

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE AQUIDAUANA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DAIRES EDUARDO BENTO LIMA FRANCO

**QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E ASPECTOS DO SISTEMA AMBIENTAL
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALOBRA, SERRA DA BODOQUENA-MS**

AQUIDAUANA – MS

2022

DAIRES EDUARDO BENTO LIMA FRANCO

**QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E ASPECTOS DO SISTEMA AMBIENTAL
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALOBRA, SERRA DA BODOQUENA-MS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Área de Concentração Dinâmica Natural e Análise Socioambiental, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Aquidauana, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia, sob a orientação da Prof.^a Dra. Lucy Ribeiro Ayach.

AQUIDAUANA – MS

2022

FOLHA DE APROVAÇÃO

DAIRES EDUARDO BENTO LIMA FRANCO

**QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E ASPECTOS DO SISTEMA AMBIENTAL
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALOBRA, SERRA DA BODOQUENA-MS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Área de Concentração Dinâmica Natural e Análise Socioambiental, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Aquidauana, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia, sob a orientação da Prof.^a Dra. Lucy Ribeiro Ayach.

Resultado: _____

Aquidauana, MS, _____ de _____ de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof.^a Dra. Lucy Ribeiro Ayach
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - CPAQ

Membro: Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Presidente Prudente

Membro: Prof.^a Dra. Elisângela Martins de Carvalho
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - CPAQ

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por conduzir cada um de meus passos, nesta jornada. À minha família que não mede esforços em dar-me suporte em todos os âmbitos da vida. À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campus Aquidauana, onde realizei grandes conquistas. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que me possibilitou focar todas as energias nos estudos e na realização desta pesquisa. À minha querida professora e orientadora Lucy, que me acompanhou de perto nesses últimos três anos de vida acadêmica. Também sou grato à Adriana pela parceira nos estudos de qualidade de água, e pela disponibilidade em me atender nas etapas da pesquisa. Gratidão a cada professor da graduação e pós-graduação. São muitos nomes, mas tenho respeito e carinho por cada um, pois formaram o meu conhecimento geográfico, e isso não tem preço. Enfim, gratidão é a palavra para descrever minha história na UFMS.

RESUMO

Além da água possuir um papel importante na manutenção da vida nos ambientes aquáticos, ela também exerce uma função fundamental no ambiente terrestre, dando suporte à vida humana, aos animais e plantas. Nesse sentido, é essencial a análise das características físicas, químicas e biológicas da água para que se possa conhecer a situação dos corpos hídricos. Dada a relevância do estudo da água, a área da pesquisa é situada na Serra da Bodoquena, na transição entre o Cerrado e o Pantanal no estado de Mato Grosso do Sul, possuindo uma rica biodiversidade e geodiversidade. A bacia hidrográfica abrange a zona rural dos municípios de Porto Murtinho, Bonito, Bodoquena e Miranda e parte da área urbana de Bodoquena – MS. A pesquisa teve como objetivo analisar o sistema ambiental da bacia hidrográfica do rio Salobra, considerando os aspectos físicos-ambientais e a qualidade da água superficial. Realizou-se uma análise quali-quantitativa, por meio da descrição e interpretação dos dados bibliográficos, caracterização do uso da terra e cobertura vegetal e análise dos resultados dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água superficial. Os resultados da pesquisa apontaram que os parâmetros de oxigênio dissolvido, nitrogênio total, coliformes totais e coliformes termotolerantes, apresentaram valores acima do limite permitido pela legislação, o que torna preocupante para o ambiente fluvial no aspecto ecológico. A identificação do processo de degradação ambiental na bacia hidrográfica evidencia a necessidade de intervenção na área para mitigação dos impactos ambientais, com ações de conservação ambiental e atendimento à legislação, considerando a vulnerabilidade e importância da área da Serra da Bodoquena e influência no Pantanal.

Palavras-chave: qualidade da água; rio Salobra; análise ambiental integrada; Serra da Bodoquena e Pantanal.

ABSTRACT

Besides having an important role for life maintenance in the aquatic environment, the water also performs a fundamental function for the terrestrial environment, supporting the human life, the animals and plants. Therefore, the analysis of the water physical, chemical and biological characteristics is essential so that we can know the situation of the hydric bodies. Due to the relevance of the water study, the survey area is situated in the region of Bodoquena mountains, in the transition between the “Cerrado” and “Pantanal” in the state of Mato Grosso do Sul, having a rich biodiversity and geodiversity. The river basin reaches the rural areas of the municipalities of Porto Murtinho, Bonito, Bodoquena and Miranda and part of the urban area of Bodoquena- MS. The survey had the goal of analyzing the environmental system of Salobra river basin, considering the physico-environmental aspects and the quality of the superficial water. A qualitative and quantitative analysis was made through the description and interpretation of the literature data, land use characterization and vegetation cover as well as the analysis of the results of the physical, chemical and biological parameters of superficial waters. The survey results showed that the dissolved oxygen parameters, total nitrogen, total coliforms and thermotolerant coliforms presented values above the limit allowed by the legislation, fact that is giving cause for concern about the river environment in the ecological aspect. The identification of the environmental degradation process in the river basin highlights the necessity of intervention in the area for reducing the environmental impacts with environmental conservation actions and accordance with the legislation considering the vulnerability and importance of Serra da Bodoquena area and the influence in Pantanal.

Key words: water quality; Salobra river; integrated environmental analysis; Serra da Bodoquena and Pantanal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Localização da bacia hidrográfica do rio Salobra.....	18
Figura 2 – Localização dos pontos de coleta de água no rio Salobra (Imagem CBERS 4-A de 01/05/2021).....	46
Figura 3 – Geologia da bacia hidrográfica do rio Salobra.....	50
Figura 4 – Geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Salobra.....	55
Figura 5 – Pedologia da bacia hidrográfica do rio Salobra	58
Figura 6 – Fitogeografia da bacia hidrográfica do rio Salobra.....	64
Figura 7 – Uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Salobra (Imagem Landsat-8 de 19/05/2021).....	69
Figura 8 – Percentual da área das classes temáticas da bacia hidrográfica	70
Figura 9 – Empresa de mineração Camargo Corrêa na bacia hidrográfica do córrego Cascavel	71
Figura 10 – Lavra da mineradora Horii próximo as nascentes da bacia hidrográfica do córrego Campina.....	71
Figura 11 – Morro com áreas de pastagens e criação de gado bovino no Assentamento Canaã	72
Figura 12 – Área de planície da confluência entre o rio Salobra e o rio Miranda (ao fundo parte das Elevações Residuais de MS - Miranda)	73
Figura 13 – Áreas de solo exposto após a colheita de soja no planalto da Serra da Bodoquena	73
Figura 14 – Áreas de drenagens das seções de amostragem na bacia hidrográfica do rio Salobra	74
Figura 15 – Percentual da área das classes temáticas (Seção - Fazenda Alto Salobra).....	75
Figura 16 – Percentual da área das classes temáticas (Seção - Assentamento Canaã).....	76

Figura 17 – Trecho do rio Salobra sem mata ciliar no Assentamento Canaã.....	76
Figura 18 – Percentual da área das classes temáticas (Seção - Ponte MS-339).....	77
Figura 19 – Percentual da área das classes temáticas (Seção - Projeto Salobra).....	78
Figura 20 – Áreas de Preservação Permanente da bacia hidrográfica do rio Salobra.....	79
Figura 21 – Uso da terra e cobertura vegetal nas APPs da bacia hidrográfica do rio Salobra .	80
Figura 22 – Nascente de canal afluente do rio Salobra	82
Figura 23 – Pastagens na Fazenda Alto Salobra.....	82
Figura 24 – Rio Salobra em propriedade privada no Assentamento Canaã	83
Figura 25 – Banco de areia no rio Salobra e margem esquerda do canal sem mata ciliar	84
Figura 26 – Serra da Bodoquena e Depressão Setentrional da Bodoquena.....	85
Figura 27 – Rio Salobra na porção central da bacia hidrográfica (médio curso)	86
Figura 28 – Ponte sobre o rio Salobra (MS-339).....	86
Figura 29 – Estrada paralela ao Projeto Salobra.....	87
Figura 30 – Acesso ao rio Salobra sobre o gasoduto TBG.....	88
Figura 31 – Espécies vegetais desenvolvendo-se em argissolo vermelho.....	88
Figura 32 – Planossolo nátrico próximo ao leito do rio	89
Figura 33 – Pegadas de onça-pintada as margens do rio.....	89
Figura 34 – Rio Salobra próximo à foz (Comunidade Salobra).....	90
Figura 35 – Variação da Temperatura do ar no rio Salobra	91
Figura 36 – Variação da Temperatura da água do rio Salobra	92
Figura 37 – Condutividade elétrica do rio Salobra.....	93
Figura 38 – Concentração de Sólidos Totais Dissolvidos do rio Salobra	93
Figura 39 – Concentração de Sólidos Totais Dissolvidos do rio Salobra em 2013 e 2011.....	94
Figura 40 – Nível de turbidez das águas do rio Salobra.....	95

Figura 41 – Nível de turbidez das águas do rio Salobra em 2013 e 2011	95
Figura 42 – Potencial Hidrogeniônico da água do rio Salobra.....	97
Figura 43 – Potencial Hidrogeniônico da água do rio Salobra em 2013 e 2011	98
Figura 44 – Concentração de oxigênio dissolvido na água do rio Salobra.....	98
Figura 45 – Concentração de oxigênio dissolvido na água do rio Salobra em 2013 e 2011	99
Figura 46 – Alcalinidade total do rio Salobra.....	99
Figura 47 – Teor de dureza das águas do rio Salobra.....	100
Figura 48 – Variação do Material em Suspensão Total, Inorgânico e Orgânico do rio Salobra	101
Figura 49 – Poeira em suspensão no ar e nas folhas da vegetação.....	101
Figura 50 – Concentração de nitrogênio do rio Salobra.....	102
Figura 51 – Concentração de nitrogênio do rio Salobra em 2013 e 2011	103
Figura 52 – Concentração de nitrato do rio Salobra.....	103
Figura 53 – Concentração de nitrato do rio Salobra em 2013 e 2011	104
Figura 54 – Concentração de nitrito do rio Salobra.....	104
Figura 55 – Concentração de nitrito do rio Salobra em 2011.....	105
Figura 56 – Concentração de amônia do rio Salobra.....	106
Figura 57 – Concentração de amônia do rio Salobra em 2011.....	106
Figura 58 – Concentração do fósforo total, inorgânico e orgânico do rio Salobra (agosto/21)	107
Figura 59 – Concentração do fósforo total, inorgânico e orgânico do rio Salobra (dezembro/21)	107
Figura 60 – Concentração de fósforo total do rio Salobra em 2011.....	108
Figura 61 – Concentração de silicato do rio Salobra.....	108
Figura 62 – Concentração de ferro total do rio Salobra	109

Figura 63 – Concentração de clorofila do rio Salobra.....	109
Figura 64 – Concentração de cloreto do rio Salobra	110
Figura 65 – Concentração de coliformes totais do rio Salobra.....	111
Figura 66 – Concentração de coliformes totais do rio Salobra em 2013 e 2011	112
Figura 67 – Concentração de coliformes termotolerantes do rio Salobra	112
Figura 68 – Cultura temporária no planalto da Serra da Bodoquena (MS-339).....	113
Figura 69 – Águas do córrego Piquitito (afluente do rio Mimoso) com turbidez elevada	115
Figura 70 – Rio da Prata, em Jardim com as águas turvas	115
Figura 71 – Criação de gado bovino as margens da MS-339	116
Figura 72 – Abertura de pastagens nos morros do Assentamento Canaã.....	116
Figura 73 – Turistas movimentando os sedimentos do leito do rio.....	117
Figura 74 – Edificações dentro da APP (o rio Salobra perpassa atrás da vegetação secundária)	118
Figura 75 – Área de lazer em áreas inadequadas (o córrego Cascavel perpassa atrás da mata	118
Figura 76 – Voçoroca em afluente do rio Salobra.....	119
Figura 77 – Lavra da mineradora Horii próxima ao divisor de águas da bacia hidrográfica do rio Salobra.....	120
Figura 78 – Novas instalações da mineradora Horii na estrada que dá acesso ao Assentamento Canaã	120
Figura 79 – Lavra do Grupo Camargo Corrêa na bacia hidrográfica do córrego Cascavel ...	121
Figura 80 – Uso da água do rio Salobra para cultura irrigada.....	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Índice Kappa.....	44
Tabela 2 – Coordenadas geográficas dos pontos de coleta no rio Salobra.....	47
Tabela 3 – Métodos para as análises das variáveis físicas, químicas e biológicas.....	48
Tabela 4 – Área das unidades geológicas.....	51
Tabela 5 – Área das unidades geomorfológicas.....	56
Tabela 6 – Área das classes pedológicas.....	59
Tabela 7 – Área das classes fitogeográficas.....	65
Tabela 8 – Área das classes temáticas da bacia hidrográfica.....	70
Tabela 9 – Área das classes temáticas (Seção - Fazenda Alto Salobra).....	75
Tabela 10 – Área das classes temáticas (Seção - Assentamento Canaã).....	75
Tabela 11 – Área das classes temáticas (Seção - Ponte MS-339).....	77
Tabela 12 – Área das classes temáticas (Seção - Projeto Salobra).....	77
Tabela 13 – Área das classes temáticas nas APPs.....	81
Tabela 14 – Resultados das características físicas analisadas a campo e em laboratório.....	91
Tabela 15 – Resultados das características químicas analisadas a campo e em laboratório....	96
Tabela 16 – Resultados das características biológicas analisadas em laboratório.....	110
Tabela 17 – Aumento das áreas plantadas nos municípios de Bonito, Bodoquena e Miranda.....	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características do satélite TM/Landsat-8	42
Quadro 2 – Especificações das bandas espectrais dos sensores OLI e TIRS	42
Quadro 3 – Matriz de confusão para obtenção do índice Kappa.....	44
Quadro 4 – Valores determinados pela Resolução CONAMA 357/05 para um curso d'água Classe 2.....	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
CE	Condutividade Elétrica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CT	Coliformes Totais
CTT	Coliformes Termotolerantes
GPS	The Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Geográfico)
MSI	Material em Suspensão Inorgânico
MSO	Material em Suspensão Orgânico
MST	Material em Suspensão Total
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNSB	Parque Nacional Serra da Bodoquena
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
TBG	Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil
UC	Unidade de Conservação
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	21
2.1 Objetivo geral	21
2.2 Objetivo específico	21
3. RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE	22
3.1 O Sistema Ambiental e suas derivações	22
3.2 A Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e estudo	24
3.3 Marcos históricos de legislação sobre as águas no Brasil	26
3.4 O rural e o urbano: transformações nas águas superficiais	27
3.5 Qualidade da água no contexto da bacia hidrográfica	30
3.5.1 Variáveis físicas.....	31
3.5.1.1 Temperatura da água.....	31
3.5.1.2 Condutividade elétrica.....	31
3.5.1.3 Turbidez.....	32
3.5.2 Variáveis químicas.....	32
3.5.2.1 Oxigênio dissolvido.....	32
3.5.2.2 pH (Potencial Hidrogeniônico).....	32
3.5.2.4 Fósforo (orgânico, inorgânico e total)	33
3.5.2.5 Formas nitrogenadas (nitrogênio, nitrato, nitrito e amônia).....	34
3.5.3 Variáveis microbiológicas	34
3.5.3.1 Coliformes totais e termotolerantes	34
3.6 Geotecnologias no estudo de bacias hidrográficas	35
4. ABORDAGEM METODOLÓGICA	39
4.1 Mapeamento de localização da bacia hidrográfica	39
4.1.1 Materiais	39

4.1.2 Procedimentos metodológicos	40
4.2 Mapeamento do meio físico da bacia hidrográfica.....	40
4.2.1 Materiais	40
4.2.2 Procedimentos metodológicos	40
4.3 Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica.....	41
4.3.1 Materiais	41
4.3.2 Procedimentos metodológicos	42
4.4 Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente	45
4.4.1 Materiais	45
4.4.2 Procedimentos metodológicos	45
4.5 Delineamento amostral.....	45
4.6 Análise física, química e biológica da água	47
4.6.1 Materiais	47
4.6.2 Procedimentos metodológicos	47
4.6.2.1 Análise de água em campo	47
4.6.2.2 Métodos de análise de água em laboratório.....	47
4.7 Levantamento de campo dos diferentes usos e identificação de impactos ambientais na bacia hidrográfica.....	48
4.7.1 Materiais/recursos	48
4.7.2 Procedimentos metodológicos	48
4.8 Correlação dos elementos da bacia hidrográfica com os resultados da água	49
4.8.1 Materiais	49
4.8.2 Procedimentos metodológicos	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50
5.1 Caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do rio Salobra	50
5.1.1 Análise geológica.....	50
5.1.1.3 Formação Bocaina.....	51
5.1.1.2 Formação Cerradinho.....	51
5.1.1.4 Fácies Pantanal, depósitos aluvionares	52
5.1.1.6 Unidade Cuiabá – Subunidade Indivisa	53
5.1.1.5 Depósitos aluvionares	54

5.1.1.1 Formação Puga.....	54
5.1.2 Análise geomorfológica.....	55
5.1.2.1 Serra da Bodoquena	56
5.1.2.2 Depressão Setentrional da Bodoquena.....	57
5.1.2.3 Pantanal Miranda-Aquidauana.....	57
5.1.2.4 Alinhamentos Serranos da Bodoquena Oriental	57
5.1.3 Análise pedológica.....	58
5.1.3.2 Chernossolo Rêndzico.....	60
5.1.3.7 Planossolo Nátrico	61
5.1.3.8 Vertissolo Háptico.....	61
5.1.3.6 Nitossolo Vermelho	62
5.1.3.3 Chernossolo Argilúvico	62
5.1.3.5 Neossolo Regolítico	63
5.1.3.1 Argissolo Vermelho	63
5.1.3.4 Neossolo Litólico	63
5.1.4 Análise fitogeográfica.....	64
5.1.4.1 Floresta Estacional Decidual Submontana.....	65
5.1.4.2 Savana Florestada	65
5.1.4.3 Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	66
5.1.4.4 Savana Gramíneo-Lenhosa	66
5.1.4.5 Savana Estépica Parque	66
5.1.4.6 Savana Arborizada	67
5.1.5 Parque Nacional da Serra da Bodoquena.....	67
5.2 Análise do uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica	68
5.2.1 Áreas de Preservação Permanente	78
5.3 Características dos pontos de amostragem e implicações do uso no entorno	82
5.4 Resultados das análises físicas, químicas e biológicas do rio Salobra.....	90
5.5 Impactos ambientais no sistema da bacia hidrográfica	113

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	123
-------------------------------------	------------

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
--	------------

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios das civilizações, há uma ideia de que a Terra funcionasse como um sistema. A partir de 1960 com a ida do Homem ao espaço, esta visão ganha força somado aos estudos do entrosamento entre os elementos bióticos e abióticos do planeta. A visão sistêmica reúne conhecimentos de: geologia, hidrologia, biologia, meteorologia, física, química entre outras. A água torna-se um elemento fundamental dentro das áreas de conhecimento, para o estudo das condições ambientais favoráveis a vida (REBOUÇAS, 2006).

Segundo Tundisi (2005), o planeta possui grande quantidade de água (1.386 Mkm³), mas, ao classificar a água em doce e salgada observa-se que é limitado a quantidade de água doce disponível para determinados usos, sendo cerca de 2,5% da água total do planeta.

De acordo com Rebouças (2006 p.1),

a classificação mundial das águas feita com base nas suas características naturais, designa como “água doce” aquela que apresenta teor de sólidos totais dissolvidos (STD) inferior a mil mg/L. As águas com STD entre mil a 10 mil mg/L são classificadas como “salobras” e aquelas com mais de 10 mil mg/L são consideradas “salgadas.

O Brasil é privilegiado em relação à quantidade de água disponível. A somatória dos rios que estão no território brasileiro, possui uma vazão média anual de 180 mil m³/s. Isso resulta em cerca de 18% da disponibilidade de água no mundo (BRASIL, 2007).

Ainda no contexto brasileiro, a região Amazônica detém 74% dos recursos hídricos superficiais. Em contrapartida é a região menos habitada do país, com cerca de 5% da população. Esse fato diz muito a respeito da dificuldade de distribuição igualitária de água no Brasil (BRASIL, 2007).

Mato Grosso do Sul possui duas grandes bacias hidrográficas que divide o estado de norte a sul: bacia hidrográfica do rio Paraguai (porção oeste) e bacia hidrográfica do rio Paraná (porção leste). As principais redes de drenagem abarcam sub-bacias que são importantes para a manutenção da vida nos Biomas Cerrado e Pantanal.

