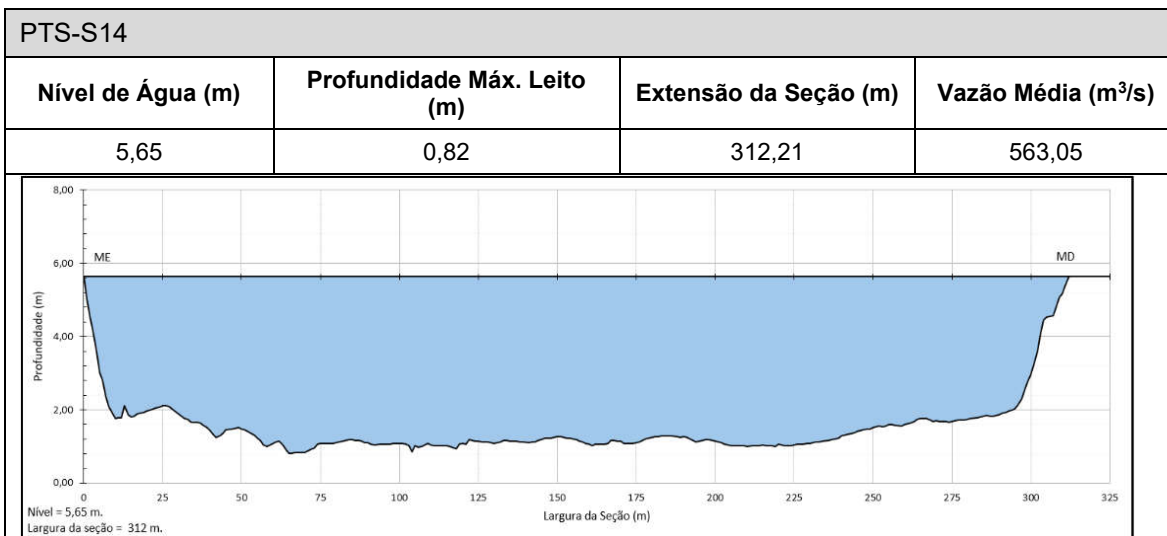
- Seção 13

Quadro 3.24 – Perfil batimétrico da seção 13



- Seção 14

Quadro 3.25 – Perfil batimétrico da seção 14

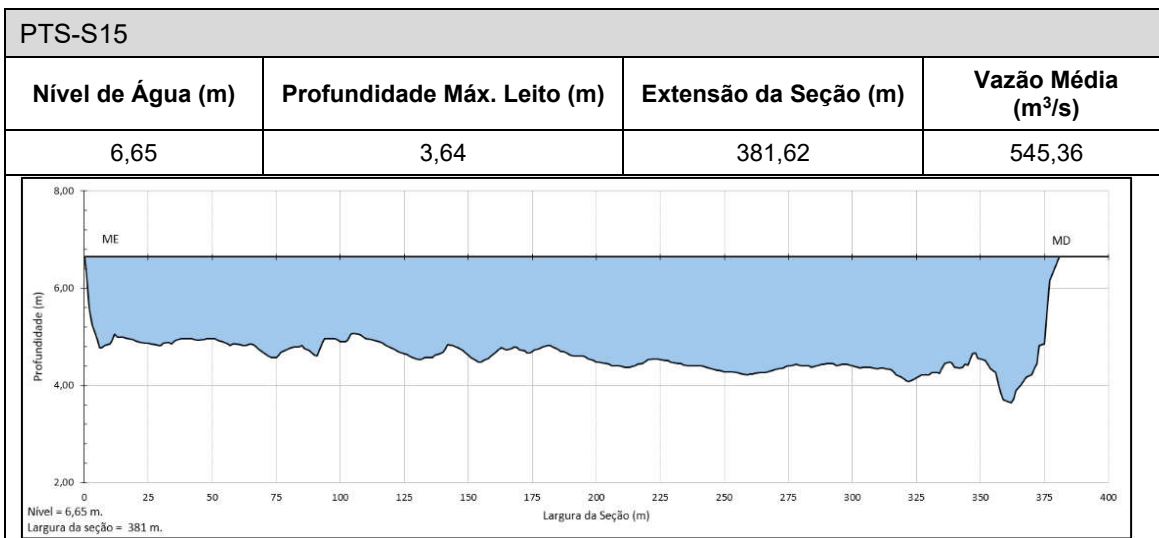