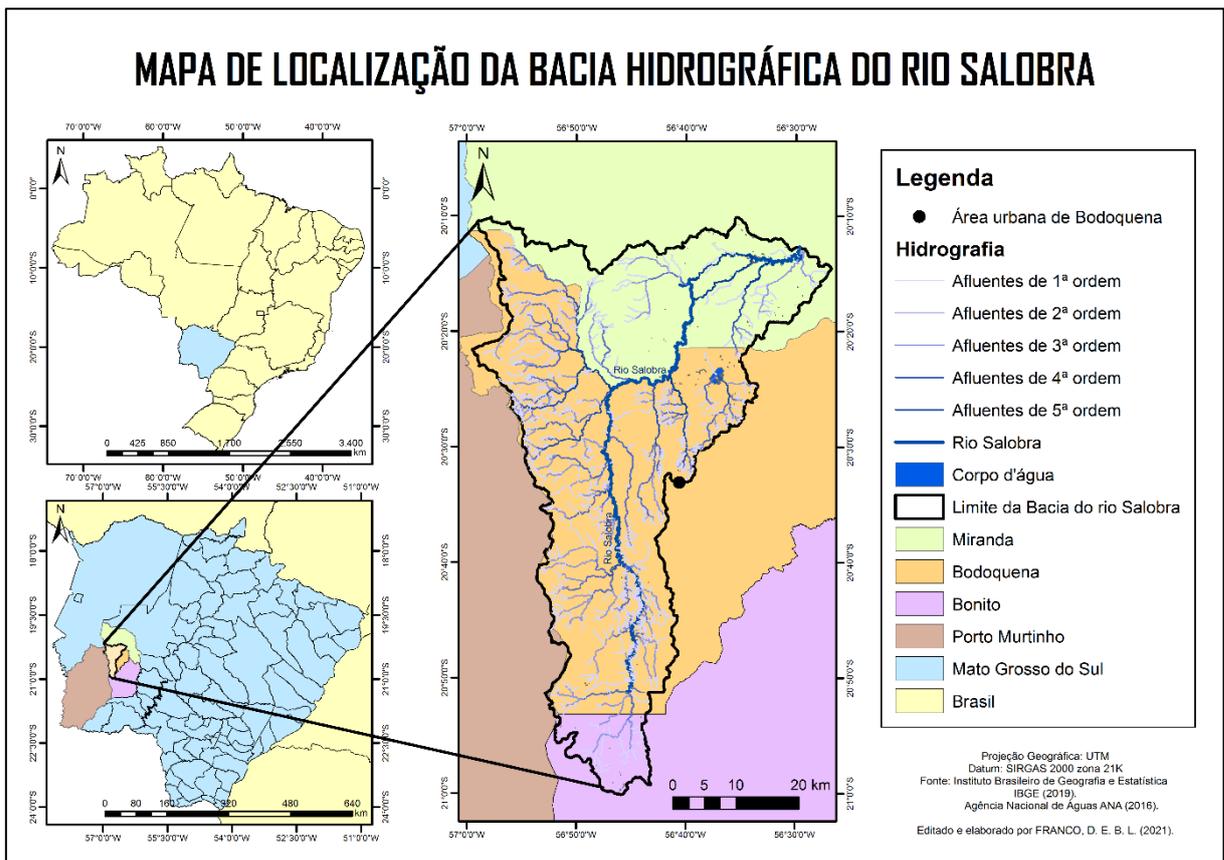
A região do Pantanal “[...] é a única em que a atividade de criação animal prepondera sobre as demais, seguida da irrigação, tendo a indústria baixa intensidade [...]” (BRASIL, 2007 p.42), desta forma os recursos hídricos são utilizados, além do uso doméstico, principalmente para dessedentação dos animais e para higienização necessária dentro processo de criação, característico na atividade econômica de pecuária extensiva.

As sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Paraguai são: rio Apa, rio Miranda, rio Nabileque, rio Negro, rio Taquari e rio Correntes (ESQUERDO, 2012). Dentro da bacia

hidrográfica do rio Miranda encontra-se a sub-bacia hidrográfica do rio Salobra. A figura 1 a seguir apresenta o mapa de localização da bacia hidrográfica em estudo.

O município de Bodoquena encontra-se na porção sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul, a 269 km da capital Campo Grande. Está a uma altitude que varia de 200 a 400 m, possuindo uma área de 2.514,30 km² aportando uma extensa área rural (MUNICÍPIO DE BODOQUENA, 2020).

Figura 1 – Mapa de Localização da bacia hidrográfica do rio Salobra.



Fonte: IBGE (2019) e ANA (2017).

A bacia hidrográfica do rio Salobra compreende a zona rural, com área urbana somente no divisor de águas. Sua área abrange os municípios de Porto Murtinho (limite da bacia à oeste), Bonito (nascentes), Bodoquena (maior parte da rede de drenagem) e Miranda (baixo curso e foz), com área de aproximadamente 2.350 km². É tributário do rio Miranda, que por sua vez deságua no rio Paraguai, tendo assim grande importância na manutenção hídrica do Pantanal. Suas águas são utilizadas como recurso para diversos fins como: turismo, pecuária, agricultura, entre outros.

Por suas características naturais, Bodoquena é conhecida pelo potencial turístico e, portanto, torna-se preponderante por parte da população local e do poder público, uma

preocupação com preservação dos recursos naturais existentes. A água é um dos principais recursos explorados no setor turístico da região, desta forma, manter a sua qualidade é primordial para o seu uso.

Destaca-se que a bacia hidrográfica em estudo compreende parte do Parque Nacional da Serra da Bodoquena (MATO GROSSO DO SUL, 2010), o que ratifica a necessidade com a conservação ambiental, somado à sua localização de transição para a planície do Pantanal. A Serra da Bodoquena abrange cerca de 300 km no sentido norte-sul e cerca de 20 – 50 km no sentido leste-oeste (BOGGIANI et al., 1999).

De acordo com Araujo (2012) o Parque Nacional da Serra da Bodoquena (PNSB) foi criado nos anos 2000, abrangendo uma área de 76.481 hectares de terras do Planalto da Bodoquena divididos em duas porções: uma porção norte, localizada nos municípios de Bodoquena e Bonito; e uma porção sul, localizada nos municípios de Bonito, Jardim e Porto Murtinho.

Estudos realizados por Silva Neto (2012), afirmam que a bacia hidrográfica do rio Salobra possui alto grau de vulnerabilidade, por consequência de fatores como: amplitude altimétrica, declividade do terreno entre outros. Os resultados definem a bacia como 61% de grau estável e 52% de grau vulnerável. Há trechos fortemente dissecados favorecendo o carreamento de sedimentos ao relevo plano próximo a sua foz, decorrente dos processos erosivos.

De acordo com Almeida (2005) o processo de ocupação do município de Bodoquena iniciou-se em meados de 1980, por assentamentos e instalação de indústria de mineração para a produção de cimento. Além disso, a atividade econômica predominante na região é a pecuária extensiva.

A partir da incontestável importância ambiental e econômica da área em estudo, a questão central da pesquisa é se o rio Salobra está sofrendo impactos na qualidade da água? Quais seriam os impactos ambientais que implicam no processo de degradação?

Nesse sentido, a pesquisa parte da hipótese de que a bacia hidrográfica está passando por um processo de transformação muito acelerado que acarretará à degradação do meio ambiente. Estudos nesse sentido tornam-se imprescindíveis com a finalidade de mostrar resultados concretos visando mitigar as alterações mais incisivas no sistema ambiental.

O monitoramento das características físicas, químicas e biológicas da água se faz necessário para acompanhar as alterações dos componentes que estão presentes na água em escala espacial e temporal, possibilitando a predição de possíveis alterações no sistema, bem como as interferências humanas ocorrentes. Dada a importância da referida bacia hidrográfica

no contexto ambiental e econômico na região e para o estado de Mato Grosso do Sul, identifica-se uma lacuna de ausência de dados científicos sobre a bacia hidrográfica, em especial quanto ao monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água.

Pesquisas nesta região podem contribuir de forma direta para a análise ambiental, avaliação dos usos econômicos e, sobretudo, para o planejamento e gestão ambiental em uma área de grande relevância no contexto da geologia e biodiversidade da Serra da Bodoquena.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o sistema ambiental da bacia hidrográfica do rio Salobra, considerando os aspectos físicos-ambientais e a qualidade da água superficial.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar os aspectos físicos da bacia hidrográfica do rio Salobra;
- Avaliar o uso da terra, cobertura vegetal e áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica;
- Analisar sazonalmente os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água do rio Salobra;
- Identificar os principais impactos ambientais ocorrentes na bacia hidrográfica;
- Analisar as relações entre o meio físico, o uso da terra e cobertura vegetal e os resultados dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água;
- Contribuir para a análise sobre a gestão ambiental na bacia hidrográfica do rio Salobra.

3 RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE

A água possui um papel importante na manutenção da vida. Seres vivos em todos os níveis a utilizam: desde bactérias até organismos complexos. Além dos ambientes aquáticos, a água também exerce uma função fundamental no ambiente terrestre, dando suporte de vida para animais e plantas. Entretanto, mesmo sabendo da sua importância, o ser humano insiste em utilizá-la descontroladamente sem pensar nas consequências (GOMES, 2011).

De acordo com Tundisi (2009) o uso da água no século XXI passou por modificações em comparação com o uso no passado. O intenso processo de urbanização vem causando impactos ambientais que em alguns casos torna-se difíceis de reverter.

Estudos hidrológicos e ambientais necessitam de profissionais e pesquisadores de diversas áreas como: engenheiros, agrônomos, geólogos, matemáticos, estatísticos, geógrafos, biólogos entre outros. A somatória do entendimento desses profissionais é essencial para um bom gerenciamento das bacias hidrográficas (POLETO, 2014) a partir de uma visão integrada.

3.1 O Sistema Ambiental e suas derivações

Desde Humboldt e Ritter no século XIX, a geografia como ciência passou por um processo de sistematização e vários geógrafos construíam a ciência geográfica sob diversas perspectivas, desenvolvendo e aplicando métodos e metodologias diferenciadas com o objetivo de alcançar a inter-relação entre os fenômenos da natureza e antrópicos (AMORIM, 2012).

O estudo fragmentado e focado nas especificidades encontradas na área de estudo, limitava o avanço do conhecimento dito "ambiental" e não conseguia responder aos problemas expostos. Por isso, houve a necessidade de estudar o meio ambiente de forma holística, conforme os conceitos geográficos ganhavam novo caráter em sua evolução nos diferentes contextos históricos.

Mas para estudar o ambiente era necessário conceituá-lo. De acordo com a obra de Thienemann *apud* Rodriguez e Cavalcanti (1997), foi fundamental para a Ecologia o estudo que interpretasse as inter-relações entre os organismos e os espaços de vida. Isso integrou a Ecologia às ciências naturais. Segundo Amorim (2012) no século XX, os estudiosos consideravam o ambiente como um produto de uma relação dialética (sociedade versus natureza), possuindo caráter sistêmico e sendo altamente complexo.

Uma das formas de estudar o ambiente é sobre o olhar sistêmico, mas para isso é necessário utilizar e basear-se na Teoria Geral dos Sistemas proposto por Bertalanffy (1973).

Para o autor, a Teoria Geral dos Sistemas seria um instrumento de análise do espaço geográfico, mais precisamente sob o estudo da área ambiental. Na Teoria Geral dos Sistemas, sistema é um

[...] complexo de componentes em interação, conceitos característicos das totalidades organizadas tais como interação, soma, mecanização, centralização, competição, finalidade, etc., e aplica-o a fenômenos concretos. (VALE, 2012 p.91).

Ainda para o autor, os sistemas devem ter seus componentes (partes) denominados: unidades, ou elementos, ou ainda, componentes, onde se tornam inter-relacionados e dependentes uns dos outros por meio de ligações que se denominam fluxos.

Nos sistemas, encontra-se uma configuração específica onde há uma entrada (*input*), onde o sistema recebe e que denominamos de “alimento”. Um exemplo é um rio que recebe água advindo das vertentes da bacia hidrográfica. Dentro do sistema ocorre os fluxos de matéria e energia e por fim, ocorre a saída (*output*), sendo o resultado dessa inter-relação.

Para Amorim (2012), foi por meio da Teoria Geral dos Sistemas que se desenvolveu um privilegiado estudo que abarcava o funcionamento dos sistemas ecológicos, desde as trocas de energia e matéria até os componentes naturais e os organismos existentes. A partir de 1950 após a Segunda Guerra Mundial, surge a Nova Geografia, e com ela inicia a aplicação da Teoria Geral dos Sistemas nos estudos de pesquisadores como Straller e Chorley.

Segundo Christofolletti (1998), dentro da problemática ambiental é necessário utilizar conceitos mais precisos, para que possam viabilizar os processos de análise e critérios de avaliação. Para ele, o conceito de ambiente em um novo contexto histórico apresenta-se por duas perspectivas: ecológica e geossistêmica.

Na perspectiva geossistêmica, o conceito de ambiente é fundamentado na funcionalidade e interação da geosfera-biosfera, dando existência a unidades de organização que engloba os elementos abióticos (físicos) e bióticos (organismos) que compõem as diversas paisagens do espaço geográfico (CHRISTOFOLLETTI, 1998).

Para Chorley e Kennedy (1971) os sistemas são classificados em quatro tipos. São eles: sistemas morfológicos, sistemas em sequência, sistema processo-resposta, sistemas controlados. Os autores definem sistemas controlados como:

[...] aqueles sistemas que apresentam a atuação do homem sobre os sistemas de processo-resposta. A complexidade do sistema é aumentada pela intervenção humana. Quando se examina a estrutura dos sistemas de processo-resposta, verifica-se que há certas variáveis-chaves, ou válvulas, sobre as quais o homem pode intervir para produzir modificações na distribuição da matéria e da energia dentro dos sistemas em sequência e conseqüentemente, influencia nas formas com as quais estão relacionados (AMORIM, 2012 p.88).

Christofolletti (1998) conceitua sistemas abertos e sistemas fechados. Os sistemas abertos são aqueles que ocorrem trocas de energia e matéria, (recebendo ou perdendo) e de

forma constante. Já nos sistemas fechados, ocorrem a troca de energia, mas não a de matéria. Para ele, os sistemas abertos são mais comuns, exemplificado pelas as bacias hidrográficas, as vertentes, as cidades, as indústrias entre outros.

Para o autor, os sistemas complexos se apresentam de modo diversificado, onde há encadeamentos, intensos fluxos e retroalimentação, tornando-os uma entidade organizada. De acordo com Espíndola et al. (2000), a bacia hidrográfica é aberta e troca energia e matéria entre si e com ecossistemas terrestres, ou seja, ela é influenciada por alterações existentes no uso e ocupação do solo, atividades humanas entre outras. Alguns exemplos citados pelos autores são o da agricultura, que gera carreamentos de sedimentos com as águas pluviais em direção aos corpos hídricos. Sobre a poluição industrial, quanto mais próximo da fonte de água, maior serão os efeitos destrutivos no corpo hídrico.

Portanto, a bacia hidrográfica do estudo proposto será abordada como uma entidade natural, que possui caráter sistêmico aberto e que faz troca de matéria e energia. Os reflexos da ação antrópica serão observados nos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água do rio Salobra.

3.2 A Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e estudo

Assim como outros conceitos geográficos, a bacia hidrográfica passou por um processo de evolução, tendo abordagens diferentes por pesquisadores e técnicos. Nos estudos hidrológicos a bacia hidrográfica é conceituada como um conjunto de terras que são drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes. Este representa uma unidade para estudo qualitativo e quantitativo dos recursos da água e dos fluxos de nutrientes e sedimentos na água (SANTOS; DELL PRETTE, 2002).

Para Borsato e Martoni (2004), a bacia hidrográfica é definida como uma área que se limita pelos divisores de águas, separando as bacias adjacentes e que serve de captação natural de água precipitada por meio das superfícies vertentes. A rede de drenagem formada por cursos d'água, faz as águas convergirem para a seção de exutório, ou seja, seu único ponto de saída.

Lima e Zakia (2000) abordam o conceito com uma visão sistêmica. Estes são sistemas abertos, que por meio de agentes climáticos recebem energia, e que através do deflúvio perdem energia, e que mesmo com as alterações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Por isso, qualquer modificação dentro do sistema, ocorre uma mudança compensatória que tende a minimizar os efeitos trazendo equilíbrio dinâmico.

Para Espíndola et al. (2000) a bacia hidrográfica pode ser entendida como um sistema biofísico e socioeconômico, interdependente que compreende atividades agrícolas, indústrias,

serviços, vegetações, nascentes, córregos, lagoas, todos os habitats encontrados em determinada paisagem.

Considerando o ciclo hidrológico a água ao circular pode sofrer alterações em sua qualidade. Isso ocorre em razão da inter-relação entre os componentes do sistema ambiental, ao ser utilizado para suprimento de demandas dos núcleos urbanos, indústrias e pela agricultura, alterando o solo urbano e rural (SETTI et al., 2001).

Para o estudo de uma bacia hidrográfica, um fator importante a ser considerado é a escala. Com uma maior escala, é possível realizar um maior detalhamento na caracterização da área de estudo, compreendendo processos que acarretam impactos na bacia, otimizando resultados e compreendendo aspectos regionais e locais.

Modificações de ordem antrópica podem causar impactos ambientais em bacias hidrográficas. Segundo a resolução nº 1 do CONAMA (1986 p.) o impacto ambiental é

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade os recursos ambientais.

Além disso, Branco (1984) conceitua o impacto ambiental como uma influência exercida sobre o meio ambiente, que pode provocar o desequilíbrio do ecossistema natural. Portanto, o conceito de impacto ambiental referente à legislação considera os efeitos da ação humana sobre o meio ambiente.

Nesse sentido, Sánchez (2013) considera que qualquer modificação no ambiente sendo este benéfico ou adverso, como impacto ambiental. Sob essa ótica impacto ambiental é uma consequência de atividades, produtos ou serviços de uma organização, ou seja, um processo industrial, atividade, agrotóxico, produto ou transporte de uma mercadoria, serviço ou atividade que causa modificações ambientais. São exemplos de impactos ambientais negativos: poluição do ar, da água, desmatamento, erosão do solo, entre outros.

Segundo a norma ISO 14.001:2004 é definido aspecto ambiental como "elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente" (SÁNCHEZ, 2013 p.35).

Tomar a bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento pode auxiliar na direção de ações da gestão ambiental garantindo que as características naturais de conservação e uso sustentável seja aplicado de modo mais eficiente (SANTOS JÚNIOR; SANTOS, 2013).

Como recursos hídricos, são consideradas as águas superficiais ou subterrâneas disponíveis para qualquer tipo de uso como: abastecimento doméstico, industrial, produção de energia elétrica, irrigação, pecuária, pesca, navegação entre outros (CARBONARI, 1996).

De acordo com Setti et al. (2001 p.15), a água pode ser

[...] considerada um recurso renovável devido à sua capacidade de se recompor em quantidade, principalmente pelas chuvas, e por sua capacidade de absorver poluentes. Porém, a classificação de recurso renovável para a água também é limitada pelo uso, que vai pressionar a sua disponibilidade pela quantidade existente e pela qualidade apresentada.

A água se difere dos demais recursos naturais existentes na Terra. Ela é um bem ambiental que agrega valor econômico ao ser utilizada para determinado fim. É a única matéria-prima do meio ambiente, que após ser utilizada tem um efeito de retorno direto ao seu manancial. Deste modo, é necessário a gestão dos recursos hídricos: água de chuvas, rios, subterrâneas, de reuso, não potável no meio urbano, indústrias, agricultura e pecuária, para o uso da água disponível se tornar cada vez mais eficiente, isso significa utilizar menos água e obter mais benefícios protegendo a sua qualidade (REBOUÇAS, 2001).

Relatórios de órgãos oficiais como a UNESCO (2020) trazem informações sobre a disponibilidade de água no mundo. Após o período dos “Objetivos de Desenvolvimento do Milênio de 2000 a 2015”, 91% da população mundial fazia uso de fontes de água potável com melhores condições, e 68% das pessoas utilizavam instalações sanitárias melhoradas. Porém, para alcançar altos níveis de serviço de abastecimento de água e saneamento é necessário administrar este nível superior de serviço para uma população representada por 4,2 bilhões de pessoas.

3.3 Marcos históricos de legislação sobre as águas no Brasil

A utilização de água no Brasil, se dá desde os povos primórdios que se instalavam próximos de mananciais. A água basicamente era utilizada para dessedentação humana, de animais, na agricultura, entre outros usos. Até mesmo a criação de cidades se dá nas proximidades de águas superficiais, sendo um fator importante na localização geográfica de áreas urbanas.

Historicamente, verifica-se que após o período em que a corte portuguesa se instalou no Brasil, no século XVIII, as cidades litorâneas brasileiras da região Nordeste e região Sudeste começam a crescer, dificultando o processo de abastecimento de água que até então era individual. Com a demanda, surgem os pipeiros que captavam água de fontes e revendiam. A partir disso, surgiu o interesse do setor privado em realizar a prestação deste serviço com proveito econômico (BRASIL, 2007).