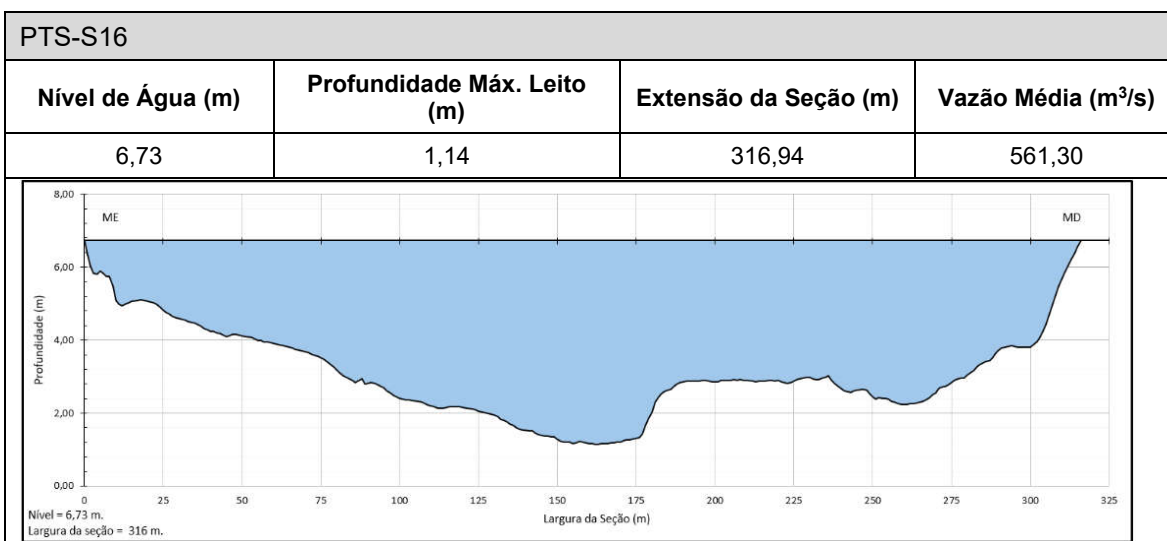
- **Seção 15**

Quadro 3.26 – Perfil batimétrico da seção 15.



- **Seção 16**

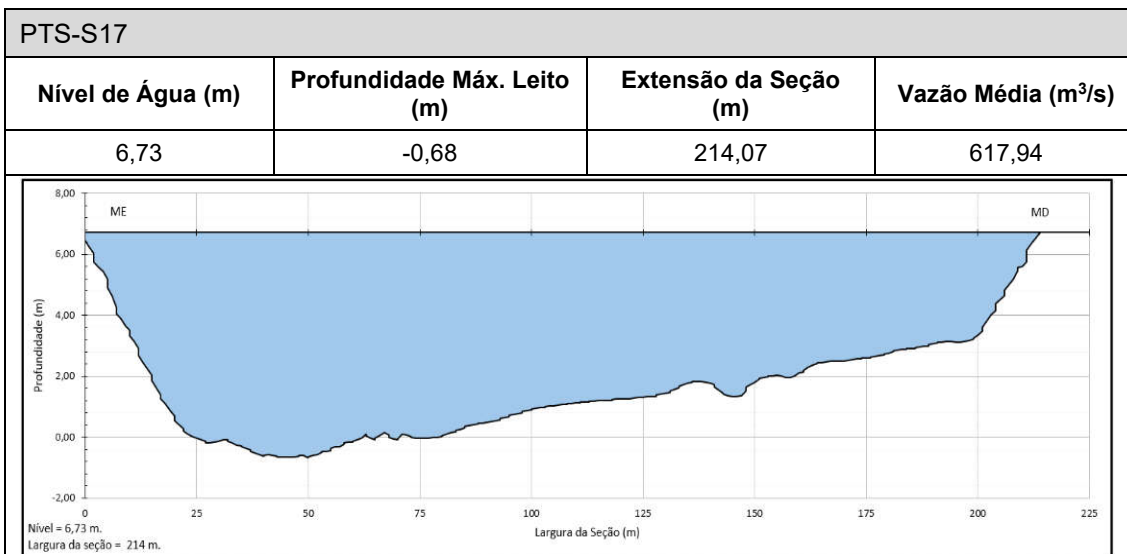
Quadro 3.27 – Perfil batimétrico da seção 16.





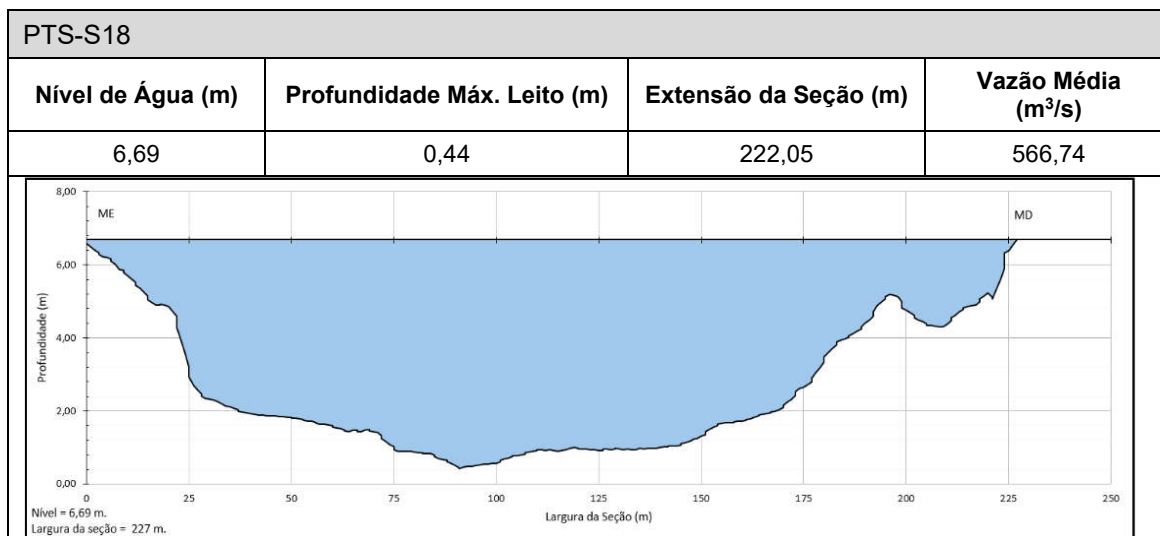
- Seção 17

Quadro 3.28 – Perfil batimétrico da seção 17.



- Seção 18

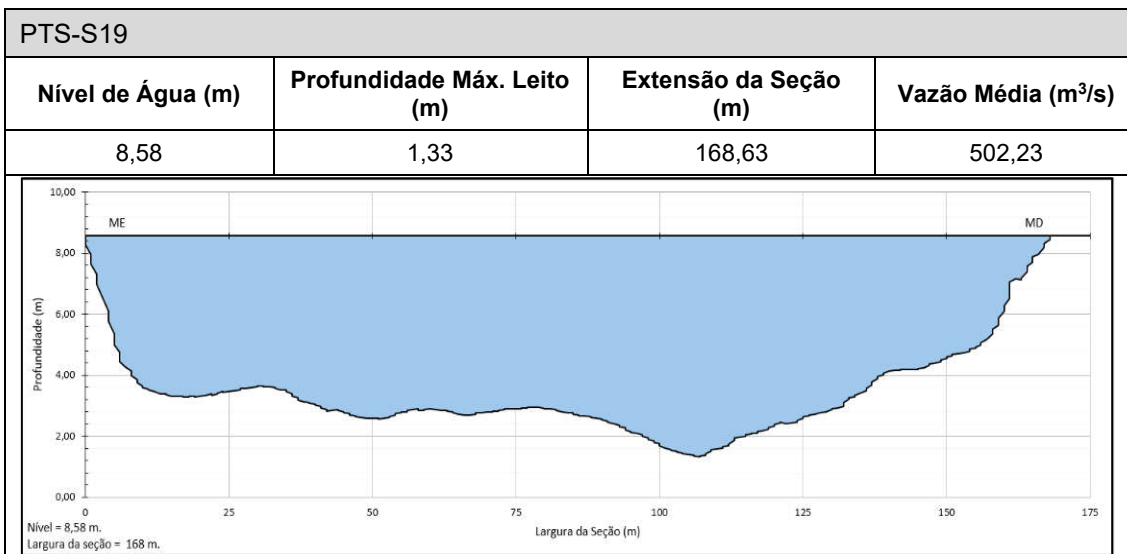
Quadro 3.29 – Perfil batimétrico da seção 18.





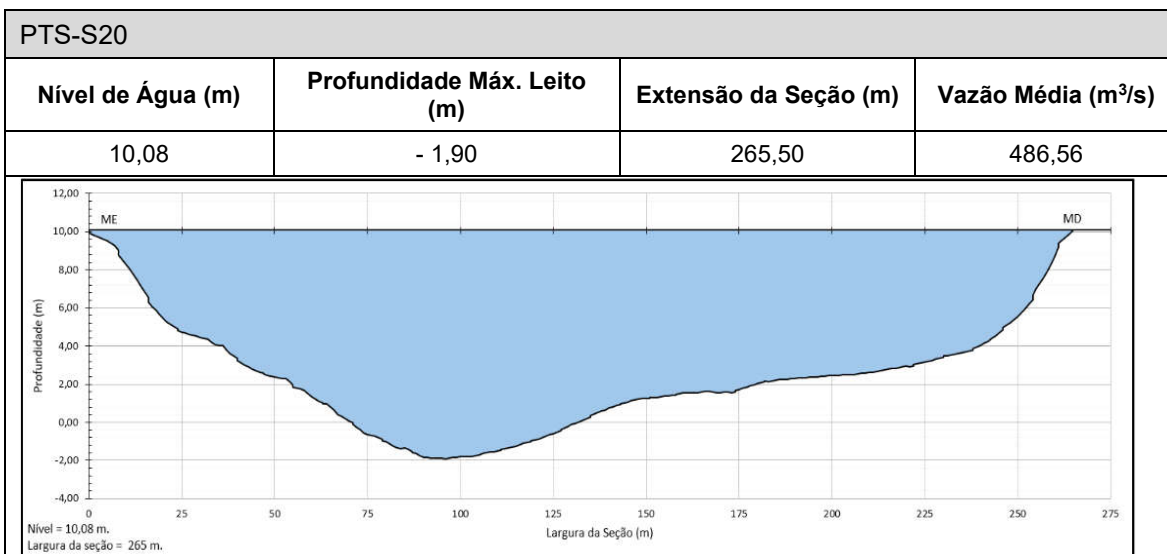
• **Seção 19**

Quadro 3.30 – Perfil batimétrico da seção 19.