Conforme Brasil (2007), a industrialização passa a ser verificada em alguns centros emergentes, e provoca o interesse do setor privado para o aproveitamento dos potenciais hidráulicos, com a finalidade de produzir energia elétrica. Este fato se torna ainda mais relevante após a Proclamação da República do Brasil. No estado de Mato Grosso do Sul está presente a hidrelétrica de Jupiá, localizada no município de Três Lagoas, na divisa com o estado de São Paulo, de grande importância por contribuir na matriz energética do país.

Até então, não havia uma legislação e uma ordem sistemática de fiscalização e monitoramento para auxiliar na gestão das águas. Mas, com o surgimento da atividade industrial no país, houve a necessidade de oficializar uma legislação que pudesse proteger e gerir as águas do Brasil. Sendo assim, cria-se o Código de Águas e a Constituição Federal de 1934. Anos mais tarde, surge os Comitês Executivos de Estudos Integrados de Bacia Hidrográficas e a oficialização da Constituição de 1988.

A partir de 1934, todas as águas se tornam públicas. Os antigos “donos” de poços, lagos, ou qualquer corpo d’água, passam a precisar de outorga necessária prevista em lei, para deter o direito à água como recurso hídrico. Em 1997, ocorre a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), bem como a implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Uma ressalva é de que o território de implementação se estabelece na Bacia Hidrográfica (RAMOS, 2018).

Três anos mais tarde, no ano de 2000, publica-se a lei nº 9.984/2000 que dispõe da criação da Agência Nacional de Águas (ANA). Sendo uma entidade Federal para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A partir deste fato histórico os estudos da água no território nacional ganham uma coordenação e sistematização integrada.

Todavia, o que se vê na prática é que em muitos casos a gestão dos recursos hídricos não ocorre de modo sistemático e eficiente. Sendo assim, problemas ambientais perdurados desde o uso da terra no campo e o processo de urbanização são observados na atualidade.

3.4 O rural e o urbano: transformações nas águas superficiais

Segundo Maciel Filho et al. (2003), a utilização e a ocupação do solo desordenadamente geram desequilíbrio entre o desenvolvimento socioespacial e econômico. Este problema é refletido não somente na qualidade de água, mas também nos custos de tratamento de água das bacias hidrográficas com pouca cobertura vegetal.

Para Santos (1996), as transformações do espaço geográfico por meio da relação socioespacial, se intensificaram a partir do momento em que ocorre o processo de globalização.

O modo como o homem vê o espaço e o usurpa deliberadamente, com o objetivo de movimentar o sistema capitalista, faz com que ocorra a segregação e desigualdades sociais, bem como impactos no meio ambiente.

Para Feistauer et al. (2014), na área rural se faz necessário cumprir o que a legislação do Código Florestal Brasileiro (lei nº 12.651/12) prevê, deixando uma reserva de proteção ambiental legal e implantando áreas de preservação, para minimizar os impactos ambientais e econômicos. Essa questão é delicada, pois parte dos proprietários resistem em separar uma área de reserva com o discurso de que haverá uma perda de área utilizável.

As atividades produtivas que mais ocorrem no campo são as agrícolas. Para maior produtividade, a irrigação vem sendo constantemente utilizada neste meio de produção, em regiões áridas e semiáridas. Em locais providos de condições naturais que possibilitam chuva, este uso ocorre em menor proporção. Mais de 60% dos cursos d'água no Brasil são utilizados para fins de irrigação. Por isso, é necessário estimular um manejo racional da irrigação tornando o uso da água mais eficiente (REBOUÇAS, 2001).

Os aquíferos e reservatórios são importantes, pois abastecem os canais de águas superficiais. Sabe-se que a retirada da vegetação causa degradação ambiental, e conseqüentemente, reduz a perenidade dos canais fluviais. Além disso, a presença de grandes áreas de agricultura é responsável por parte das contaminações de agrotóxicos. Através da chuva, os materiais são percolados no solo, e carreados até os corpos d'água onde são dissolvidos na água (BERTINI et al., 2015).

De acordo com Tundisi e Tundisi (2010), a presença da vegetação tem um papel importante na manutenção das águas superficiais, preservando as nascentes e os canais até a foz. Outrossim, a vegetação regula os ciclos biológicos das bacias hidrográficas auxiliando no funcionamento dos ecossistemas presentes.

Os cenários encontrados no meio urbano contribuem para a crise da água que está por vir. Conforme os mananciais são poluídos de forma pontual ou difusa, por lançamento de esgotos domésticos, resíduos sólidos e agrotóxicos, o meio ambiente e a qualidade de vida são prejudicados (REBOUÇAS, 2001).

Para Espíndola et al. (2000) a bacia hidrográfica é aberta e troca energia e matéria entre si e com ecossistemas terrestres, ou seja, ela é influenciada por alterações existentes no uso e ocupação do solo.

Sobre a poluição industrial, quanto mais próximo à fonte de água, maior serão os efeitos destrutivos no corpo hídrico. A maior parte dos problemas relacionados à poluição das águas

no Brasil é o esgotamento sanitário, que é despejado a céu aberto e que por decorrência das águas pluviais, são carreados até córregos e rios.

Deste modo, para Poletto (2014 p.34)

[...] de todas as atividades antrópicas, a urbanização é a que produz maiores alterações locais no processo do ciclo hidrológico terrestre, devido às mudanças na cobertura do solo, aos movimentos de terra, entre outros. A urbanização promove a redução da infiltração da água no solo, o aumento do escoamento superficial, a redução do escoamento subterrâneo e a redução da evapotranspiração.

O autor acrescenta que esse aumento no escoamento superficial provoca diversos problemas na rede de drenagem, como a erosão da vertente, assoreamento, desequilíbrio no canal fluvial, e por fim uma série de inundações urbanas frequentes.

As mudanças climáticas têm trazido aos sistemas hídricos urbanos, impactos como: altas temperaturas, diminuição da precipitação e seca severas, e por outro lado aumento dos eventos naturais que causam destruição: fortes precipitações e inundações. Os dois extremos climáticos tem dificultado o planejamento do espaço urbano e a infraestrutura (UNESCO, 2020).

Além dos problemas enfrentados nas águas superficiais, é necessário lembrar que a água presente do subsolo é imprescindível para a manter as águas superficiais, mesmo em períodos de seca. “[...] as águas subterrâneas até muito recentemente foram pouco reconhecidas como integrantes da disponibilidade hídrica pra diversos usos” (BRASIL, 2007 p.67).

A UNESCO (2020) faz projeções que por decorrência da elevação de temperatura e redução do oxigênio dissolvido, ocorrerá uma redução da capacidade de autodepuração dos corpos hídricos. Além do mais, há risco de poluição por contaminação patogênica, advindas de inundações e por altas concentrações de poluentes em períodos de seca.

Somado a estes fatores já problematizados, há uma relação direta entre qualidade da água e a saúde ambiental e humana. As ações humanas podem alterar o processo natural do ciclo hidrológico: loteamento em áreas restritas ou inadequadas sob risco de inundação em épocas de chuvas; instalação de moradias ribeirinhas em área de preservação permanente; contaminação da água por resíduos sólidos e esgoto. Com isso, o Homem ao entrar em contato com águas contaminadas e de baixa qualidade pode adquirir doenças como: leptospirose, esquistossomose, cólera, amebíase entre outras (TUCCI, 2005).

Diversas doenças epidemiológicas são desencadeadas pela falta de gestão ambiental, aliada aos maus hábitos que parte da população insiste em cultivar. Atualmente, a mudança climática pode aumentar

os riscos para a infraestrutura de água, saneamento e higiene, como danos aos sistemas de saneamento ou inundações de estações de bombeamento de águas residuais. A consequente disseminação de fezes, e protozoários e vírus associados, pode causar graves riscos à saúde e contaminação cruzada UNESCO, (2020 p.3).

É parte do Gerenciamento de Recursos Hídricos, realizar o controle ambiental com a finalidade de retardar os problemas ambientais decorrentes da poluição da água, minimizando os impactos negativos no meio ambiente (REBOUÇAS, 2006).

Informações e relatórios que monitorem a qualidade da água “[...] são necessários para que se conheça a situação dos corpos hídricos com relação aos impactos antrópicos na bacia hidrográfica, e é essencial para que se planeje sua ocupação e seja exercido o necessário controle dos impactos.” (BRAGA; PORTO; TUCCI, 2006 p.150).

De acordo com Rebouças (2001) é necessário a gestão integrada das águas desde a captação das águas das chuvas, dos rios, dos aquíferos, do reuso, até a unidade hidrográfica e de planejamento. As campanhas nos meios de comunicação são muito importantes para levar informação à população, e auxiliar na conscientização do uso da água disponível de modo mais eficiente.

Além dos resultados de qualidade da água, outra forma de estudo que auxilia no Gerenciamento de Recursos Hídricos é o Zoneamento Ambiental. Este consiste em dividir uma determinada área em partes homogêneas com características físicas e ecológicas predominantes. Assim, é autorizado ou interditado determinados usos e atividades (SILVA; MACIEL; MOREIRA, 2013). Nesse sentido, a pesquisa realizada sobre Zoneamento Ambiental pelo autor Silva Neto (2013) na bacia hidrográfica do rio Salobra, apresenta grande contribuição na geração de dados primários da área.

3.5 Qualidade da água no contexto da bacia hidrográfica

O estudo das características físicas, químicas e biológicas da água é importante para que se possa conhecer a situação dos corpos hídricos em relação aos impactos causados pela ação antrópica na bacia hidrográfica, tornando-se útil para o planejamento e gestão dos recursos hídricos de forma organizada, assim auxiliando no controle de impactos ambientais (BRAGA; PORTO; TUCCI, 2006).

Quanto ao termo de qualidade de água é necessário compreender que nesse estudo o termo não se refere apenas ao estado de pureza da água para consumo humano, mas simplesmente às características físicas, químicas e biológicas (MERTEN; MINELLA, 2002).

Segundo Scholten (2009) o uso e ocupação do solo, por atividades do setor agropecuário, contribui diretamente e indiretamente na contaminação de corpos hídricos, alterando os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais.

Para Andrade et al. (2007) os parâmetros físicos, químicos e biológicos sofrem modificações no espaço e no tempo, por isso é necessário o acompanhamento sistemático da qualidade da água com a finalidade de estimar a variação dos parâmetros da água superficial.

A compreensão dos processos ocorridos na bacia hidrográfica se torna mais ampla ao analisar os aspectos físicos, químicos e biológicos das águas superficiais. A biodiversidade não está apenas ligada a diversidade de organismos vivos no ambiente, mas também está ligada à sua distribuição uniforme (ODUM E BARRETT, 2008 *apud* TELLES, 2013).

O monitoramento dessas características da água contribui com resultados mais precisos que auxiliam no gerenciamento dos recursos hídricos, apontando modificações no sistema e inferindo impactos ambientais. A utilização da água para diversos usos, como para consumo humano e nas fases de produção, necessita de uma qualidade específica. Portanto, para a determinação da qualidade da água são analisadas as variáveis físicas, químicas e biológicas.

3.5.1 Variáveis físicas

3.5.1.1 Temperatura da água

“A temperatura expressa a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio” (BRASIL, 2014 p.18). Por meio dela é possível mensurar a agitação das moléculas num determinado corpo.

De acordo com CETESB (2009), há diversos fatores que influenciam na temperatura de águas superficiais. Eles podem ser: latitude, altitude, estação do ano, horário do dia, fluxo de água, profundidade, etc. Em boa parte dos casos o que eleva bruscamente a temperatura da água é o lançamento de rejeitos industriais ou de usinas termoelétricas.

3.5.1.2 Condutividade elétrica

Segundo Brasil (2014 p.20) “a condutividade elétrica da água indica a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions.”

Ela fornece uma indicação das alterações na composição química da água (concentração de minerais). Entretanto, não indica as quantidades dos elementos que compõem a água. A condutividade elétrica é diretamente proporcional aos sólidos totais dissolvidos (STD). Conforme os sólidos totais dissolvidos aumentam, a possibilidade de a água conduzir energia no corpo hídrico também aumenta (CETESB, 2009).

3.5.1.3 Turbidez

De acordo com Brasil (2014) a turbidez pode ser definida como a medida do grau de dificuldade de passagem de um feixe de luz através de um líquido. Essa alteração na penetração da luz na água se dá com a suspensão de partículas no corpo hídrico, sendo expressada por unidades de turbidez (unidade de Jackson ou nefelométricas).

A turbidez “é um parâmetro adotado nas atividades de controle de poluição da água e de verificação do parâmetro físico nas águas consideradas potáveis.” (BARROS, 2018 p.52). Segundo CONAMA (2005) a unidade de turbidez em águas naturais deve ser de até 100 NMP.

Ainda segundo Barros (2018) a elevada carga de sedimentos aumenta a turbidez que impede a entrada de luz solar na água. Esse fato dificulta a realização de fotossíntese por plantas aquáticas trazendo mortandade para os organismos em todos os níveis.

3.5.2 Variáveis químicas

3.5.2.1 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) presente na água é um indicativo de qualidade muito relevante, pois quanto maior for sua concentração, melhor será a condição de vida e assim a qualidade da água (SILVEIRA, 2007).

Sabe-se que a dissolução de gases na água é influenciada por fatores ambientais como: temperatura, pressão, salinidade. Grande parte das variações do teor de oxigênio dissolvido está associado aos processos químicos, físicos e biológicos. Para manter a qualidade da água que proporcione condições de vida aquática aeróbica, é necessário ter um teor de oxigênio dissolvido entre 2 mg/L a 5 mg/L (BRASIL, 2014).

Segundo Piveli e Kato (2005) o oxigênio dissolvido é um elemento principal no processo metabólico dos organismos aeróbicos, sendo um parâmetro essencial na autodepuração dos ecossistemas aquáticos. Seu valor mínimo para preservar a vida aquática é de 5 mg/L segundo a resolução nº 357/05 do CONAMA.

Para Farias (2006), quando o corpo hídrico recebe um grande volume de substâncias ou matéria orgânica como o esgoto doméstico, as concentrações de OD diminuem, pois os organismos decompositores consomem parte do oxigênio para decompor as cargas poluentes.

3.5.2.2 pH (Potencial Hidrogeniônico)

De acordo com Pazdiora et al. (2011), o termo pH expressa a intensidade da condição ácida ou básica de uma solução. Ele é determinado por meio do método eletrométrico com auxílio de um pHmetro digital.

Para Branco (1986) as variações de pH em águas naturais estão relacionadas ao consumo ou produção de dióxido de carbono (CO₂) pelo processo de respiração/fermentação dos organismos que podem produzir ácidos orgânicos fracos.

O valor do pH pode influenciar de diversos modos na característica da água como “[...] na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos.” (BRASIL, 2014 p.20).

O pH de um corpo hídrico também varia de acordo com a área, por isso é importante estudos que apontam as características da bacia hidrográfica. Nesses casos o valor do pH pode refletir as características presentes no solo (alcalinos ou ácidos) por onde a água perpassar (FARIAS, 2006).

As águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9, às vezes são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. No caso específico da área de estudo, essa característica é esperada para as águas do rio Salobra, que adquirem um valor de pH mais alcalino por consequência da presença de rochas calcárias da região.

3.5.2.3 Fósforo (orgânico, inorgânico e total)

De acordo com CETESB (2009) a presença de fósforo nas águas naturais se dá pelo lançamento de esgotos sanitários advindos da matéria orgânica fecal e detergentes utilizados de modo doméstico. Há casos em que efluentes industriais com presença de fertilizantes, pesticidas, conservantes, também pode apresentar fósforo em grandes quantidades. Além disso, abatedouros, frigoríficos e laticínios em muitos casos são responsáveis por contaminar a água de canais fluviais. As águas advindas da zona rural (áreas de agricultura ou pecuária) e zona urbana pode carregar fósforo ao corpo hídrico, sendo somado ao material suspenso e inorgânico.

Para Barros (2018 p.56)

[...] o fósforo e o nitrogênio são essenciais ao crescimento de todos os seres vivos, porém, apesar de ser um nutriente importante para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais conduz a processos de eutrofização das águas naturais.

Segundo Brasil (2014) o fósforo é dividido em orgânico e inorgânico. O fósforo orgânico é solúvel, ou seja, é matéria orgânica dissolvida ou partículas/biomassa de microrganismos. Já o fósforo inorgânico também é solúvel, sendo apenas os sais de fósforo ou compostos minerais como apatita.

Ainda de acordo com Brasil (2014 p.23)

A fração mais significativa no estudo do fósforo é a inorgânica solúvel, que pode ser diretamente assimilada para o crescimento de algas e macrófitas. A presença de fósforo na água está relacionada a processos naturais (dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva) ou antropogênicos (lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas). Em águas naturais não poluídas, as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 mg/L a 0,05 mg/L.

3.5.2.4 Formas nitrogenadas (nitrogênio, nitrato, nitrito e amônia)

Segundo Farias (2006) o nitrogênio é um elemento escasso nas águas de forma em geral e pode ser retirado do ar por algumas. Quando se apresentam em águas naturais, sua fonte pode ser primeiramente de esgotos sanitários (lançamento de nitrogênio orgânico) pela presença de proteínas e nitrogênio amoniacal advindo da hidrólise da ureia na água CETESB (2009).

O nitrogênio é um elemento químico que pode ser encontrado sob diversas formas no ambiente aquático. De acordo com Brasil (2014) o nitrogênio molecular (N_2) é continuamente sujeito a perdas para atmosfera. Há espécies de algas que fixam o nitrogênio atmosférico em si, o que lhes permite crescer quando outras formas de nitrogênio não se fazem presentes na água. O nitrogênio orgânico é constituído por nitrogênio que foi dissolvido na água (compostos nitrogenados orgânicos).

O íon amônio (NH_4^+) é a forma mais reduzida do nitrogênio na água, onde é encontrada em condições de anaerobiose. Ele é utilizado como indicador de poluição pontual lançamento de esgoto com alta carga orgânica. O íon nitrito (NO_2^-) é a forma intermediária do processo de oxidação do nitrogênio, e que apresenta instabilidade no meio aquoso. O íon nitrato (NO_3^-) é a forma oxidada do nitrogênio, onde é encontrado em condições de aerobiose (BRASIL, 2014).

3.5.3 Variáveis microbiológicas

3.5.3.1 Coliformes totais e termotolerantes

Os microrganismos tem um papel fundamental no ambiente aquático, sendo participante na transformação da matéria presente no corpo hídrico (ciclo dos elementos).

Tais processos são realizados com o objetivo de fornecimento de energia para a sobrevivência dos micro-organismos. Um dos processos mais significativos é a decomposição da matéria orgânica, realizada principalmente por bactérias. Este processo é vital para o ambiente aquático, na medida em que a matéria orgânica que ali chega é decomposta em substâncias mais simples pela ação das bactérias. (BRASIL, 2014 p.27)

As bactérias do grupo coliforme normalmente encontram-se no intestino de seres humanos e animais, portanto serve como indicador de que a água teve contato com fezes. Para

CETESB (2009) apenas a *E. coli* é um microrganismo advindo exclusivamente por fezes de animais, com rara aparição em água ou solo, a não ser que tenha passado por um processo de contaminação. Os demais microrganismos são encontrados quando a água contém alto teor de matéria orgânica proveniente de efluentes industriais, material vegetal ou solo em decomposição

Segundo Cappi, Barros e Pereira (2012) as bactérias do grupo coliforme podem ter origem fecal de espécies, sendo encontradas em água, solo, plantas. Portanto, valores elevados de coliformes podem ter relação com atividades exercidas e uso da área do corpo hídrico.

3.6 Geotecnologias no estudo de bacias hidrográficas

Com passar dos anos, o avanço tecnológico tem se mostrado implacável em todas as áreas do conhecimento. A área da geoinformação tem acompanhado esse desenvolvimento, aprimorando as técnicas de sensoriamento remoto, assim tornando-a mais acessível.

Esta técnica vem auxiliando na aquisição e processamento de imagens, advindos de sensores instalados em satélites e outros veículos aéreos, auxiliando na execução de trabalhos científicos com grandes extensões, ou mesmo no aperfeiçoamento dos detalhes da superfície terrestre.

Porém, para entrar no mérito da utilização desta técnica no presente estudo é importante entendermos o que é o sensoriamento remoto, seu desenvolvimento histórico, os processos até a obtenção da imagem e as formas de processamento nas máquinas computacionais.

O Sensoriamento Remoto, assim como outros conceitos, é interpretado de diferentes modos pelos autores. As principais conceituações vão desde: aquisição de informações e as propriedades do objeto sem contato físico; medida das propriedades do objeto na superfície terrestre, utilizando dados obtidos por satélites e aeronaves; conjunto de atividades na aquisição de informações relativo aos recursos naturais da Terra. Dentre essas proposições a ideia que se repete é o tipo de coleta de dados que é por meio da “[...] análise da energia eletromagnética refletida, emitida ou retroespehada pelos alvos e coletada por meio de sensores instalados [...]” a bordo em veículos aéreos como balões, foguetes, aviões ou satélites (LORENZETTI, 2015 p.15).