• **Seção 20**

Quadro 3.31 – Perfil batimétrico da seção 20.

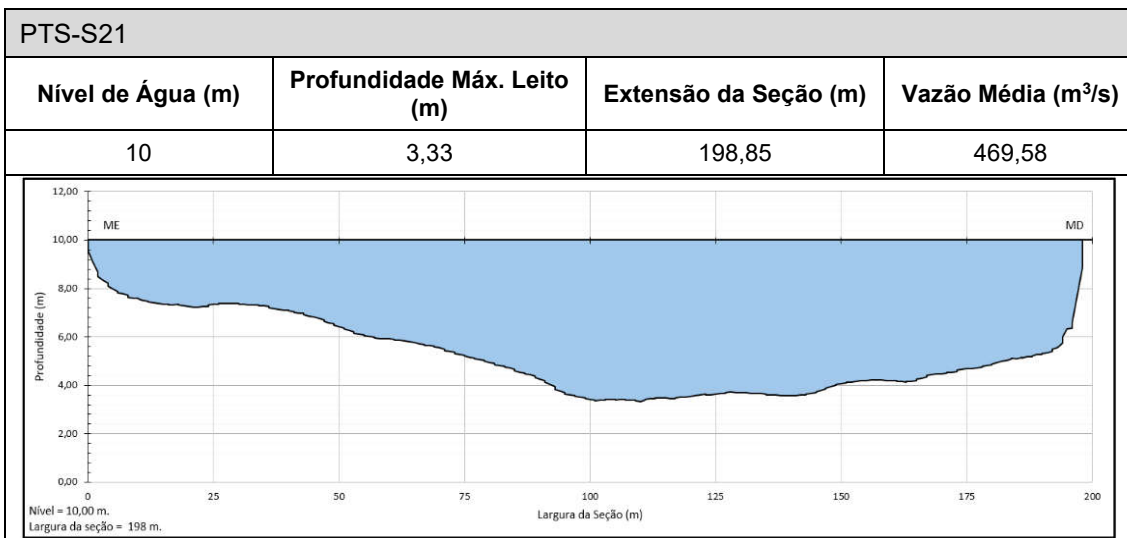






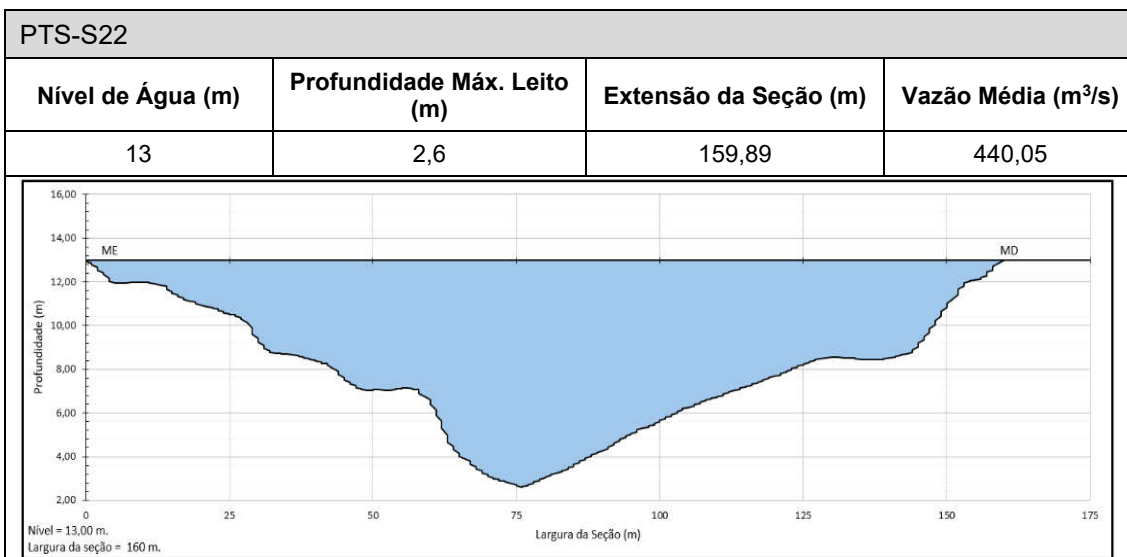
- Seção 21

Quadro 3.32 – Perfil batimétrico da seção 21.



- Seção 22

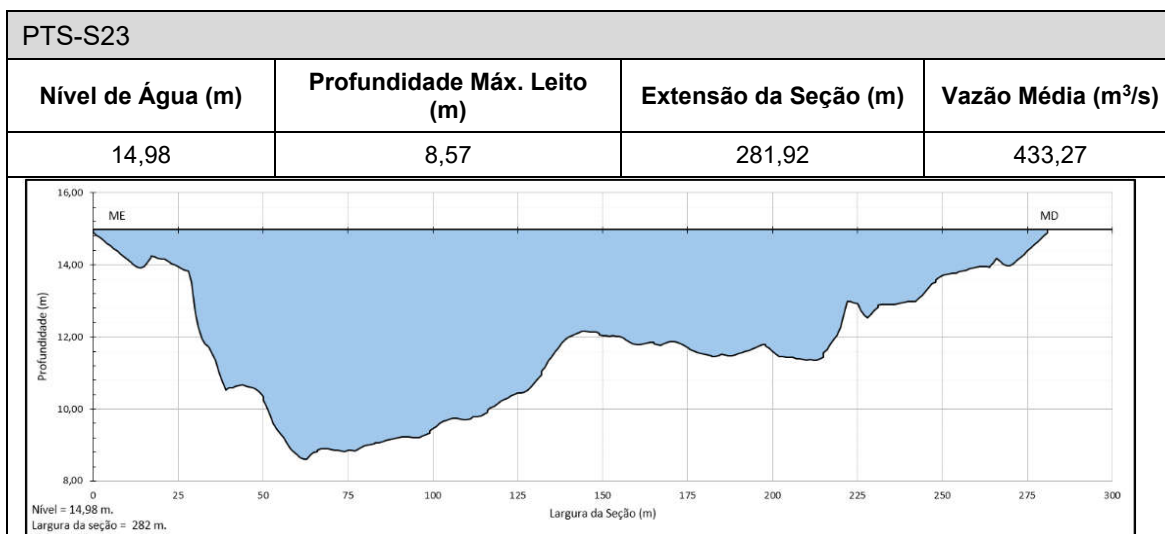
Quadro 3.33 – Perfil batimétrico da seção 22.





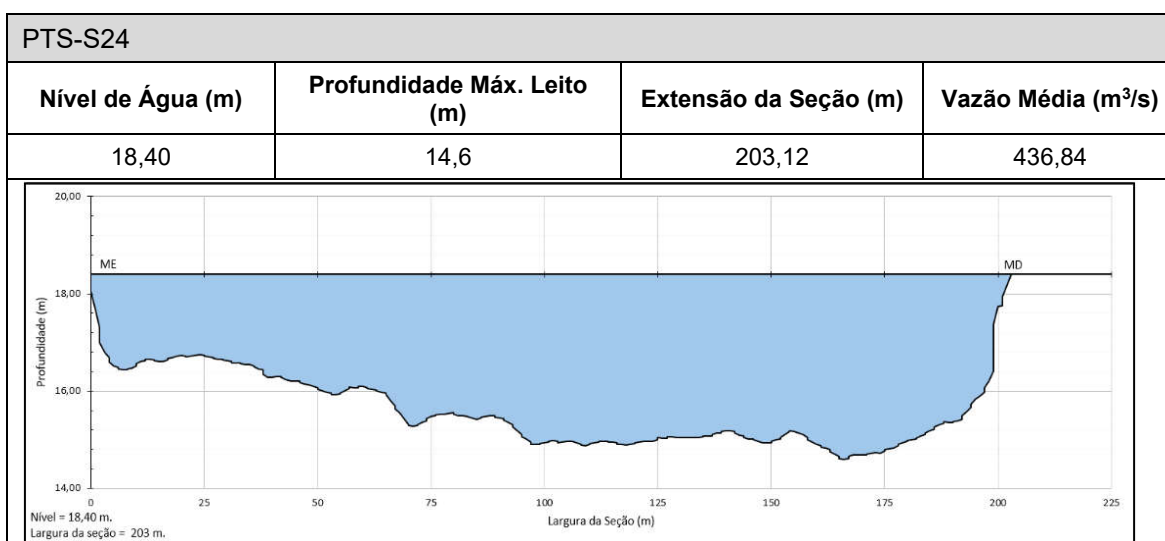
- **Seção 23**

Quadro 3.34 – Perfil batimétrico da seção 23.