Segundo Florenzano (2002), a origem do Sensoriamento Remoto está interligada ao surgimento da fotografia aérea, sendo assim dividida em dois períodos distintos: o primeiro de 1860-1960 (período em que veículos aéreos eram utilizados para fotografar a superfície); o segundo se dá a partir de 1960 até os dias atuais (onde é caracterizado por uma variedade de tipos de fotografias e imagens).

Vale ressaltar que o avanço desta tecnologia se deu principalmente para o uso militar, dando subsídio e informações para criação de táticas e estratégias em períodos de guerra. Após o período da Guerra Fria muitos dados considerados sigilosos foram liberados para uso civil. A partir disso, as fotografias orbitais ganharam nova perspectiva com desenvolvimento e criação de satélites orbitais para a coleta de dados meteorológicos e aquisição de imagens (FLORENZANO, 2002).

De acordo com Jensen (2009), o primeiro satélite lançado foi o da série TIROS (Television Infrared Observation Satellite) em 1960. Em 1972 foi lançado o satélite ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite), mais tarde denominado como LANDSAT-1 (Land Remote Sensing Satellite). Esta série contou com lançamento de satélites posteriores ao primeiro e que estão em órbita até os dias atuais.

Sobre o processo de obtenção de imagem, Rosa (2005) apresenta duas fases no Sensoriamento Remoto: aquisição de dados e utilização. Na fase de aquisição de dados as informações referentes a radiação eletromagnética, comportamento espectral, atmosfera são captadas pelos sensores. Na fase de utilização, os dados obtidos são aplicados em diversas áreas como: geografia, agronomia, engenharia civil, geologia, hidrologia, pedologia, oceanografia etc.

Novo (2012) traz detalhes sobre os níveis de aquisição de dados. De acordo com o veículo/plataforma de obtenção dos dados o nível de aquisição será modificado. Alguns exemplos são: satélite geostacionário, satélite de órbita polar, estações espaciais, ônibus espacial, aviões, helicópteros, aeromodelos, caminhões com escadas, etc. Esses níveis podem ser genericamente chamados de: nível de laboratório/campo, nível de aeronave e nível orbital. Além disso, os sensores instalados nas plataformas medem informações espaciais, espectrais e radiométricas.

Os dados quando transformados em imagens possuem resoluções específicas. Para tal, Jensen (2009) aborda os conceitos de resolução espacial, resolução espectral, resolução radiométrica e resolução temporal.

De acordo com o autor, a resolução espectral é a medida do espectro eletromagnético que o sensor instalado na plataforma capta a energia refletida da superfície terrestre. Cada alvo reflete uma energia em uma determinada faixa do espectro eletromagnético. Por isso, os sensores são multiespectrais, ou seja, registram em múltiplas bandas.

A resolução espacial “[...] é uma medida da menor separação angular ou linear entre dois objetos que pode ser determinada pelo sistema de sensoriamento remoto.” Ou seja, a resolução está interligada com o nível de detalhamento da imagem. Quanto menor a resolução

espacial nominal, maior o poder de detalhamentos da imagem. Também pode estar ligada com a altitude do satélite em órbita (JENSEN, 2009 p.18).

A resolução radiométrica é a sensibilidade que um detector capta a energia advinda da superfície terrestre. As diferenças na potência do sinal emitido, refletido ou retroespehada. "Uma alta resolução radiométrica geralmente aumenta a probabilidade de que os fenômenos sejam avaliados com mais exatidão pelo sensoriamento remoto." (JENSEN, 2009 p.20).

Por fim, a resolução temporal referida a periodicidade em que o satélite registra imagens em uma determinada área. Cada satélite possui suas características bem definidas. Nos capítulos seguintes será apresentado uma tabela com essas informações do satélite utilizado na elaboração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal.

O emprego do sensoriamento remoto e geoprocessamento no estudo de bacias hidrográficas se tornou essencial para resolução de problemas no desenvolvimento de pesquisas. Foi possível adquirir informações sem necessariamente estar presente no local estudado.

Os estudos ambientais de bacias hidrográficas vêm utilizando amplamente geotecnologias para diagnosticar o estado ambiental. A técnica de geoprocessamento de levantamento de dados em campo também tem ajudado na compreensão das características ambientais da superfície.

De acordo com Melo et al. (2011) o estudo do uso da terra e cobertura vegetal com auxílio do sensoriamento remoto e geoprocessamento, é um importante mecanismo que auxilia na gestão e planejamento dos recursos naturais.

Para estudos de bacias hidrográficas, o Sistema de Informação Geográfico (SIG) auxilia na organização de banco de dados georreferenciados; na elaboração e utilização de modelos que facilitem o estudo da paisagem sob a ótica ecológica e ambiental; na previsão dos riscos dos componentes ambientais como: água, solos, ar, biodiversidade entre outros (PIRES, 1995).

Como mencionado anteriormente, os dados obtidos pelo sensoriamento remoto são utilizados em diversas áreas e uma delas é a geografia. Após a obtenção dos dados da superfície terrestre, algumas plataformas disponibilizam as imagens dos satélites de modo online e gratuito para fins acadêmicos.

Com a obtenção da imagem é possível geoprocessá-la com ajuda de *softwares* como: QGIS, Spring, ArcGIS, entre outros. A partir do *software* é possível realizar o tratamento das imagens e gerar os mapas por meio de métodos já estabelecidos por autores. Para geração do mapa temático de uso da terra e cobertura vegetal, utilizou-se o método de classificação não-

supervisionado (INPE, 2021), utilizando o *software* Spring, conforme detalhado no capítulo abordagem metodológica.

4 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A pesquisa foi desenvolvida a partir de análise quali-quantitativa, uma vez que utiliza a análise qualitativa para a descrição e interpretação dos dados, e análise quantitativa por meio dos resultados das amostras de coleta de água, complementando-se para atingir os objetivos propostos.

Segundo Oliveira (1999 p. 116), a abordagem quantitativa e a qualitativa são dois métodos diferentes pela sua sistemática e, principalmente, pela forma de abordagem do problema que está sendo objeto de estudo, sendo necessário estar de acordo com o tipo de pesquisa que se deseja desenvolver. Assim, conforme os objetivos da presente pesquisa, a abordagem quali-quantitativa proporciona maior riqueza de análise para as conclusões.

Com relação ao emprego do método ou abordagem qualitativa esta difere do quantitativo pelo fato de não empregar dados estatísticos como centro do processo de análise do problema. A diferença está no fato de que o 58º método qualitativo não tem a pretensão de numerar ou medir unidades ou categorias homogêneas (OLIVEIRA, 1999 p.116).

Ressalta-se que a pesquisa geográfica na área ambiental, especialmente em bacias hidrográficas, exige uma visão interdisciplinar de análise, inerente à ciência geográfica, com olhar para os diferentes aspectos ocorrentes e respectiva interação. Essa visão pautou a definição metodológica, interpretação e análise.

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas, primeiramente foram realizadas buscas de documentação direta e indireta, somado ao levantamento de dados secundários em: livros, artigos, dissertações, sobre a área e o tema da pesquisa. Essas informações foram organizadas e arquivadas para posterior discussão com os dados obtidos a campo e no laboratório. A segunda etapa, teve como intuito dar suporte ao estudo com o levantamento de dados. Então foram gerados os mapas do meio físico, bem como o mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica. Com as coletas de água e análises laboratoriais das amostras de água, foram obtidos os dados primários.

4.1 Mapeamento de localização da bacia hidrográfica

4.1.1 Materiais

- Arquivo *shapefile* da Unidade Federativa do Brasil – IBGE (<https://downloads.ibge.gov.br>);
- Arquivo *shapefile* do estado de Mato Grosso do Sul com municípios – IBGE (<https://downloads.ibge.gov.br>);
- Arquivo *shapefile* do limite da bacia hidrográfica – ANA (2017);
- Arquivo *shapefile* da rede de drenagem – ANA (2017);

- *Software* ArcGIS na versão (10.5).

4.1.2 Procedimentos metodológicos

Realizou-se o *download* dos arquivos em formato *shapefile* da Unidade Federativa do Brasil e do estado de Mato Grosso do Sul com os municípios. Utilizando o site da Agência Nacional das Águas ANA (2017), fez-se o *download* do *shapefile* da bacia hidrográfica do rio Salobra, bem como da sua rede de drenagem. Os arquivos foram organizados numa pasta específica e importados para o *software* de geoprocessamento ArcGIS 10.5 para edição temática.

A projeção escolhida como padrão para a geração de todos os mapas foi a UTM, com Datum SIRGAS 2000. Utilizando a ferramenta de edição vetorial, a rede de drenagem foi ordenada manualmente, adicionando valores na tabela de atributos. Sendo assim, os afluentes de 1ª, 2ª, 3ª 4ª e 5ª ordem foram listados e diferenciados pela cor monocromática azul.

4.2 Mapeamento do meio físico da bacia hidrográfica

4.2.1 Materiais

- Arquivo *shapefile* da base geológica da área – CPRM (<https://geoportal.cprm.gov.br/geosgb/>).
- Arquivo *shapefile* da base geomorfológica da área – IBGE (https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/).
- Arquivo *shapefile* da base pedológica da área – IBGE (https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/).
- Arquivo *shapefile* da base fitogeográfica da área – IBGE (https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/).
- Arquivo *shapefile* do limite da bacia hidrográfica – ANA (2017);
- Arquivo *shapefile* da rede de drenagem – ANA (2017);
- Arquivo *shapefile* do limite do Parque Nacional da Serra da Bodoquena – ICMBIO (<https://www.icmbio.gov.br/>);
- *Software* ArcGIS na versão (10.5).

4.2.2 Procedimentos metodológicos

Foi feito o *download* dos arquivos em formato *shapefile* da geologia, geomorfologia, pedologia e fitogeografia da área da bacia hidrográfica. Os arquivos dos *downloads*, bem como o limite da bacia hidrográfica e sua rede de drenagem, limite do Parque Nacional da Serra da

Bodoquena, foram importados para o *software* ArcGIS. Utilizando a propriedade “categoria” foram listadas as unidades correspondentes a cada mapeamento, localizadas na tabela de atributos do *shapefile*. As classes temáticas foram editadas em cores distintas para facilitar a leitura do mapa.

Baseado no Manual de Classificação de Solos, as classes temáticas foram editadas em cores estabelecidas para cada tipo de solo. As informações contidas no projeto RadamBrasil e no Atlas Multirreferencial do estado de Mato Grosso do Sul estão com uma escala pequena de 1:1.000.000. Por isso, as informações contidas no Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do rio Salobra (fornecidas pelo IBGE), são de um refinamento de escala que possibilita o detalhamento de subgrupos nas classes de solo.

Para o detalhamento de cada uma das classes pedológicas, foi retirada informações do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) da Embrapa (2018) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007).

Baseado no Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE (2012), as classes temáticas foram editadas em cores estabelecidas para cada tipo de vegetação. Após esses processos, todos os mapas passaram pela etapa de *layout*, editando a posição dos títulos, dos *grids*, das legendas e das fontes. Com a folha de impressão pronta, os mapas foram exportados do *software* no formato imagem (.png) e anexados no presente documento.

4.3 Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica

4.3.1 Materiais

- Imagens do satélite TM/Landsat-8 – Órbita/Ponto 226-074 e Bandas 4, 5 e 6 do dia 19/05/2021 (mapeamento);
- Imagens do satélite CBERS-4A – Órbita/Ponto 216-139 e Bandas 1, 2, 3 e 4 do dia 01/05/2021 (acurácia);
- Arquivo *shapefile* do limite da bacia hidrográfica – ANA (2017);
- Arquivo *shapefile* da rede de drenagem – ANA (2017);
- Arquivo *shapefile* do limite do Parque Nacional da Serra da Bodoquena – ICMBIO (<https://www.icmbio.gov.br/>).
- *Software* Spring na versão (5.5.6);
- *Software* ArcGIS na versão (10.5);

No quadro 1 estão as características do satélite TM/Landsat-8.

Quadro 1 – Características do satélite TM/Landsat-8.

Instrumento/Sensor	OLI e TIRS
Operadora/Instituição Responsável	NASA (National Aeronautics and Space Administration)
País	Estados Unidos
Situação atual	Ativo
Lançamento	02/11/2013
Altitude	705 km
Inclinação	98,2°
Órbita	Circular, Polar, Heliossíncrona
Faixa imageada	185 km
Tempo de Duração da Órbita	99 min.
Horário da passagem	10h / 12h
Período de revisita	16 dias
Resolução espacial	Pancromático: 15 m Multiespectral: 30 m Termal: 100 m reamostrada para 30 m

Fonte: INPE (2021).

4.3.2 Procedimentos metodológicos

As imagens foram adquiridas no site do INPE (www.dgi.inpe.br/catalogo/) no dia 01 de julho de 2021. A data da imagem do satélite Landsat-8 é de 19 de maio de 2021. As características das bandas espectrais estão no quadro 2.

Quadro 2 – Especificações das bandas espectrais dos sensores OLI e TIRS.

Sensor	Bandas espectrais	Resolução espectral	Resolução espacial	Resolução temporal	Área imageada	Resolução radiométrica
OLI	(B1) AZUL COSTEIRO	0,43 - 0,45 μm	30 m	16 dias	170 x 183 km	16 bits
	(B2) AZUL	0,45 - 0,51 μm				
	(B3) VERDE	0,53 - 0,59 μm				
	(B4) VERMELHO	0,64 - 0,67 μm				
	(B5) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0,85 - 0,88 μm				
	(B6) INFRAVERMELHO MÉDIO	1,57 - 1,65 μm				
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2,11 - 2,29 μm				
	(B8) PANCROMÁTICA	0,50 - 0,68 μm	15 m			
	(B9) CIRRUS	1,36 - 1,38 μm	30 m			
TIRS	(B10) INFRAVERMELHO TERMAL	10,6 - 11,19 μm	100 m			
	(B11) INFRAVERMELHO TERMAL	11,5 - 12,51 μm	100m			

Fonte: ENGESAT, 2021.

Primeiramente foi criado um banco de dados denominado “mapeamento”, para organizar as imagens obtidas e salvar o projeto com suas alterações. Para facilitar o processo de classificação e evitar confusão, foi escolhida as imagens das bandas do vermelho, do infravermelho próximo e do infravermelho médio.

Dentro do *software* Spring foram importadas as imagens das bandas 4, 5 e 6. Realizou-se o contraste das bandas e a composição colorida. Após alguns testes, foi definido o método de classificação, sendo este não-supervisionado.

Para isso, foi utilizado a imagem da composição colorida denominada (sintética) para o processo de segmentação feita automaticamente pelo *software*. Para a área de estudo foi usado a similaridade igual a 8 e a área do pixel como 20.

Após a segmentação foi criado um contexto para a extração de atributos das regiões e na sequência a classificação. Na classificação foi utilizado o método Iseseg, com limiar de aceitação de 99%.

Após a classificação utilizou-se informações contidas no modelo de dados temático denominado (mapeamento) com as classes temáticas pré-definidas (área florestal, área descoberta, pastagens + cultura temporária e águas continentais).

Utilizando a opção “mapeamento de classes para imagem temática”, foi mapeado cada um dos 31 temas obtidos, para a classe temática correspondente. Para verificar e comparar o tema com a classe, foi utilizada as imagens do satélite LANDSAT-8.

Após a definição dos 31 temas, o *software* executou e gerou o mapa temático no formato *raster*. Após o processamento o arquivo foi exportado do Spring em formato GeoTIFF, para ser finalizado no *software* ArcGIS.

No ambiente do ArcGIS foi importado o *raster* contendo as classes temáticas. Utilizando a propriedade “categoria”, foi listado os valores de cada uma das classes. Baseado no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE, foi definida as cores temáticas. Em seguida o *raster* foi recortado utilizando o limite da bacia hidrográfica (*shapefile*).

Para verificar a acurácia do mapa foi utilizado o índice Kappa. Para isso, foi estabelecido o número de pontos a serem amostrados (519 pontos) para a bacia hidrográfica. Os pontos foram distribuídos aleatoriamente de acordo com a área de cada uma das classes temáticas.

Após a distribuição dos pontos, foi aberto a tabela de atributos dos pontos para verificar se o ponto classificado estava correto ou não, e qual a classe correta. Para tal, foi utilizado a imagem do satélite CBERS-4A com resolução espacial de 2 m na pancromática. A data da imagem é de 01 de maio de 2021. Após a verificação de cada um dos pontos, foi salvo as edições

na tabela de atributos. No próprio ArcGIS foi executado a função “matriz de confusão” gerando o índice Kappa no quadro 3.

Quadro 3 – Matriz de confusão para obtenção do índice Kappa.

Classe	Área florestal	Pastagens	Cultura temporária	Área descoberta	Águas continentais	Total	U Acurácia	Kappa
Área florestal	353	21	3	2	1	380	0,928947	0
Pastagens	3	66	5	0	0	73	0,904110	0
Cultura temporária	2	1	16	0	0	38	0,421053	0
Área descoberta	2	1	0	20	0	23	0,869565	0
Águas continentais	0	0	0	0	5	5	1	0
Total	360	107	24	22	6	519	0	0
P Acurácia	0,980556	0,616822	0,666667	0,909091	0,833333	0	0,886320	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0,751659

Fonte: o próprio autor.

Observa-se que o índice Kappa obtido foi de 0,751659. Com a tabela 1 verifica-se que a acurácia do mapa está classificada como “muito boa”. Este valor varia de 0,60 – 0,80. Sendo assim, prosseguiu-se com a finalização do mapa.

Tabela 1 – Índice Kappa.

Valor de Kappa	Qualidade do mapa temático
< 0,00	Péssimo
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito boa
0,80 – 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

Após a verificação da acurácia, foi inserido as coordenadas das mineradoras que se encontram dentro da bacia hidrográfica, sendo elas: Camargo Corrêa e Horii, considerando a necessidade de analisar as possíveis influências desse tipo de uso. Para um maior detalhamento do mapa, foi vetorizado quatro linhas distintas, com a finalidade de traçar as vias de acesso dentro da área.

A primeira linha para representar a rodovia que dá acesso à cidade de Bodoquena, a segunda para rodovia não pavimentada (MS-339) que dá acesso a Morraria do Sul e ao município de Bonito, a terceira para estrada pavimentada que dá acesso ao Grupo Camargo Corrêa e a quarta para as estradas não pavimentadas que dão acesso às áreas rurais e assentamentos dos municípios que compõem a bacia hidrográfica.

Por fim foi editado o layout de impressão do mapa temático acrescentando título, *grids*, norte geográfico, legenda, entre outras. Após a edição final, o mapa foi exportado do *software* em formato (.png) e inserido no presente documento.

4.4 Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente

4.4.1 Materiais

- Imagens de satélite CBERS-4A com resolução de 2 metros na pancromática;
- Arquivo *shapefile* do limite da bacia hidrográfica;
- Arquivo *shapefile* da rede de drenagem da bacia hidrográfica;
- Arquivo *shapefile* do limite do Parque Nacional da Serra da Bodoquena.;
- *Software* ArcGIS 10.5.

4.4.2 Procedimentos metodológicos

Os arquivos do limite da bacia hidrográfica, rede de drenagem, limite do PNSB e localização da área urbana de Bodoquena foram importados para o *software*. A largura dos canais da rede de drenagem fora medida no SIG para definir a metragem específica de mata ciliar. Utilizando a ferramenta *buffer*, foi gerado as linhas correspondentes à área de mata ciliar, de acordo com a metragem de cada canal. Nas áreas de nascente e topos de morro foram gerados polígonos para definir as APP segundo o Código Florestal Brasileiro.