- **Seção 24**

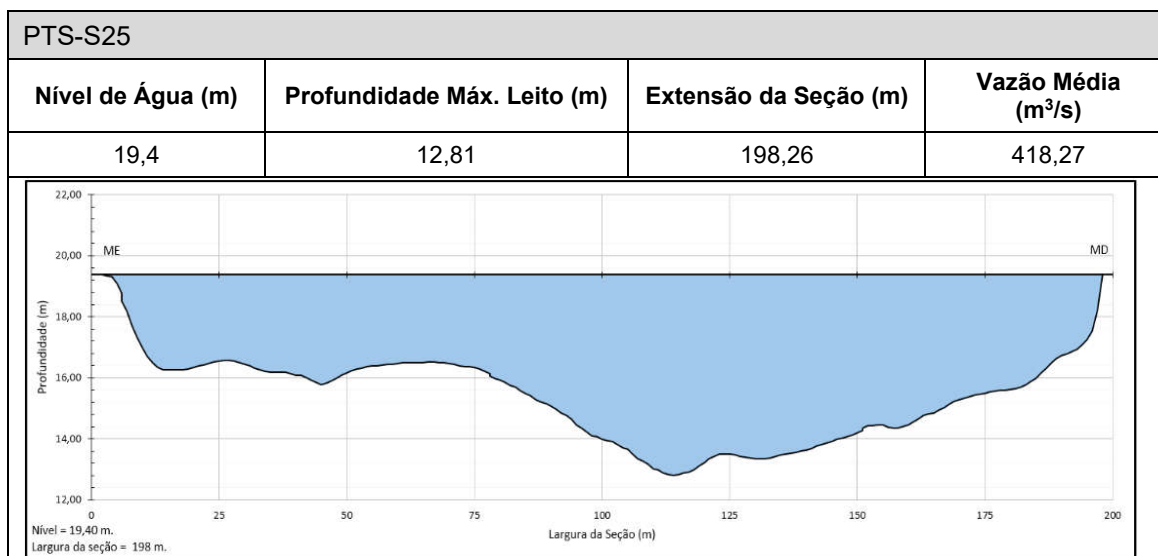
Quadro 3.35 – Perfil batimétrico da seção 24.





- **Seção 25**

Quadro 3.36 – Perfil batimétrico da seção 25.



### 3.4.5.3 Acompanhamento da concentração de sedimentos em suspensão

O monitoramento das seções PTS-S1 e PTS-S25, conforme mencionado anteriormente, foi dividido entre duas campanhas de campo realizadas nos meses de outubro e dezembro de 2019. No mês de outubro foram feitas as seções PTS-S1 a PTS-S10 e no mês de dezembro as seções PTS-S11 a PTS-S25. Devido ao monitoramento das seções PTS-S1 a PTS-S10 terem sido contempladas durante o período de chuvas e o das seções PTS-S11 a PTS-S25 em período sem chuvas, os resultados serão apresentados separadamente.

A Figura 3.57 apresenta os resultados referentes à concentração de sedimentos em suspensão e arraste para as 10 seções monitoradas entre a foz do rio Jacuí e a barragem de Amarópolis. Os resultados das análises laboratoriais para os sedimentos em suspensão demonstraram que a CSS média para as 10 seções foi de 53,96 mg/l, com maior CSS na seção PTS-S4 (63,2 mg/l) e menor CSS na seção PTS-S8 (41,2 mg/l).



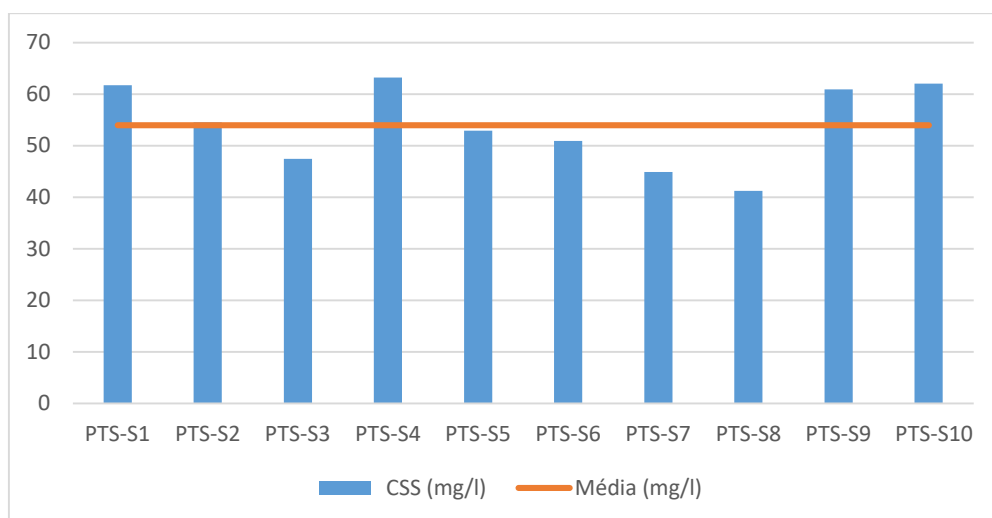


Figura 3.57 – Concentração de sedimentos em suspensão nas seções PTS-S1 a PTS-S10.

A Figura 3.58 apresenta os resultados referentes à concentração de sedimentos em suspensão e arraste para as 15 seções monitoradas entre a foz do Rio Vacacaí e a barragem de Amarópolis. Os resultados das análises laboratoriais para os sedimentos em suspensão demonstraram que a CSS média para as 15 seções foi de 21,41 mg/l, com maior CSS na seção PTS-S13 (29,7 mg/l) e menor CSS na seção PTS-S21 (10,8 mg/l).