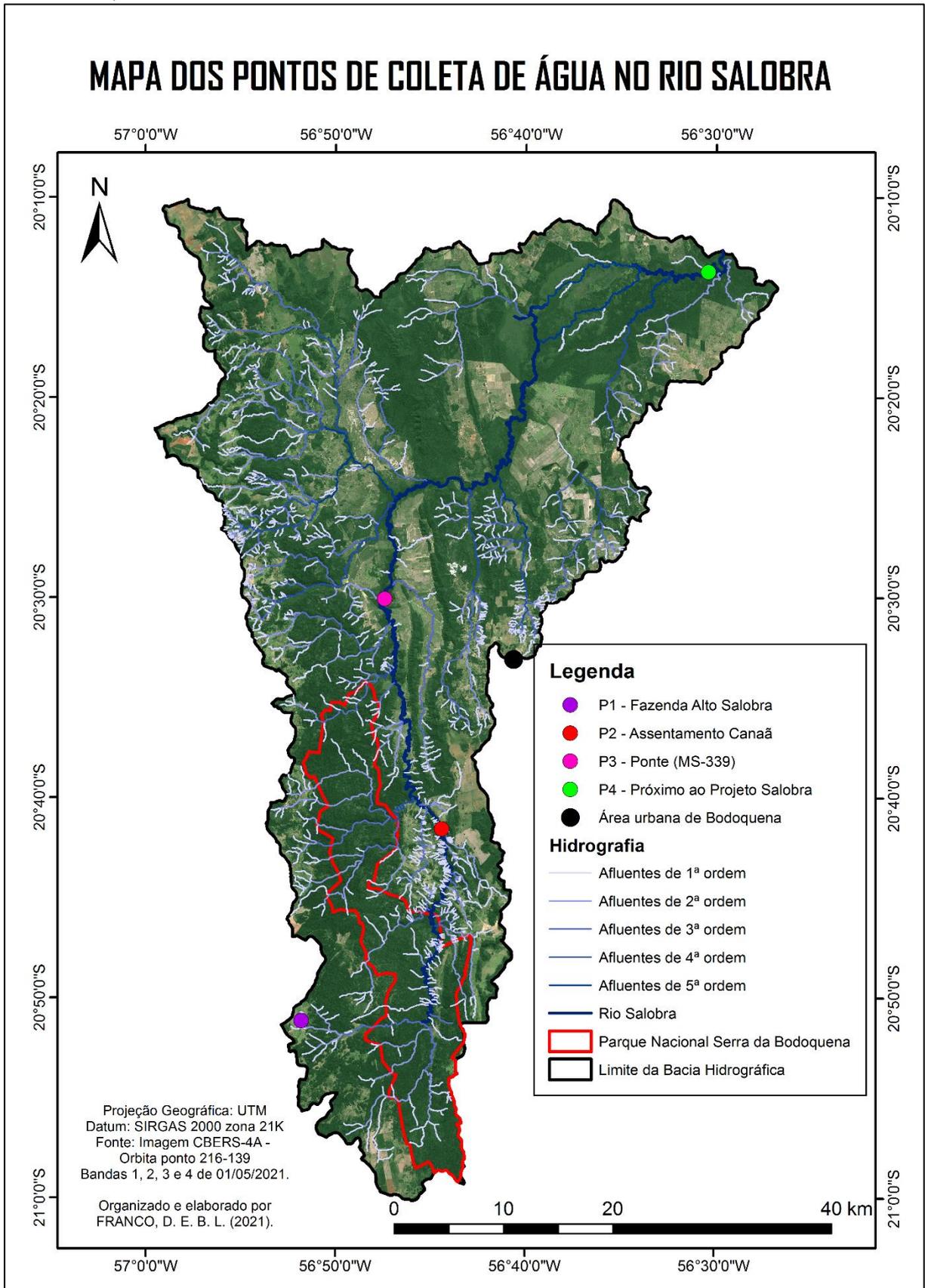
4.5 Delineamento amostral

A utilização de imagens de satélite teve suma importância para identificação dos possíveis pontos de amostragem. No dia 11 de abril de 2021 no período matutino, foi realizada uma visita de campo na bacia hidrográfica, seguindo a rota pré-determinada.

Para analisar um canal fluvial por completo é necessário realizar coletas na nascente, médio curso, baixo curso e foz obtendo um resultado mais eficaz. No dia 15 de junho de 2021 foi definido o número de pontos de amostragem (4 pontos), bem como a localização de cada um. Também foi discutido os aspectos que poderiam interferir nos resultados das análises laboratoriais.

A periodicidade da coleta foi de duas amostras sendo uma no inverno, e outra no verão, pois as características climáticas do município de Bodoquena apresentam inverno seco com temperaturas amenas e verão chuvoso com altas temperaturas. As coletas e análise da água ocorreram no mês de agosto/2021 e dezembro/2021. As informações da localização dos pontos de coleta estão na figura 2 e na tabela 2.

Figura 2 – Localização dos pontos de coleta de água no rio Salobra (Imagem CBERS 4-A de 01/05/2021).



Fonte: o próprio autor.

Tabela 2 – Coordenadas geográficas dos pontos de coleta no rio Salobra.

Pontos	Localização	Coordenadas
1	Fazenda Alto Salobra	20°50'44" S 56°51'44" W
2	Assentamento Canaã	20°41'76" S 56°44'94" W
3	Ponte (MS-339)	20°30'12" S 56°47'24" W
4	Próximo ao Projeto Salobra	20°13'43" S 56°30'05" W

Fonte: Dados coletados a campo.

4.6 Análise física, química e biológica da água

4.6.1 Materiais

- Frascos de polietileno (2 L);
- Frascos de vidro esterilizado (500 mL);
- Sonda multiparâmetro Hanna HI 9828;
- GPS Garmin eTrex 20x;
- Termômetro digital tipo espeto J Prolab modelo SH 127, entre outros equipamentos que se encontram no laboratório de Hidrologia Ambiental.

4.6.2 Procedimentos metodológicos

4.6.2.1 Análise de água em campo

As coletas foram realizadas no período matutino (exceto o P1), horário mais adequado para que não ocorra distorções ou interferências nos resultados das análises de água. Os resultados dos parâmetros de temperatura da água, temperatura do ar, pH, oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais dissolvidos (SDT) e condutividade elétrica (CE), foram coletados *in loco* utilizando a sonda. A aferição da temperatura do ar foi feita com termômetro digital.

Após as mensurações *in loco*, foram coletados 2L + 500mL de água da superfície do canal fluvial em cada ponto, dando preferência as águas do centro do canal e não as águas próximas a margem, acondicionadas e levadas para o laboratório.

4.6.2.2 Métodos de análise de água em laboratório

As análises das amostras de água foram feitas no laboratório de Hidrologia Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campus Aquidauana/Unidade II. Para cada análise de determinado parâmetro, foi utilizada uma metodologia adequada. As análises de alcalinidade, cloreto, dureza, oxigênio dissolvido, cálcio e magnésio (se necessário) são

realizadas no mesmo dia da coleta, no laboratório. Na tabela 3 a seguir são encontradas as variáveis analisadas bem como os métodos analíticos adotados.

Tabela 3 – Métodos para as análises das variáveis físicas, químicas e biológicas.

Parâmetros	Método Analítico
pH	Eletrométrico
Temperatura da Água	Eletrométrico
Condutividade Elétrica	Eletrométrico.
Turbidez	Eletrométrico
Alcalinidade Total	Método Titulométrico (APHA, 1975)
Cloreto	Método Titulométrico (APHA, 1975)
Dureza Total	Método Titulométrico do EDTA (APHA, 1975)
Cálcio e Magnésio	Método Titulométrico do EDTA-NA (NBR 1262/Set 1992)
Oxigênio Dissolvido	Método de Winkler (Matheus et al., USP, 1995)
Nitrato	Espectrofotométrico (Mackereth et al,1978)
Nítrito	Espectrofotométrico (Mackereth et al., 1978)
Amônia	Espectrofotométrico (Koroleff, 1976)
Nitrogênio Total	Espectrofotométrico (Valderrama,1981)
Fósforo Total	Espectrofotométrico (Valderrama,1981)
Fósforo Orgânico e Inorgânico	Espectrofotométrico (Strickland E Parsons, 1960)
Clorofila	Espectrofotométrico (Nusch, 1980)
Coliformes Totais e Termotolerantes	Tubos Múltiplos (Soares e Maia,1999.)
MST, MSI e MSO	Gravimetria (Teixeira et al.,1965 e Tundisi, 1969)
Sólidos Totais e Dissolvidos (STD)	Gravimetria (Wetzel & Likens,1991)

Fonte: BARROS (2017).

Os resultados laboratoriais de cada coleta, são inseridos em uma tabela para comparar as possíveis alterações entre os dados. A cada etapa da pesquisa, houve o confronto dos resultados dos parâmetros com a legislação, mais precisamente a do CONAMA nº 357/05.

4.7 Levantamento de campo dos diferentes usos e identificação de impactos ambientais na bacia hidrográfica

4.7.1 Materiais/recursos

- Imagens de satélite CBERS-4A com resolução de 2 metros na pancromática;
- *Softwares* ArcGIS 10.5 e Spring;
- Câmera fotográfica (*smartphone*);
- Veículo caminhonete Ranger (UFMS);
- GPS Garmin Etrex;
- Planilha de anotação e prancheta.

4.7.2 Procedimentos metodológicos

Utilizando as coordenadas geográficas foi inserido os pontos correspondentes à mineração com símbolos cartográficos no mapa de uso da terra e cobertura vegetal. Durante a visita de campo na bacia hidrográfica, foi fotografado as atividades econômicas e tipos de uso.

Além disso, a bacia hidrográfica foi analisada detalhadamente utilizando a imagem do satélite CBERS-4A.

Durante o percurso do trabalho de campo, foram identificadas e fotografadas no contexto da bacia hidrográfica os locais com ausência de mata ciliar, processos erosivos intensos, tipo de atividade econômica e manejo, além das edificações de empresas, residências, currais, captação de água, atrativos turísticos públicos e privados. Destaca-se a complexidade de uso nesse espaço, com assentamento rural, área indígena, intensa agricultura e extração mineral e forte atividade turística, o que justificou a necessidade da presente pesquisa. Considerando a extensão da bacia hidrográfica e a área de serra, o roteiro das observações *in loco* foi realizado por duas visitas passando por rodovias e vicinais diferentes para circundar toda a área do rio Salobra.

4.8 Correlação dos elementos da bacia hidrográfica com os resultados da água

4.8.1 Materiais

- Resultados dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água;
- Mapas de uso da terra e cobertura vegetal e de APP;
- Mapas do meio físico da bacia hidrográfica (geológico, geomorfológico, pedológico e fitogeográfico);
- Observação *in loco*.

4.8.2 Procedimentos metodológicos

Com os resultados dos parâmetros da água em mãos, foi analisado o mapa de uso da terra e cobertura vegetal por seções de acordo com os 4 pontos amostrados. As características encontradas, somadas ao trabalho de campo, puderam explicar eventuais fenômenos ocorridos nos valores dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água.

Além disso, cada ponto de coleta foi caracterizado (utilizando os mapas do meio físico) para verificar as relações dos resultados da água com o ambiente. O estudo *in loco* na área da bacia hidrográfica, seu uso e ocupação, assim como a literatura abordada, trouxe base suficiente para gerar a discussão dos resultados obtidos. Deste modo foi possível verificar, se a água do rio Salobra está com a qualidade necessária para o uso e se o sistema ambiental está sofrendo impactos negativos por causa natural e/ou antrópica.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do rio Salobra

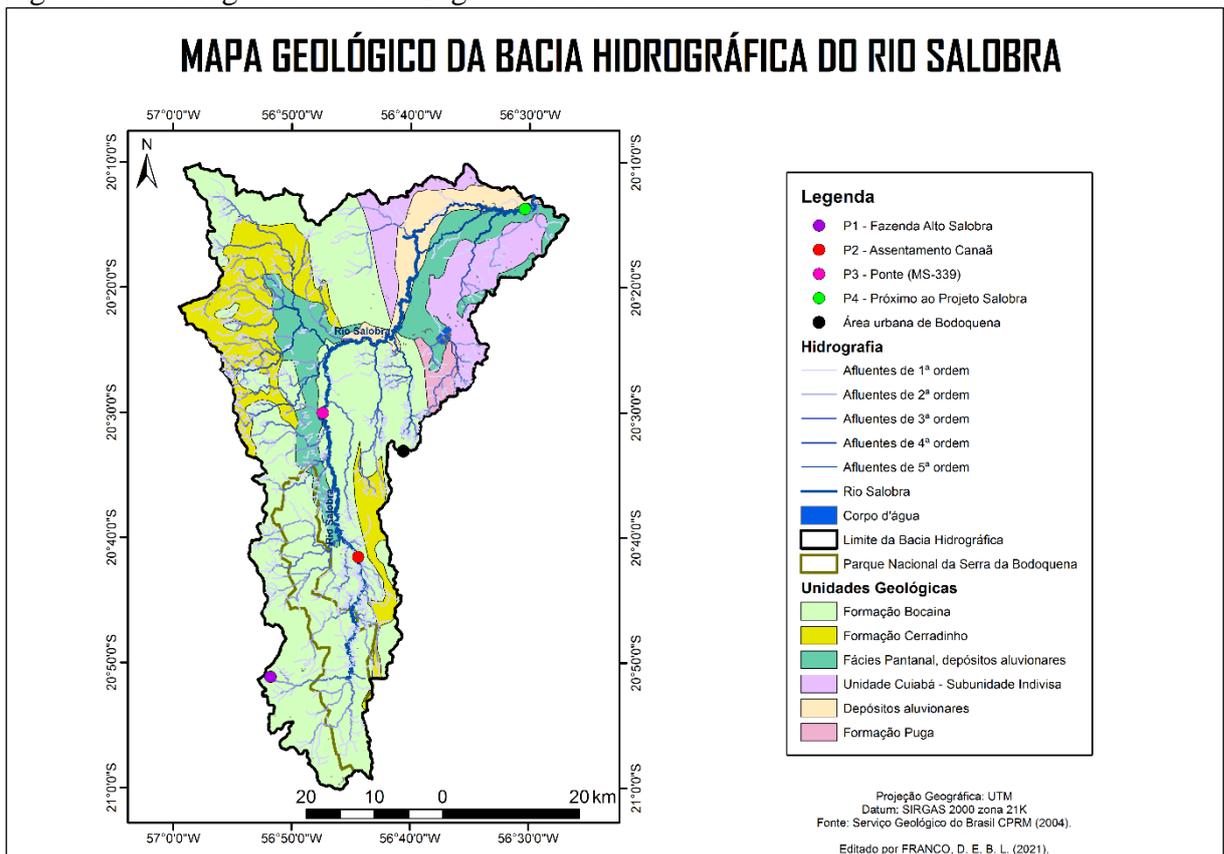
A bacia hidrográfica do rio Salobra está localizada em uma área com características marcantes e distintas em sua paisagem. A seguir será apresentado as características de Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso da terra e cobertura vegetal encontradas na área.

5.1.1 Análise geológica

Na região sudoeste de Mato Grosso do Sul, a Serra da Bodoquena ganha destaque no relevo. Analisando as localidades da bacia hidrográfica do rio Salobra, observamos uma vasta variedade de Unidades Geológicas. Para representar essa variedade, foi elaborado o mapa geológico (figura 3) com dados obtidos no (CPRM, 2004).

As unidades geológicas presentes na bacia hidrográfica são: Formação Bocaina, Formação Cerradinho, Fácies Pantanal, depósitos aluvionares, Unidade Cuiabá – Subunidade Indivisa, Depósitos aluvionares e Formação Puga. A tabela 4 apresenta a área em km² e a porcentagem referente a cada unidade.

Figura 3 – Geologia da bacia hidrográfica do rio Salobra.



Fonte: CPRM (2004).

Tabela 4 – Área das unidades geológicas.

Unidade geológica	Área (km²)	Área (%)
Formação Bocaina	1.278,98	54,45
Formação Cerradinho	356,78	15,24
Fácies Pantanal, depósitos aluvionares	301,71	12,84
Unidade Cuiabá	242,04	10,30
Depósitos aluvionares	132,66	5,65
Formação Puga	35,60	1,52
Total	2.349,45	100,00

Fonte: o próprio autor.

5.1.1.1 Formação Bocaina

No mapa da figura 3, observa-se que na bacia hidrográfica do rio Salobra a Formação Bocaina é a formação de maior extensão e relevância (54,45% da área da bacia), trazendo as características minerais das rochas para rede de drenagem. Segundo Brasil (1982), a Formação Bocaina estende-se do sul ao norte da bacia hidrográfica, adentrando o Pantanal Mato-grossense onde está sobreposta pelas rochas e sedimentos cenozoicos da Formação Pantanal.

As rochas da Formação Bocaina são constituídas por uma sequência de calcários dolomíticos e dolomitos, que podem apresentar finas intercalações de pelitos. Conforme se caminha para leste, as rochas vão sendo enriquecidas de mgO, isso dá origem a dolomitos típicos. As características dessas rochas são "compactas, com estratificação planar grosseira, bastante silicificadas, cores claras, venuladas como por calcita, localmente brechadas." (BRASIL, 1982 p.73).

5.1.1.2 Formação Cerradinho

A Formação Cerradinho foi denominada e estudada por Almeida (1945), nas redondezas da Fazenda Cerradinho que se localiza a 20 km da cidade de Bonito. Ela é constituída por sedimentos arenosos, argilosos, calcários dolomitos e camadas de silex com espessura máxima estimada de 600 m (BRASIL, 1982).

No trabalho de campo realizado por autores que compõem Brasil (1982), foi observado que ocorre a predominância de rochas clásticas na base, e em direção ao topo vão sendo escassas dando lugar a litologia com características carbonáticas.

De acordo com a figura 3, a Formação Cerradinho encontra-se na porção nordeste e sudeste da bacia, abrangendo 15,24% de área. Segundo as informações contidas em Brasil (1982), as suas rochas seguem ainda em direção à norte da Folha de Campo Grande e estão sobrepostas pelas rochas cenozoicas da Formação Pantanal.

Ainda de acordo com Brasil (1982), a Formação Cerradinho é classificada estratigraficamente como sendo do Pré-cambriano Superior, sendo assim sobreposta a Formação Puga e sotoposta a Formação Bocaina.

Os tipos de rochas encontrados na formação Cerradinho possuem grande variedade. De acordo com Brasil (1982 p.70), é constituída essencialmente por “intercalações de arcóseos, arenitos, siltitos, argilitos, calcários, dolomitos, margas, ardósia, metargilitos, metassiltitos, folhelhos [...]”.

5.1.1.3 Fácies Pantanal, depósitos aluvionares

A figura 3, apresenta a unidade Fácies Pantanal, depósitos aluvionares que é representada em porções relevantes com 12,84% de área. Observa-se que no médio curso do rio Salobra, encontra-se uma área que contém características de depósitos aluvionares, por consequência do processo de deposição feita pelo próprio rio. Essa área se estende na porção nordeste da bacia hidrográfica. Até a foz, o rio se comporta como um leque aluvial com topografia plana.

De acordo com CPRM (2001), a unidade geológica Fácies Pantanal, depósitos aluvionares corresponde a Formação Pantanal (Qp2). Os autores Oliveira e Leonardos (1943) denominaram a Formação Pantanal as seções geológicas de depósitos aluvionares constituídas de vasas, arenitos e argilas.

Os sedimentos arenosos, siltico-argilosos e argilosos inconsolidados ou semi consolidados, podem conter alguma matéria orgânica em seu interior. Os sedimentos argilosos são depositados principalmente na época das cheias, nas áreas de planícies, onde são atingidas pelo extravasamento das águas (BRASIL, 1982).

A unidade Formação Pantanal é subdivida em outras 3 unidades sendo elas: a mais antiga Qp1, que corresponde a áreas alagáveis do passado com presença de conglomerados e sedimentos arenosos, Qp2 que aflora em áreas alagáveis do Pantanal e que possui característica argilosa, e a Qp3 que está restrita a calhas da rede de drenagem da planície pantaneira, e com presença de litologias areno-siltosas (CPRM, 2001).

Ainda de acordo com CPRM (2001), a unidade Qp2 é formada por depósitos aluvionares e fluviolacustrinos. É a unidade de maior escala geográfica de todo o conjunto, e corresponde as áreas alagáveis da planície pantaneira em períodos chuvosos. São predominantemente encontrados sedimentos argiloso-arenosos, semi consolidados, porosos e cimentados por material ferruginoso.

5.1.1.4 Unidade Cuiabá – Subunidade Indivisa

Na porção leste do mapa (figura 3), nas proximidades com o rio Miranda, encontra-se a Unidade Cuiabá com 10,30% de área. Segundo Brasil (1982), esta unidade leva o mesmo nome dado ao Grupo Cuiabá. De acordo com as informações apresentadas no relatório supracitado, Evans (1894) fez as primeiras descrições de metassedimentos dando o nome de “Cuyabá Slates” ou Ardósia Cuiabá.

O apanhado histórico dos autores que estudaram esta unidade é encontrado com mais detalhes no Projeto RadamBrasil na folha de Campo Grande. Para Oliveira e Leonardos (1943), a Série Cuiabá é constituída de filitos ardosianos sendo intercalados de quartzitos e conglomerados xistosos.

Cinco anos mais tarde, Almeida (1948) fez uma correlação dos filitos com essas intercalações quartzitos da série Cuiabá com as rochas da série Minas, atribuindo idade Proterozoica. Posteriormente, estudos de Almeida apontaram que na Série Cuiabá ocorreu uma deposição em ambiente miogeossinclinal, ou seja, por conta da ausência de material vulcânico.

Os diversos autores citados pelo Projeto RadamBrasil entram em uma linha comum, onde o material geológico do Grupo Cuiabá é heterogêneo com diversas características em toda área.

Penalva (1973), Figueiredo et al. (1974) e Ribeiro Filho et al. (1975) argumentam que a identidade das microestruturas, o grau de metamorfismo e a presença de veios de quartzo nas segregações micro dobradas justifica este complexo litológico pertencente a um só grupo. Os autores que elaboraram a folha Campo Grande do Projeto RadamBrasil constataram a presença de xistos, filitos, ardósias, metaconglomerados, calcários, mármore e quartzitos predominantemente.

Sobre o ambiente de sedimentação, Brasil (1982 p.64) aborda que

Ao longo de vários anos grande número de estudiosos vem tentando determinar o processo de sedimentação que deu origem às Rochas do Grupo Cuiabá em virtude de sua grande diversidade litológica e também pelo fato de suas rochas se encontrarem intensamente afetadas por no mínimo três fases de dobramentos, tal intento se apresenta como uma tarefa árdua, dando origem a várias interpretações.

Entre as diversas hipóteses dos autores que estudaram a área, a que é levada em consideração por Brasil (1982), é de que ocorreu uma deposição de sedimentos que deu origem ao grupo Cuiabá em uma calha miogeossinclinal e ambiente tectonicamente ativo, o que dá as características heterogêneas das litologias deste grupo.

As litologias desta unidade são variadas com a presença de metassiltitos, filitos, muscovita-quartzo xistos, clorita-muscovita-quartzo, xistos, biotita-calco-clorita-plagioclásio-

muscovita-quartzo xistos, mármore, calcários, dolomitos, metaparaconglomerados, metagrauvas e milonitos (BRASIL, 1982).

5.1.1.5 Depósitos aluvionares

A unidade Depósitos aluvionares destacado no mapa da figura 3, está localizado na porção norte da bacia hidrográfica, no baixo curso nas proximidades da foz com o rio Miranda. Representando 5,65% da área total da bacia, abrange o canal do rio Salobra, realizando a deposição de sedimentos advindos da Formação Bocaina e de outras unidades geológicas.

Segundo as informações contidas no relatório de Brasil (1982) e CPRM (2001), a unidade Depósitos aluvionares também pode ser representada pelo nome Formação Pantanal (Qp3). Esta unidade corresponde a depósitos aluvionares que são restritamente fluviais, ou seja, por meio da ação dos rios. Também são limitados a rios da região do Pantanal.

As rochas são constituídas por cascalhos grosseiros e por seixos arredondados, essencialmente arenosos. Sua granulometria pode variar de granulação grosseira a fina e pode conter níveis siltsos.

Em rios que drenam águas calcárias (como o rio Salobra em estudo), observa-se deposição carbonática que muitas vezes engloba restos de plantas gastrópodes recentes, semelhante às que se encontram nos depósitos da Formação Xaraiés (BRASIL, 1982).

5.1.1.6 Formação Puga

Finalizando a seção de geologia da área, a Formação Puga foi denominada por Maciel (1959), onde foi analisado rochas situadas na margem direita no rio Paraguai, próximo ao Morro Puga. Essas litologias possuem espessura em torno de 140 m fazendo parte do Grupo Corumbá.

Segundo CPRM (2001 p.21)

O Grupo Corumbá, representado pelas formações Puga (NPp), Cerradinho (NPc) e Bocaina (NPb), ocorre a oeste, na região da serra da Bodoquena. A Formação Puga (NPp), unidade basal, é composta por conglomerados, enquanto as duas outras são constituídas por sedimentos clástico-carbonáticos (Formação Cerradinho-NPc) e carbonáticos (Formação Bocaina-NPb).

No mapa geológico da bacia hidrográfica do rio Salobra (Figura 3), observa-se que a Formação Puga ocorre na porção nordeste do mapa e representa apenas 1,52% de área, fazendo limite com a Formação Bocaina e a Unidade de Cuiabá.

O contato inferior da Formação Puga é feito por uma discordância do tipo litológico, com as rochas do complexo Rio Apa e neste mesmo local com as Formações Cerradinho e Bocaina. Nas unidades que a eles são sobrepostas, o contato é tectônico por meio de falhas indiscriminadas nas anticlinais de Figueirinha e Porto Carrero. Nas localidades da Serra da

Bodoquena a oeste, a Formação Puga é recoberta pela Formação Cerradinho, Bocaina e Complexo Apa (BRASIL, 1982).

Ainda segundo Brasil (1982 p.69), os afloramentos da Formação Puga são de

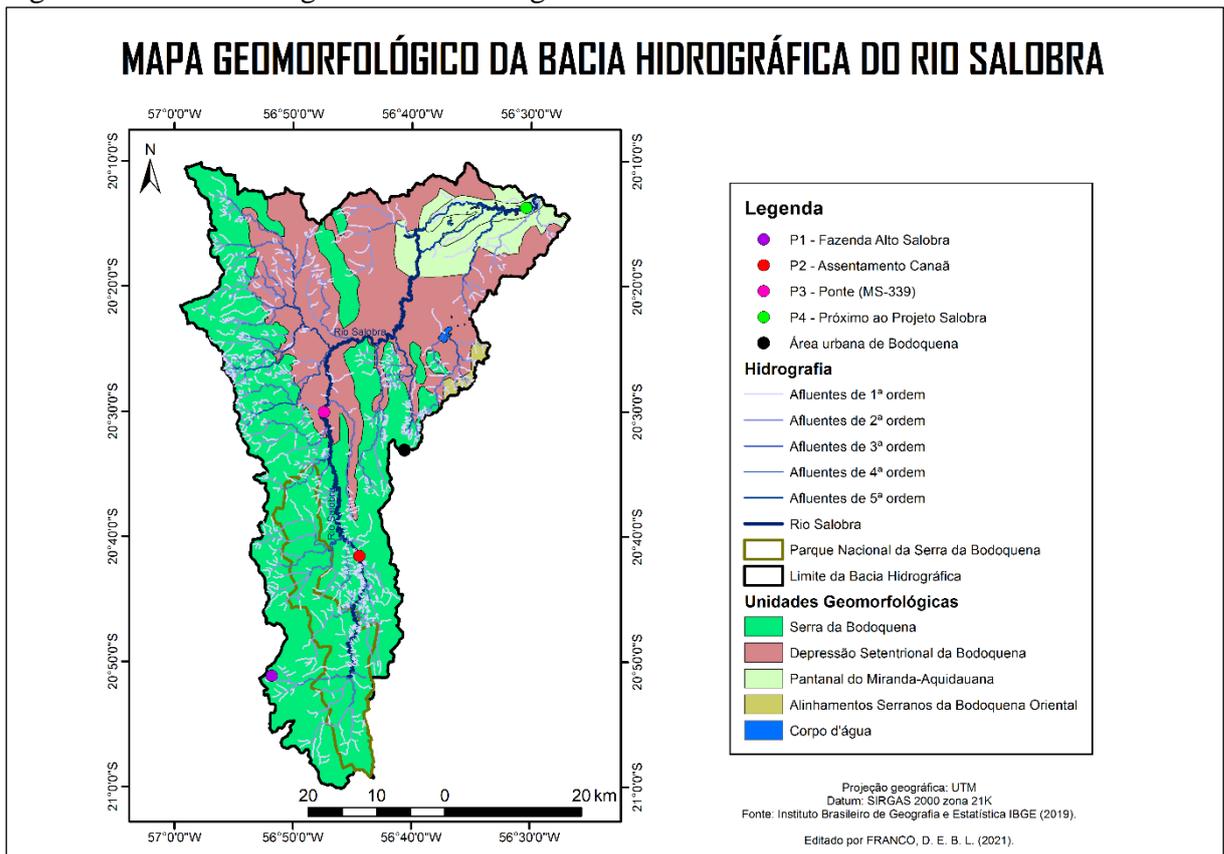
paraconglomerado epimetamórfica de cor cinza-escuro, às vezes amarronzada, cuja matriz é fina, quartzo-argilosa e foliada. A fração clástica contém seixos de variadas litologias, tais como quartzito, rocha granítica, xisto, calcário com grânulos de feldspato e quartzo.

As hipóteses do ambiente de deposição dessa formação passam por diversas controvérsias entre os autores. Uma de que ocorreu a sedimentação em ambiente glacial, e outra onde a sedimentação foi marinha, por meio de correntes de lama com deposição rápida. Ainda não há uma posição definitiva em relação a esse ambiente de deposição (BRASIL, 1982).

5.1.2 Análise geomorfológica

A região sudoeste do Mato Grosso do Sul está dividida em cinco unidades geomorfológicas distintas, sendo elas: Planalto da Bodoquena, Planalto de Maracaju-Campo Grande, Depressão do rio Paraguai, Planície do rio Paraná e Planícies e Pantanais Mato-grossenses (BRASIL, 1982). A figura 4 apresenta as unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Salobra.

Figura 4 – Geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Salobra.



Fonte: IBGE (2019).

A bacia hidrográfica abarca quatro unidades geomorfológicas: Serra da Bodoquena, Depressão Setentrional da Bodoquena, Alinhamentos Serranos da Bodoquena Oriental e Pantanal do Miranda-Aquidauana. Na tabela 5 é apresentado a área de cada unidade geomorfológica.

Tabela 5 – Área das unidades geomorfológicas.

Unidades Geomorfológicas	Área (km ²)	Área (%)
Serra da Bodoquena	1.342,46	57,14
Depressão Setentrional da Bodoquena	784,67	33,40
Pantanal Miranda-Aquidauana	200,78	8,55
Alinhamentos Serranos da Bodoquena Oriental	17,83	0,76
Corpo d'água	3,71	0,16
Total	2.349,45	100,00

Fonte: o próprio autor.

5.1.2.1 Serra da Bodoquena

Ao analisar as informações contidas na tabela 5, observa-se que esta unidade geomorfológica abrange 57,14% da área da bacia hidrográfica, tendo grande relevância. A Serra da Bodoquena ergue-se como um extenso divisor de águas entre a bacia do rio Paraguai, a oeste, e as sub-bacias do rio Apa ao sul e Miranda a leste. Ao norte faz limite com a Depressão Setentrional da Bodoquena, a leste Alinhamentos Serranos da Bodoquena Oriental, a oeste com Patamares e Cristas Residuais da Bodoquena Oriental que são os relevos mais antigos (IBGE, 2022).

Abrange aproximadamente 200 km de comprimento e 65 km de largura. Este relevo trata-se de um bloco residual, pois está circundado da Depressão do rio Paraguai. Além de ser caracterizada pela existência de formas dissecadas de topo convexo, há também formas cársticas que são relacionadas a presença de rocha calcária (BRASIL, 1982).

No interior do conjunto serrano ocorrem segmentos de escarpas, delimitando vales profundos e constituindo *canyons*. Alguns desses segmentos correspondem a bordas de relevo afetado por tectônica, como é o caso da escarpa da Falha de Guaicurus. Apesar de se caracterizar, de um lado, pela existência de formas dissecadas de topo convexo (Dc52) e, de outro, pelos relevos conservados (P), a Serra da Bodoquena apresenta localmente formas cársticas relacionadas às litologias calcárias da Formação Bocaina (calcários, dolomitos e mármore), que abrange a maior parte do relevo serrano, e da Formação Cerradinho, na área em que esta apresenta litologias igualmente calcárias (IBGE, 2022 p.4).

Segundo IBGE (2022), as altimetrias variam nos 400 m e em alguns casos chegam 750 m. Mas nas proximidades com a Depressão Setentrional da Bodoquena, as altimetrias variam dos 100 aos 300 m de altitude. Apresentam blocos residuais *inselbergs* com dissecação natural e de topo convexo.

5.1.2.2 Depressão Setentrional da Bodoquena

Esta unidade geomorfológica corresponde a 33,40% da área da bacia hidrográfica. Corresponde a áreas aplanadas limitando-se ao leste com os Alinhamentos Serranos da Bodoquena Oriental, contornando a Serra da Bodoquena e estendendo-se até o Pantanal Miranda-Aquidauana.

A área sofreu um aplanamento tumulado, pois as evidências de *inselbergs* espalhados na área corroboram para a teoria da pediplanação em condições edáficas e microclimáticas extremas. Na porção ocidental da unidade o processo de erosão iniciou o processo de dissecação da superfície pediplana. Na porção oriental a superfície adentrou o interior da Serra da Bodoquena, o que abriu uma depressão interplanáltica.

“A drenagem, constituída pelo rio Salobra e seus afluentes, se dirige ao Pantanal Aquidauana-Miranda, aproveitando provavelmente uma linha de fraqueza e abrindo uma garganta (passagem) entre os Alinhamentos Serranos e a Serra da Bodoquena” (BRASIL, 2022 p.1).

5.1.2.3 Pantanal Miranda-Aquidauana

A unidade geomorfológica se encontra na porção nordeste da bacia hidrográfica correspondendo a 8,55% da área. Possui pouca diferença altimétrica, fazendo com que se forme um leque aluvial na planície, deixando a área com características típicas de Pantanal. Apresenta altimetrias que variam de 80 a 140 m (BRASIL, 1982).

Segundo Brasil (1982 p.147), o Pantanal trata-se de “[...] uma área de sedimentos recentes, constantemente sujeita a inundações e alagamentos, e, embora não apresente as condições genéticas de um pântano, tem sua fisionomia bastante similar”. O Pantanal Miranda-Aquidauana, drena as águas do rio Miranda e Aquidauana. São áreas inundáveis onde ocorre aluviões expressivos em planícies e terraços fluviais.

5.1.2.4 Alinhamentos Serranos da Bodoquena Oriental

Esta unidade possui a menor porcentagem de área da bacia hidrográfica, com 0,76% da área. Sua localização se dá na transição entre Bodoquena e o Planalto Dissecado da Borda Ocidental da Bacia do Paraná. Esta unidade está limitada ao norte pelo Pantanal do Miranda-Aquidauana, a noroeste pela Depressão Setentrional da Bodoquena e ao sul, pela Depressão do Rio da Prata.

Segundo IBGE (2022 p.1) as características são de

[...] um relevo fortemente falhado, com a presença de uma anticlinal erodida unida ao corpo principal da Serra da Bodoquena e estruturas residuais de falha em litologias do Grupo Cuiabá, muito erodidas em decorrência da atuação fluvial no Pantanal do Miranda-Aquidauana. Ressalte-se a presença de dobramentos apertados do tipo isoclinais.

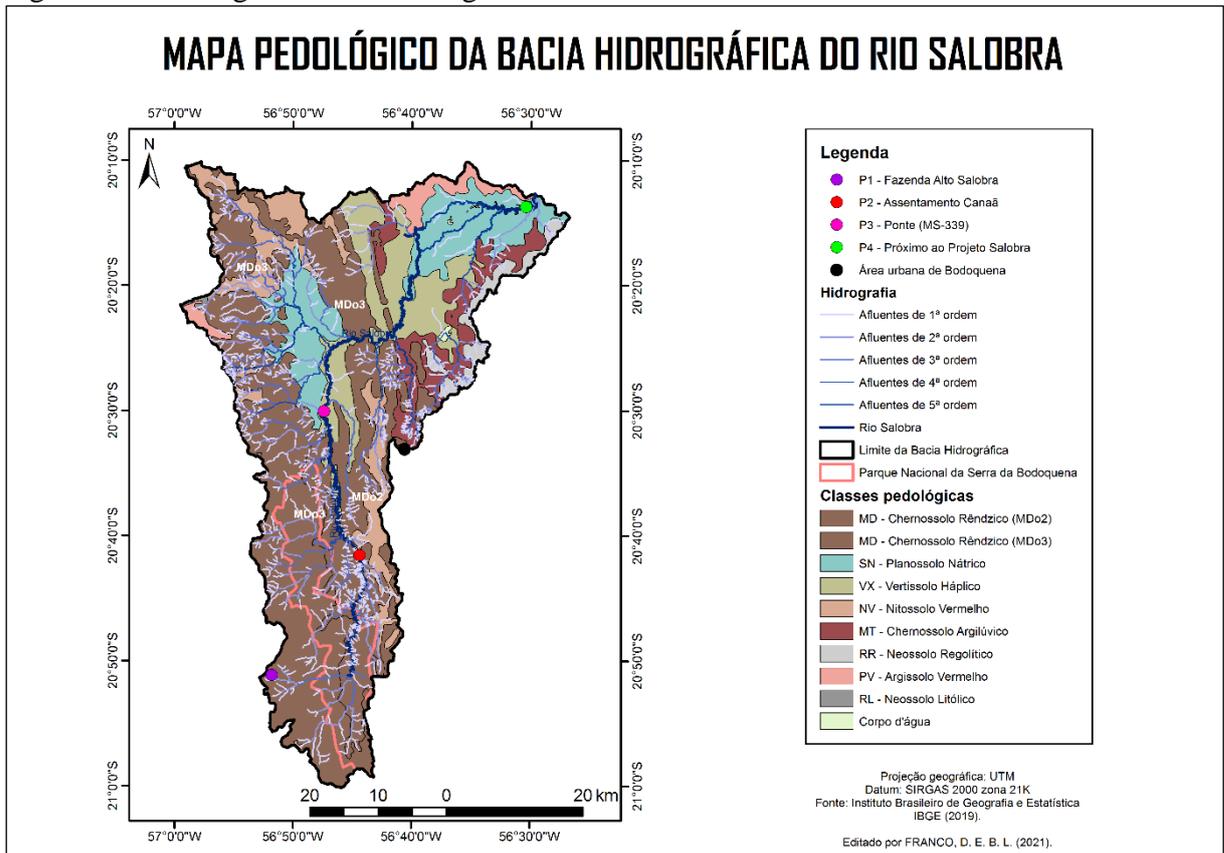
Nele ocorrem relevos altamente dissecados por consequência da densidade de drenagem. Ao norte da cidade de Bonito os relevos se dispõem de modo afunilado (sinclinal com caimento na direção sudeste). Entre as altas cotas do rio Betione até o baixo curso do rio Miranda há estruturas de falhas (IBGE, 2022 p.1).

5.1.3 Análise pedológica

Segundo Mato Grosso do Sul (1990), na porção centro-oeste de Mato Grosso do Sul, ocorre amplamente a predominância de areias quartzosas que abarca os solos com características arenosas, bem drenados e com baixa fertilidade natural, assim correspondendo a segunda maior classe de solo no estado.

O mapa pedológico da bacia hidrográfica (figura 5) apresenta as classes pedológicas. A tabela 6, apresenta a área bem como a porcentagem em relação à área total da bacia.

Figura 5 – Pedologia da bacia hidrográfica do rio Salobra.



Fonte: IBGE (2019).

Tabela 6 – Área das classes pedológicas.

Classes pedológicas	Área (km²)	Área (%)
Chernossolo Rêndzico	1.269,20	54,02
Planossolo Nátrico	310,78	13,23
Vertissolo Háptico	265,72	11,31
Nitossolo Vermelho	215,87	9,19
Chernossolo Argilúvico	156,17	6,65
Neossolo Regolítico	62,03	2,64
Argissolo Vermelho	60,94	2,59
Neossolo Litólico	5,03	0,21
Corpo d'água	3,71	0,16
Total	2.349,45	100,00

Fonte: o próprio autor.

De acordo com o Brasil (1982), a área de estudo é caracterizada pela atividade econômica predominantemente agropecuária, com a presença de extrativismo vegetal e mineral, sendo este de calcário. Em

[...] áreas aplanadas domina a Terra Roxa Estruturada Similar eutrófica latossólica e em áreas restritas, o Brunizém Avermelhado, oriundos das litologias da Formação Cerradinho e raramente da Formação Bocaina. Em superfícies bastante dissecadas, tem-se a presença de Rendzinas, formadas a partir da decomposição de rochas da Formação Bocaina e em menor escala da Formação Cerradinho. Na borda ocidental e nos relevos residuais deste planalto ocorrem os Solos Litólicos eutróficos, tendo como materiais originários litologias das Formações Bocaina e Urucum [...] (BRASIL, 1982 p.189).

Ao observar a figura 5, nota-se que a bacia hidrográfica abarca diversas classes de solos. No extremo sul da bacia, nas áreas de nascentes, o solo identificado é o chernossolo rênzico, com 54,02% de área. No médio e baixo curso, o planossolo nátrico é representado com 13,23% de área da bacia, sendo caracterizado como áreas de deposição de sedimentos na planície de transição com o Pantanal de Miranda-Aquidauana.

A terceira classe de solo com maior expressividade é o vertissolo háptico, com 11,31% de área. É localizado na porção central da bacia hidrográfica, no médio e baixo curso. No extremo leste, nas áreas do médio curso, encontra-se o nitossolo vermelho com 9,19% de área, bem como em pequenas faixas a noroeste da bacia.

A nordeste na bacia próximo ao limite, encontra-se o chernossolo argilúvico representando 6,65% da área total. Ainda de acordo com o mapa pedológico, nota-se que área urbana de Bodoquena está inserida nesta classe de solo. Na borda da bacia com limite da classe pedológica chernossolo argilúvico, encontra-se o neossolo regolítico com 2,64% de área.

A noroeste da bacia em áreas de planalto, encontra-se duas faixas de solo, sendo elas: argissolo vermelho com 2,59% de área e neossolo litólico com área 0,21% de área. Na planície

próxima à foz com o rio Miranda, o curso do rio Salobra se divide em dois canais. No limite da bacia hidrográfica ao norte o argissolo vermelho se faz presente.

As características de cada uma das classes pedológicas citadas serão abordadas nos tópicos a seguir.

5.1.3.1 Chernossolo Rêndzico

Chernossolo do russo *chern*, negro; “conotativo de solos ricos em matéria orgânica, com coloração escura.” (IBGE, 2007 p.207). Os chernossolos possuem pequena e média espessuras, sendo caracterizados pela presença de um horizonte superficial A com grandes teores de matéria orgânica e cores escurecidas, sendo assim, de boa fertilidade. Os horizontes superficiais são avermelhados ou escurecidos com argila de alta atividade, o que impede a infiltração de águas pluviais no corpo do solo, e assim favorecendo a erosão. No Brasil ocorrem dispersos ou com pequenas concentrações, como na Serra da Bodoquena em Mato Grosso do Sul e no Rio Grande do Sul (IBGE, 2007).

Para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (2018), nesta classe ocorre a presença de gleização no corpo do solo. Além disso, estes solos são moderadamente ácidos até fortemente alcalinos com alta concentração de argila e com a capacidade de troca de cátions, por conta do predomínio de cálcio e magnésio em seu interior.

Embora sejam formados sob condições climáticas bastante variáveis e a partir de diferentes materiais de origem, estes solos têm desenvolvimento que depende da conjunção de condições que favoreçam a formação e persistência de um horizonte superficial rico em matéria orgânica, com alto conteúdo de cálcio e magnésio e com a presença de argilominerais 2:1, especialmente os do grupo das esmectitas (EMBRAPA, 2018 p.90).

Ainda segundo Embrapa (2018) o termo Rendzina é utilizado em solos com

Horizonte cálcico, petrocálcico ou caráter carbonático coincidindo com horizonte A chernozêmico e/ou com horizonte C, admitindo-se, entre os dois, horizonte Bi com espessura < 10 cm; ou Contato lítico desde que o horizonte A chernozêmico contenha 150 g kg⁻¹ de solo ou mais de carbonato de cálcio equivalente.

Segundo IBGE (1988), a granulometria pode ser de textura média com afloramentos rochosos (solos rasos), textura argilosa cascalhenta e média cascalhenta, textura argilosa e média e Brunizém Avermelhado médio e textura argilosa em relevo plano, suave ondulado, fortemente ondulado e montanhoso. Essas características facilitam o escoamento superficial das águas, levando aos canais fluviais materiais orgânicos e inorgânicos.

5.1.3.2 Planossolo Nátrico

O termo “Planossolo” vem do latim *planus*, plano, horizontal; “conotativo de solos desenvolvidos com encharcamento superficial estacional.” (IBGE, 2007 p.).

Segundo IBGE (2007) as características desta classe são de solos minerais que possuem pouca drenagem com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial. A textura é mais leve, contrastando abruptamente com o horizonte B, que geralmente possui concentração de argila acentuada, fazendo com que a permeabilidade da água no corpo do solo seja lenta. Além do mais, essa característica é responsável pela presença do lençol d'água suspenso no corpo do solo, periodicamente e em períodos do ano.

No horizonte B é típico a presença de estruturas de grandes blocos angulares que podem ter aspecto cúbico, estrutura prismática ou até mesmo colunar. Neste horizonte apresenta-se uma consistência dura ou até mesmo extremamente dura quando seco.

Neste contexto o SiBCS da Embrapa (2018 p.102) afirma que

Os solos desta classe ocorrem preferencialmente em áreas de relevo plano ou suave ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem vigência periódica anual de excesso de água, mesmo que de curta duração, especialmente em regiões sujeitas à estiagem prolongada e até mesmo sob condições de clima semiárido.

Ainda segundo os autores, por efeito da presença de água de modo cíclico, o excesso de umidade no solo faz com que os horizontes se apresentem com cores pouco vivas, assemelhando-se a cores acinzentadas e escuras.

A classificação do subgrupo nátrico se dá por solos com horizonte plânico e com

a) caráter sódico imediatamente abaixo de um horizonte A ou E dentro de 200 cm a partir da superfície do solo; ou b) caráter sódico em um ou mais horizontes dentro de 150 cm a partir da sua superfície, desde que a parte superior do horizonte B tenha a soma de $Mg^{2+} + Na^+$ trocáveis $> Ca^{2+} + H^+$ (EMBRAPA, 2018 p.251).

5.1.3.3 Vertissolo Háplico

Segundo IBGE (2007 p.207) o termo vertissolo vem do latim *vertere*; “conotativo de movimento na superfície do solo (expansão/contração)”. Os vertissolos são solos constituídos por material e mineral de horizonte vértico, diferenciando-se das demais classes de solos que são horizontais.

De acordo com IBGE (2007 p.306)

Apresentam seqüência de horizontes do tipo A-Cv ou A-Biv-C e, neste último caso, sem atender aos requisitos dos solos da classe dos Chernossolos e ausência de contato lítico, ou horizonte petrocálcico, ou duripã dentro dos primeiros 30 cm de profundidade, e de qualquer tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte vértico.

Além desse, há outros requisitos a serem cumpridos como: teor de argila no corpo do solo, fendas verticais da superfície até o corpo do solo em período seco, ausência de material com contato entre rochas, coeficiente de expansão linear com em áreas irrigadas ou mal drenados e a ausência de qualquer tipo de Horizonte B (EMBRAPA, 2018).

O termo háplico significa que o vertissolo da bacia do rio Salobra não se enquadra nas subordens hidromórfico e ebânico. Sendo assim, uma classe separada. Com a presença de argila no corpo do solo, a infiltração ocorre de modo lento, o que favorece aparecimento de áreas encharcadas.

5.1.3.4 Nitossolo Vermelho

Segundo IBGE (2007 p.207), nitossolo vem do latim *nitidus*, brilhante; “conotativo de superfícies brilhantes em unidades estruturais.” Esta é uma ordem de solos criada há pouco tempo e caracteriza-se pela presença de horizonte B ou horizonte subsuperficial nítico, ou seja, com desenvolvimento estrutural do tipo prisma ou blocos e na sua superfície dos agregados material reluzente (IBGE, 2007).

Estes solos possuem textura argilosa ou muito argilosa, com pequena diferença textural no corpo do solo. Geralmente vão de moderados ácidos até ácidos, com saturação de bases baixa a alta, variando a composição caulínico-oxídica e associado a caráter alumínico (EMBRAPA, 2018).

Ainda segundo informações da Embrapa (2018), a policromia, ou seja, a diferenciação da variação de cor nos 1,5 m de perfil do solo a partir da superfície é utilizada para diferenciação entre os nitossolo e os argissolos vermelhos e vermelho-amarelos. O detalhamento da diferenciação é encontrado na bibliografia citada.

A subordem vermelha é dada pelo matiz 2,5 YR (amarelo-vermelho), ou até mesmo mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. São solos profundos, apresentando alto risco de erosão devido ao relevo acidentado onde são encontrados (EMBRAPA, 2018).

5.1.3.5 Chernossolo Argilúvico

Esta classe se diferencia da primeira classe apenas na subordem de classificação “argilúvico”. Para Almeida, Zaroni e Santos (2021), o horizonte B textural avermelhado com presença de argila é recoberto pelo horizonte A (chernozêmico), com alto teor de matéria orgânica.

Ainda segundo os autores, este solo possui uma fertilidade elevada, favorecendo o enraizamento de espécies vegetais, principalmente se a profundidade do solo for adequada. Ocorre predominantemente em relevo ondulado ou fortemente ondulado, o que dificulta o manejo e favorece o risco à erosão.

5.1.3.6 Neossolo Regolítico

De acordo com IBGE (2007 p.207) o termo neossolo advém do grego *néos*, novo, moderno; “conotativo de solos jovens, em início de formação”. São solos constituídos por material mineral ou material orgânico com pouquíssima espessura, menos de 30 cm, que não apresentam qualquer tipo de Horizonte B, o que diferencia das outras classes de solo.

Eles ocorrem em praticamente todas as regiões do Brasil. Mas sua representatividade não alcança uma área expressiva, pois está disperso em ambientes específicos como: planícies a margem de rios e córregos, relevos acidentados, morrarias e serras (IBGE, 2007).

A subordem regolítico representa os solos que não tem contato lítico nem lítico fragmentado, ou seja, contato com a rocha nem com fragmentos de rochas dentro dos 50 cm o corpo do solo (EMBRAPA, 2018). Para ser classificado com regolítico é necessário passar por requisitos específicos que podem ser encontrados com mais detalhes na referida bibliografia.

5.1.3.7 Argissolo Vermelho

O termo argissolo vem do latim *argilla*, “conotando solos com processo de acumulação de argila.” (IBGE, 2007 p.207). Esta classe possui solos com características de aumento de argila do horizonte A (horizonte superficial), para o horizonte B (abaixo do horizonte A).

Ainda segundo IBGE (2007), também ocorre a diferenciação entre as cores dos horizontes, que vai desde o acinzentado até o avermelhado. O horizonte A é sempre mais escurecido que os demais horizontes. Este solo assim como o latossolo, são os mais abundantes no Brasil ocorrendo em todas as regiões.

De acordo com Embrapa (2018) a subordem vermelha é caracterizada por solos com matiz 2,5 YR ou até mais avermelhados no horizonte B (100 cm).

5.1.3.8 Neossolo Litólico

Para Embrapa (2018) a subordem litólico representa solos que tem contato lítico, ou seja, com rochas ou rochas em processo de fragmentação, dentro dos 50 cm do corpo do solo a partir da superfície. São solos jovens com pouca profundidade, o que dificulta a infiltração das águas pluviais.

Em muitos casos é constituída de material grosseiro que foi fragmentado como exemplo: cascalhos, calhaus é matacões. Os autores levam em consideração que o horizonte B está no início de seu processo de formação (EMBRAPA, 2018).

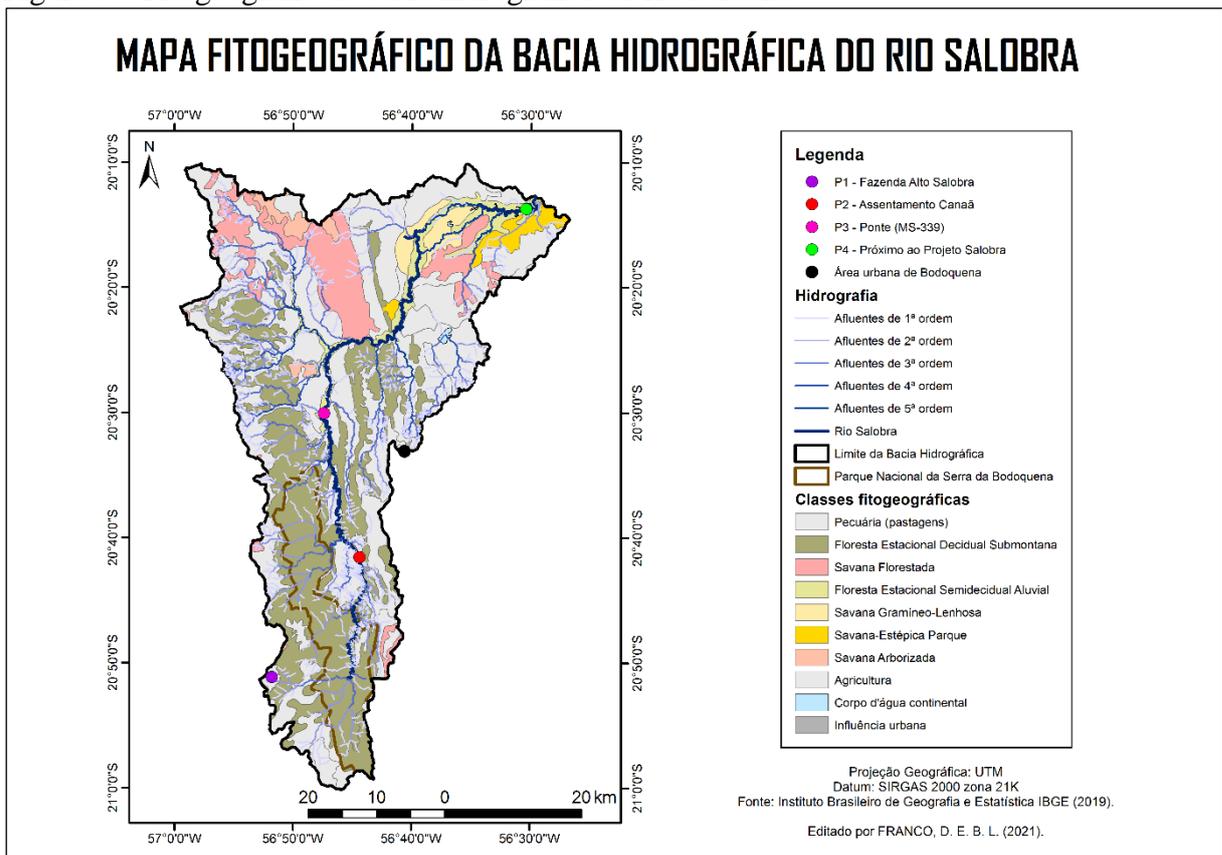
5.1.4 Análise fitogeográfica

De acordo com Mato Grosso do Sul (1990) o estado abarca três províncias florísticas sendo elas: Amazônica, Chaquenha e Bacia do Paraná. Por consequência as paisagens fitogeográficas se apresentam de modo diversificado, contendo formações de campos limpos sem árvores, cerrados e até florestas encorpadas.

De acordo com Brasil (1982) e Mato Grosso do Sul (1990), as regiões Fitoecológicas que se encontram na bacia hidrográfica do rio Salobra são: Savana (Cerrado); Savana Estépica (Vegetação Chaquenha); Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacional Semidecidual.

Dentro das grandes regiões ocorre a subdivisão de formações e áreas de tensão ecológica. Estes serão brevemente abordados a seguir. A figura 6 apresenta o mapa de vegetação da bacia hidrográfica, e a tabela 7 apresenta a área de cada classe fitogeográfica.

Figura 6 – Fitogeografia da bacia hidrográfica do rio Salobra.



Fonte: IBGE (2019).

Tabela 7 – Área das classes fitogeográficas.

Classe fitogeográfica	Área (km²)	Área (%)
Pecuária	1.103,93	46,99
Floresta Estacional Decidual Submontana	747,48	31,82
Savana florestada	239,16	10,18
Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	115,28	4,91
Savana Gramíneo-Lenhosa	48,77	2,08
Savana Estépica Parque	41,81	1,78
Savana arborizada	33,05	1,41
Agricultura	15,21	0,65
Corpo d'água	3,44	0,15
Influência urbana	1,32	0,06
Total	2.349,45	100,00

Fonte: o próprio autor.

5.1.4.1 Floresta Estacional Decidual Submontana

Segundo Brasil (1982), o conceito sobre a região da floresta estacional semidecidual é relacionado diretamente às condições climáticas locais, geralmente duas estações bem definidas, sendo elas: chuvosa e estiagem rigorosa.

Essa situação ocasiona a decidualidade parcial das espécies arbóreas que se adaptaram a deficiência hídrica. A porcentagem da decidualidade foliar das espécies dominantes, neste caso é de 60% ou mais. Entretanto, esta região florestal perde expressão no contexto geral, pois ocorre a descontinuidade destas áreas, pois normalmente ela é revestida sob solos calcários.

Esta formação reveste as rochas do pré-cambriano da Formação Bocaina. Nela ocorre espécies decíduais onde "apresentam estacionalidade foliar na época do frio máximo, coincidindo com o período seco" (MATO GROSSO DO SUL, 1990 p.23).

Em algumas áreas encontra-se uma estrutura arbórea homogênea, por consequência da retirada progressiva de elementos que tem valor comercial. As árvores possuem altura média de 20m, com presença de Palmeiras que estão sobre uma camada de matéria orgânica espessa.

5.1.4.2 Savana Florestada

Segundo informações contidas em Brasil (1982), Savana Florestada também denominada como Cerrado, é formado por herbáceas, graminóides contínuas, com presença de plantas lenhosas. A fisionomia da vegetação é diversificada com variações de áreas arbóreas e gramíneo-lenhosa.

Em grande parte, é caracterizada por árvores de porte reduzido, sendo isoladas ou agrupadas sobre as gramíneas. A vegetação lenhosa possui casca grossa e rugosa, com brotos foliares protegidos, e com folhas desenvolvidas.

5.1.4.3 Floresta Estacional Semidecidual Aluvial

A região semidecidual tem o mesmo conceito da decidual. O que a diferencia é a percentagem da decidualidade foliar que varia em torno de 30% no período de estiagem (BRASIL, 1982).

Com a perda das folhas pelas árvores, o chão se torna recoberto formando um tapete que no processo de decomposição devolve os nutrientes ao solo. Este ciclo é importante para a manutenção da fertilidade do solo.

A formação de floresta aluvial é tipicamente ribeirinha, onde ocupa áreas de acumulações dos sedimentos do Quaternário. Para a classificação vegetal do estado do Mato Grosso do Sul, foi definido que esta formação abrangesse áreas florestais que são embasadas em litologias mais antigas (BRASIL, 1982).

Na bacia do rio Salobra, apresenta-se em pequena porção na margem do rio Miranda. As árvores são relativamente baixas, de caules finos e com pequenas copas. Isso significa que ocorre a regeneração das espécies dominantes.

É importante ressaltar que nas formações supracitadas é apresentada áreas antrópicas, que sofreram com desmatamento para a formação de pastagens e áreas de agricultura.

5.1.4.4 Savana Gramíneo-Lenhosa

Basicamente esta formação se caracteriza por ser campestre, com presença de plantas lenhosas, sem cobertura florestal, a não ser nos vales onde se encontram as florestas-de-galeria.

Essa característica natural se dá pela presença de solos com baixo teor nutricional, ou até em áreas de solos encharcados. Ela recobre extensas áreas de planícies de acumulação, como no Pantanal Mato-grossense (BRASIL, 1982). Dentro da bacia do rio Salobra, a formação encontra-se em áreas de morraria, nas proximidades do final do médio curso e início do baixo curso.

5.1.4.5 Savana Estépica Parque

Uma característica desta formação é a presença de gramíneas contínuas, que revestem o solo e que secam em longos períodos de estiagem. As árvores aparecem mais ou menos espaçadas, com características: altura baixa, folhas verdes, com tronco sinuoso e com a casca grossa que em modo geral queima todos os anos (BRASIL, 1982).

Essa formação aparece no estado de Mato Grosso do Sul principalmente nas áreas areníticas. Dentro da bacia hidrográfica a formação apresenta-se no baixo curso, após a saída das morrarias.

5.1.4.6 Savana Arborizada

Segundo Brasil (1982), a Savana Arborizada também é conhecida como Cerradão. Essa formação tem maior expressão revestindo rochas do Pré-cambriano. Este é comum no Pantanal e nas áreas conhecido popularmente como pé de Serra. Por muitas vezes pode ser confundido com a Floresta Estacional, pois a copa das árvores fecha os espaços entre elas.

Entretanto, os pesquisadores ao adentrar a formação observaram que as árvores são relativamente espaçadas o que permite a circulação sem muita dificuldade. Além das regiões e formações fitogeográficas, a bacia hidrográfica do rio Salobra abarca a porção norte do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, que será apresentado no tópico a seguir.

5.1.5 Parque Nacional da Serra da Bodoquena

Segundo Corrêa (1995) as Reservas da Biosfera abrangem ecossistemas representativos, buscando alternativas de desenvolvimento humano de modo sustentável, sendo compatível ao ambiente com propósito de conservar a biodiversidade.

As reservas são geridas por um Conselho Deliberativo que é formado por representantes de instituições públicas, da sociedade civil, da população residente e de organizações não governamentais.

A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica na última expansão passou a sobrepor a Reserva da Biosfera do Pantanal, sendo assim o Parque Nacional da Serra da Bodoquena está em uma área de transição entre as duas reservas (ICMBIO, 2013).

De acordo com ICMBio (2013), o Parque Nacional da Serra da Bodoquena é uma categoria de manejo da Unidade de Conservação de Proteção Integral (total) sem interferência humana. Em julho de 2000 foi criada a lei nº 9.985 que trata sobre os dois grupos de Unidades de Conservação: Proteção Integral e de Uso Sustentável.

A Unidade de Conservação de Proteção Integral tem como fundamento proteger os ecossistemas, livrando-os de ações antrópicas estabelecendo o uso indireto, ou seja, sem consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos da natureza. A Unidade de Conservação de Uso Sustentável admite a exploração dos recursos naturais, respeitando o ambiente e os processos ecológicos de renovação (BRASIL, 2000).

Ainda segundo Brasil (2000), as Unidades de Conservação de Proteção Integral são constituídas das categorias de manejo:

- Estação Ecológica (EE);
- Reserva Biológica (REBIO);

- Parque Nacional (PARNA ou PN);
- Monumento Natural (MN);
- Refúgio de Vida Silvestre (RVS).

O Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Bodoquena traz informações sobre a hidrografia. Dentro do Parque encontram-se nascentes dos rios regionalmente importantes. A Serra da Bodoquena se comporta como uma grande “esponja” que capta e armazena as águas pluviais, garantindo a perenidade de rios como: Salobra, Perdido, Formoso, Prata, Branco e Aquidabã.