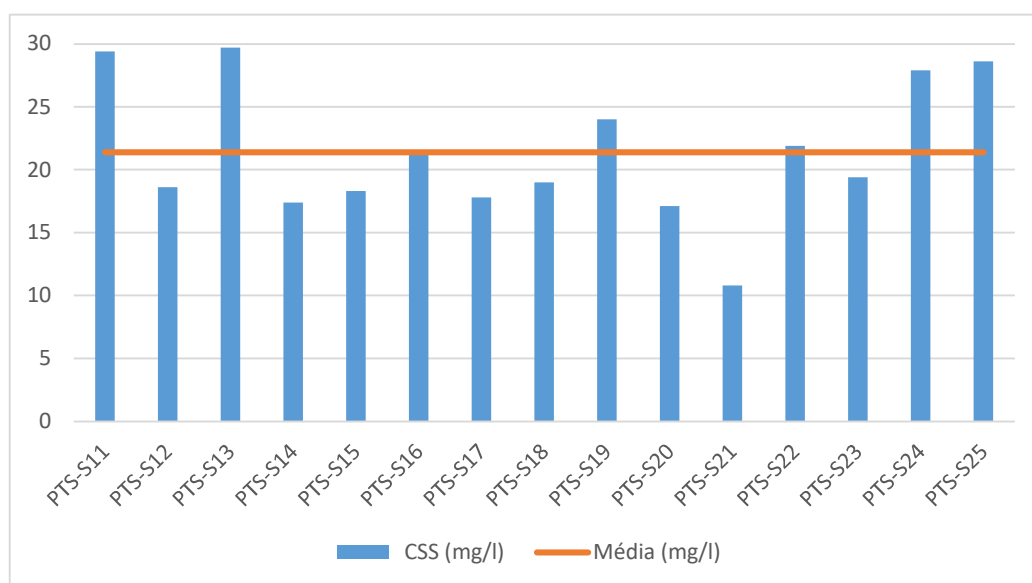


Figura 3.58 – Concentração de sedimentos em suspensão nas seções PTS-S11 a PTS-S25.

### 3.4.5.3.1 PTS-S1

O ponto PTS-S1 apresenta-se como o exutório que compreende a maior área dentre os pontos monitorados. No dia 26 de outubro de 2019 as condições da seção de medição com muito vento inviabilizaram a coleta de sedimentos em suspensão e arraste, de modo que a equipe de campo achou mais seguro realizar a medição da seção posteriormente.



Devido a problemas na operação da eclusa de Amarópolis, no dia 31 de outubro de 2019 a equipe de campo retornou a Porto Alegre e no caminho efetuou a medição da seção PTS - S1. Devido às chuvas que ocorreram por todo o estado do Rio Grande do Sul, o rio Jacuí elevou a vazão e foi possível monitorar a seção PTS - S1 em um evento de cheia.

A seção PTS - S1 apresentou 716,16 m de largura, profundidade máxima de 11,86 m e a vazão de 4.854,64 m<sup>3</sup>/s. Foram estabelecidas 20 verticais para a coleta de sedimentos em suspensão espaçadas a cada 34,1 m, as quais são apresentadas na Figura 3.59.

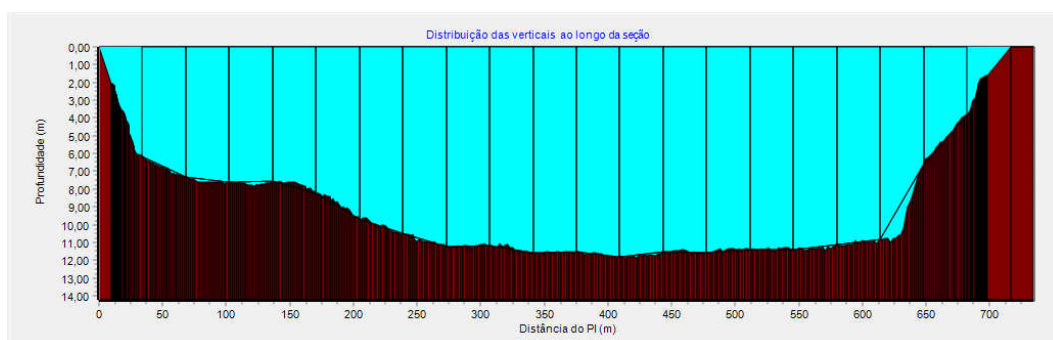


Figura 3.59 - Verticais em que foram feitas as amostragens de sedimentos em suspensão e arraste na seção de monitoramento 1 (PTS-S1).

As condições de campo no dia da amostragem podem ser acompanhadas na Figura 3.60, na qual se observa que o rio estava com a cor marrom, sendo um indício de que se encontrava em um evento de cheia, e o céu nublado com probabilidade de chuva.