Os rios Salobra, Formoso e Prata são tributários do Miranda, um rio de grande importância ambiental, econômica e social, que abastece o sul do Pantanal. Os rios Branco e Aquidabã deságuam diretamente no Paraguai (ICMBIO, 2013 p.20).

Segundo Sallun Filho et al. (2004) há possibilidade da existência de grandes sistemas de cavernas que estão inundadas. Porém, as explorações e mapeamentos ainda estão em fase inicial. O que se sabe é que a dinâmica das águas do subsolo na Serra da Bodoquena é pouco conhecida.

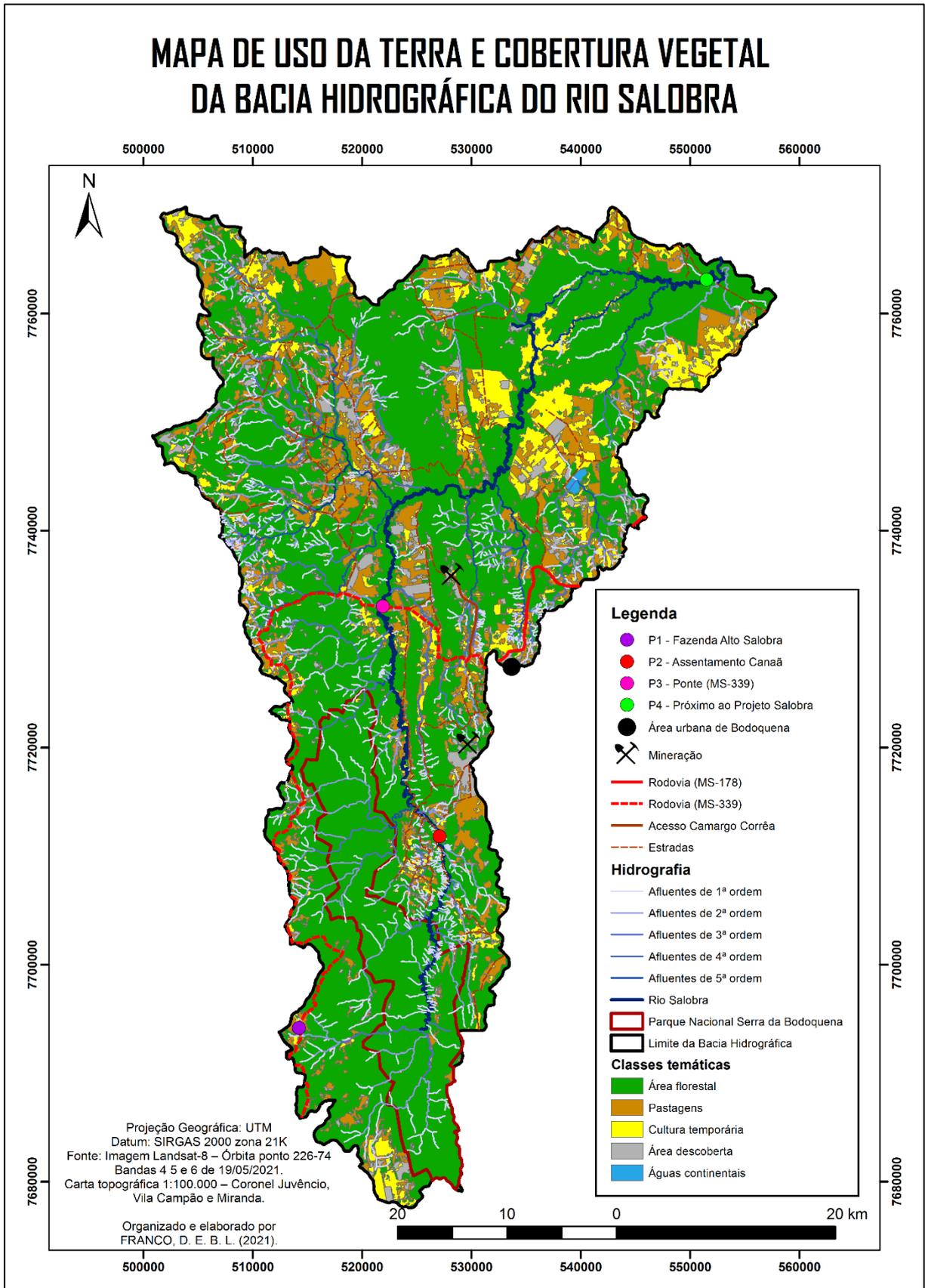
Para Boggiani (1999), a conservação da região da Serra da Bodoquena, especialmente do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, é de extrema necessidade para a continuidade da atividade turística das áreas de entorno, pois o desmatamento compromete a manutenção dos recursos naturais utilizados como atrativos turísticos na região

Segundo ICMBio (2013) dentro do Parque Nacional da Serra da Bodoquena os ambientes e vegetações que podem ser encontrados e observados são: Brejo permanentemente inundado; Brejo estacionalmente inundado; Floresta estacional em área plana – dossel contínuo; Floresta estacional em área plana – dossel descontínuo; Floresta estacional submontana em encostas; Afloramentos rochosos com arbustos e outras formas de vegetação; Mata ciliar com taquaral (dominante ou não); Mata ciliar sem taquaral; Floresta estacional sobre afloramento rochoso; Mata ciliar sobre relevo em “V”; Afloramento rochoso com bromélias; Matas entremeadas por formações arbustivas; Ambientes cavernícolas secos e Ambientes cavernícolas alagados e ambientes aquáticos. Isso mostra a riqueza biogeográfica e a geodiversidade importante para conservação na Serra da Bodoquena.

5.2 Análise do uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica

As classes de uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Salobra serão apresentadas no mapa da figura 8. Para um melhor detalhamento da área, a tabela 8 e a figura 7 apresentarão a área das classes em km² e em percentual.

Figura 7 – Uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Salobra (Imagem Landsat-8 de 19/05/2021).



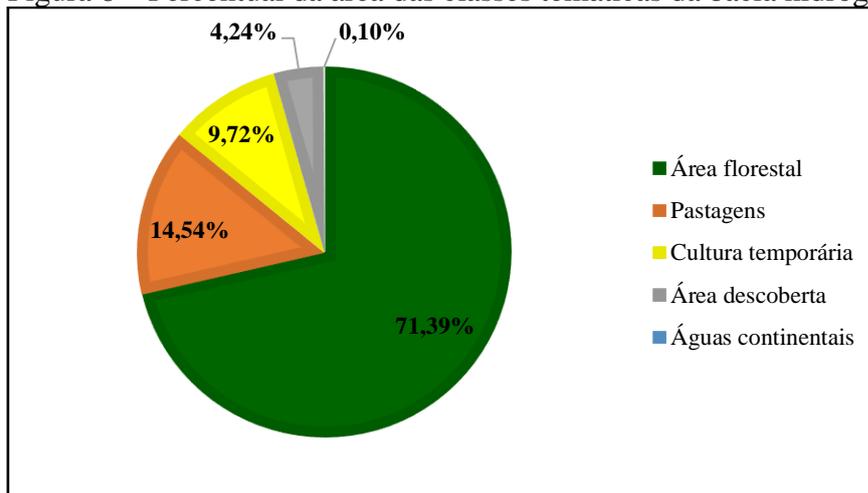
Fonte: o próprio autor.

Tabela 8 – Área das classes temáticas da bacia hidrográfica.

Classe temática	Área (km ²)	Área (%)
Área florestal	1.677,24	71,39
Pastagens	341,74	14,54
Cultura temporária	228,40	9,72
Área descoberta	99,72	4,24
Águas continentais	2,35	0,10
Total	2.349,45	100,00

Fonte: o próprio autor.

Figura 8 – Percentual da área das classes temáticas da bacia hidrográfica.



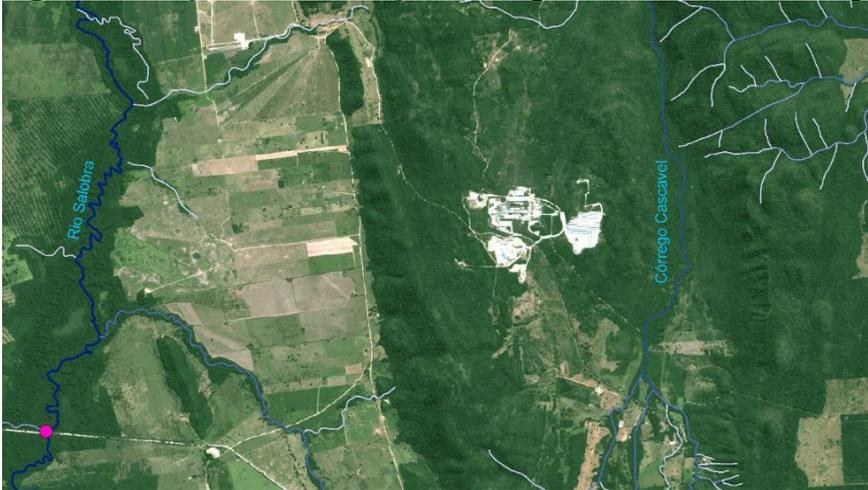
Fonte: o próprio autor.

A bacia hidrográfica apresenta grandes áreas florestais, com (71,39%) da área total da bacia. Este fato não se dá pela preservação ocorrida, mas pelas características físicas (morrarias, serras e escarpas) que dificultam a exploração extensiva, principalmente na área do Parque Nacional da Serra da Bodoquena.

A poucos quilômetros da cidade de Bodoquena (que está no divisor de águas da bacia hidrográfica), encontra-se duas áreas de mineração. A primeira é a empresa Camargo Corrêa, que está mais ao norte da área urbana. E a segunda é a empresa Horii, ao sul da área urbana.

As mineradoras fazem extração de sílica e calcário, componentes para a fabricação de cimento. Próximo aos conjuntos de edificações industriais, encontra-se uma área de extração mineral nas rochas da formação Bocaina. Observa-se que as duas mineradoras estão próximas à canais tributários do rio Salobra (figura 9 e 10), ou seja, seu uso pode interferir no equilíbrio do sistema ambiental.

Figura 9 – Empresa de mineração Camargo Corrêa na bacia hidrográfica do córrego Cascavel.



Fonte: CBERS-4A – resolução espacial de 8 m (01/05/2021).

Figura 10 – Lavra da mineradora Horií próximo as nascentes da bacia hidrográfica do córrego Campina.



Fonte: CBERS-4A – resolução espacial de 8 m (01/05/2021).

A maior parte das áreas de pastagem encontra-se em áreas com topografia as mais planas, o que favorece o seu uso. No entanto, dentro do Assentamento Canaã existem algumas áreas descampadas nos morros, onde se observa a presença de gado bovino (figura 11). A pastagem representa a segunda maior classe com (14,54%) de área.

Nas proximidades do limite da bacia hidrográfica à leste na rodovia (MS-339), que dá acesso à Morraria do Sul, é observado a presença de áreas abertas no planalto (borda da bacia). Essas áreas se dividem entre pastagens e cultura temporária de grãos e estão à beira da estrada sem delimitação por cercas. Isso faz com que o gado bovino circule livremente próximo à rodovia não pavimentada.

Figura 11 – Morro com áreas de pastagens e criação de gado bovino no Assentamento Canaã.



Fonte: o próprio autor (agosto de 2021).

No extremo sul da bacia hidrográfica, encontram-se as culturas temporárias. Ao longo de toda bacia hidrográfica há áreas descobertas, que são áreas de solo exposto no período de preparação do solo para o plantio. As classes de cultura temporária e solo exposto correspondem à (9,72%) e (4,24%) de área respectivamente.

No médio e baixo curso do rio, mais ao norte da bacia hidrográfica, encontra-se uma maior concentração de estradas que dão acesso às fazendas e assentamentos dos municípios de Bodoquena e Miranda. Por isso, há grandes áreas de pastagens. Percebe-se que muitos canais tributários intermitentes passam por áreas de pastagem sem mata ciliar.

Na direção nordeste da bacia hidrográfica, próximo a uma lagoa natural que sofreu alterações por ação antrópica, encontra-se uma área de cultura temporária irrigada. As águas advindas do rio Salobra e da lagoa em si são utilizadas no cultivo.

Na porção central da bacia hidrográfica, observa-se uma linha vertical de área florestal. Esta área se dá pela presença de morrarias que cortam a bacia no sentido norte-sul. O rio Salobra corta esta área desgastando a rocha e levando os sedimentos ao baixo curso.

No baixo curso, o rio Salobra se divide em um leque aluvial. Esse fenômeno ocorre em áreas com pouca declividade como no Pantanal (rio Taquari). Por ser uma área plana e com solo suscetível à saturação em períodos chuvosos, o local está bem preservado com áreas florestais (figura 12), mas em alguns trechos observa-se áreas abertas.

Figura 12 – Área de planície da confluência entre o rio Salobra e o rio Miranda (ao fundo parte das Elevações Residuais de MS - Miranda)



Fonte: o próprio autor (abril de 2021).

As áreas descobertas, que estão distribuídas em toda a área, em sua maioria são de solo que está sendo preparado para semeadura (figura 13), ou solo exposto por consequência de pastagens secas em período de estiagem.

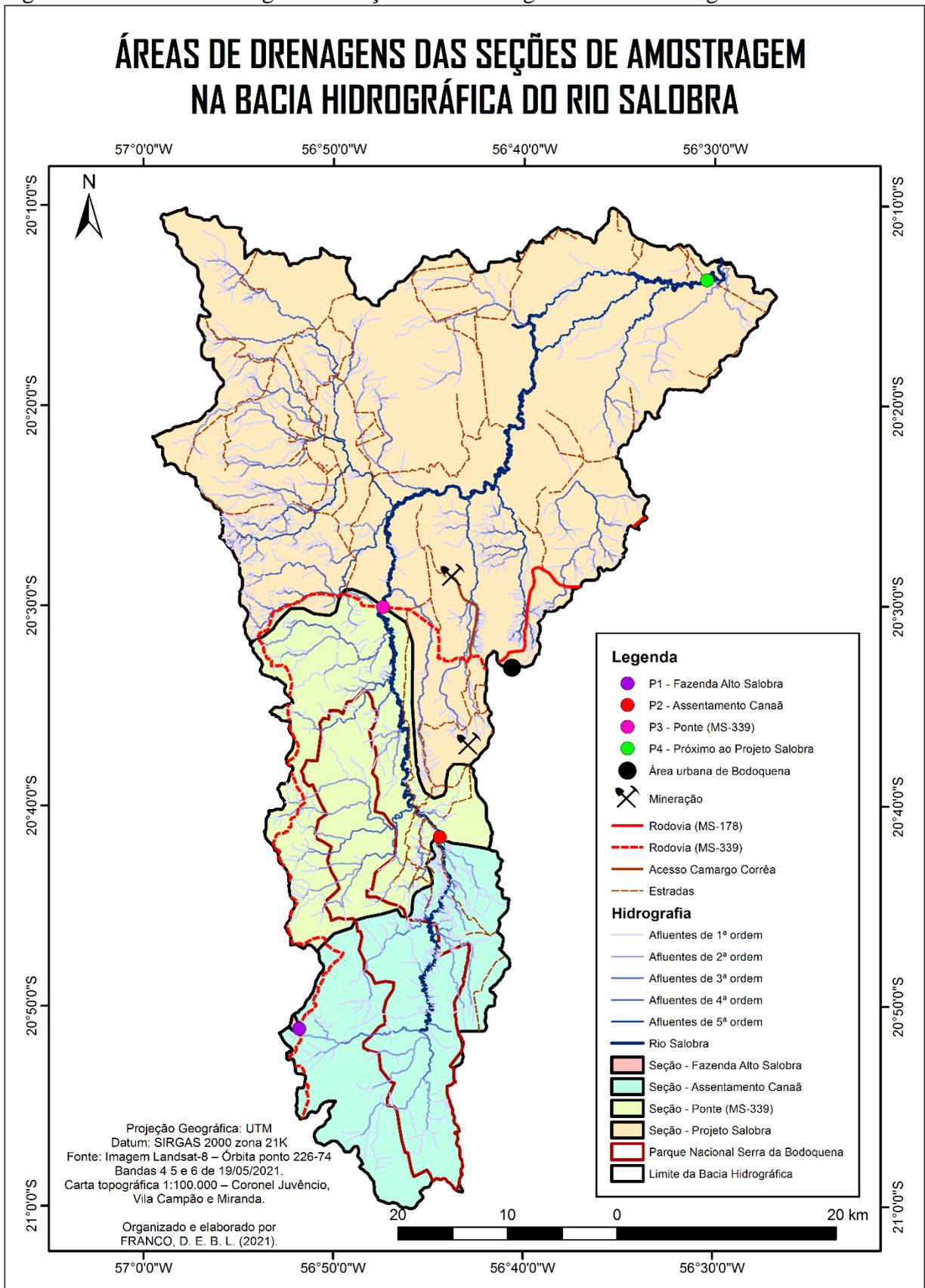
Figura 13 – Áreas de solo exposto após a colheita de soja no planalto da Serra da Bodoquena.



Fonte: o próprio autor (abril de 2021).

Para uma melhor interpretação dos dados referentes ao uso da terra, e sua influência nos resultados das características físicas, químicas e biológicas da água, a área dos 4 pontos de amostragem foram divididas em 4 seções à montante do ponto analisado. Sendo assim, a figura 14 apresenta o mapa das seções da bacia hidrográfica.

Figura 14 – Áreas de drenagens das seções de amostragem na bacia hidrográfica do rio Salobra.



Fonte: o próprio autor.

- **Seção – Fazenda Alto Salobra**

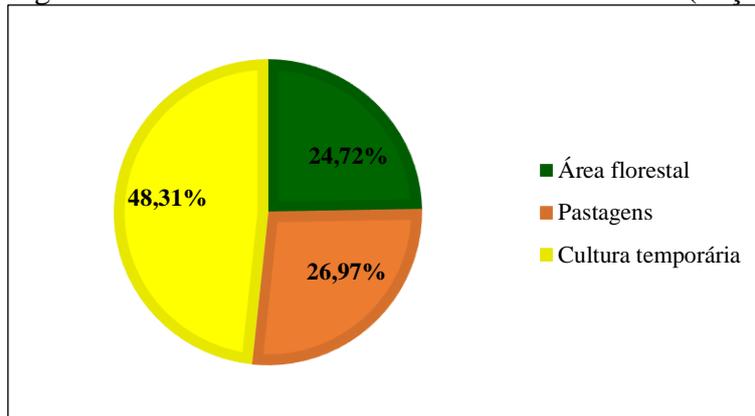
A tabela 9 e figura 15 apresentam o percentual da área das classes de uso da terra e cobertura vegetal na seção analisada à montante do ponto (P1) de amostragem de água.

Tabela 9 – Área das classes temáticas (Seção - Fazenda Alto Salobra).

Classe temática	Área (km ²)	Área (%)
Cultura temporária	0,43	48,31
Pastagens	0,24	26,97
Área florestal	0,22	24,72
Área descoberta	-	-
Águas continentais	-	-
Total	0,89	100,00

Fonte: o próprio autor.

Figura 15 – Percentual da área das classes temáticas (Seção - Fazenda Alto Salobra).



Fonte: o próprio autor.

Nota-se que grande parte da área foi antropizada, para implantação de áreas de cultura temporária (48,31%) e pastagens (26,97%). A classe área florestal representa a menor porção com 24,72% de área na seção. Essas características podem influenciar diretamente nos resultados dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água.

- **Seção – Assentamento Canaã**

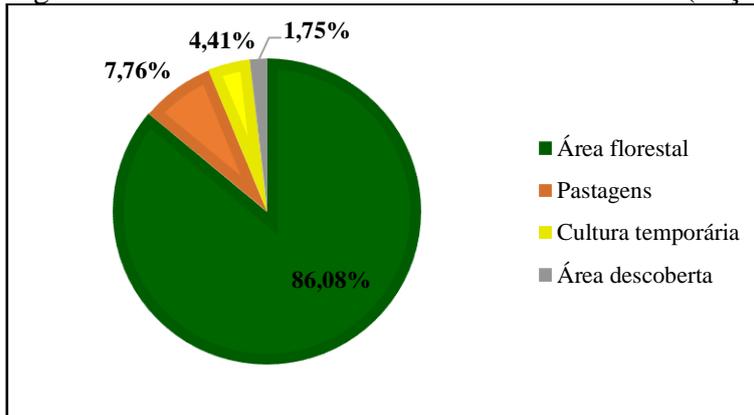
A tabela 10 e figura 16 apresentam o percentual da área das classes de uso da terra e cobertura vegetal na seção analisada à montante do ponto (P2) de amostragem de água.

Tabela 10 – Área das classes temáticas (Seção - Assentamento Canaã).

Classe temática	Área (km ²)	Área (%)
Área florestal	350,48	86,08
Pastagens	31,59	7,76
Cultura temporária