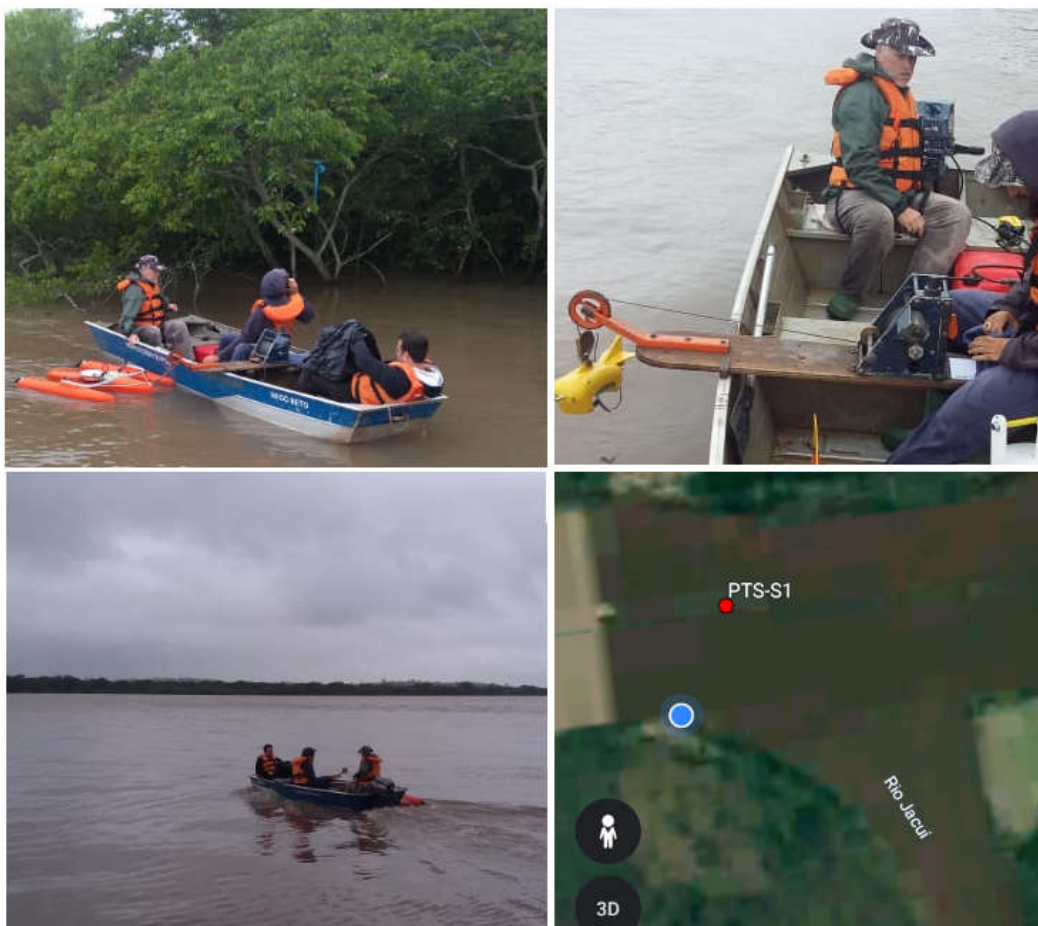


Figura 3.60 – Localização da Seção S1 (PTS-S1), onde foram realizadas as medições de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste.

#### 3.4.5.3.2 PTS-S2 (ME)

A seção 2 em sua margem esquerda (PTS-S2 ME) apresentou 568,63 m de largura, profundidade máxima de 8,02 m e vazão de 1.459,91 m<sup>3</sup>/s. Foram estabelecidas 10 verticais para a coleta de sedimentos em suspensão espaçadas a cada 51,7 m, as quais são apresentadas na Figura 3.61.



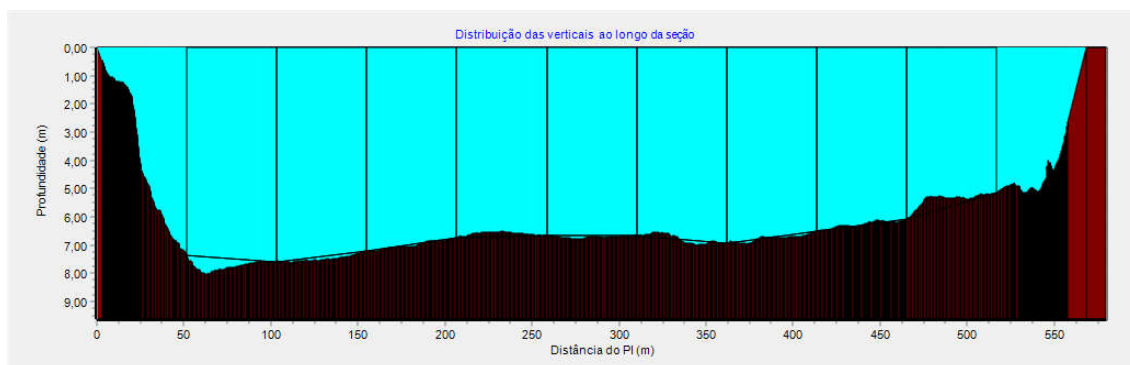


Figura 3.61 - Verticais em que foram feitas as amostragens de sedimentos em suspensão e arraste na seção de monitoramento PTS-S2 ME na margem esquerda.

As condições de campo e informações locais no dia da amostragem podem ser acompanhadas na Figura 3.62, na qual observa-se o céu parcialmente nublado.



Figura 3.62 - Localização da margem esquerda da Seção PTS-S2 ME, onde foram realizadas as medições de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste.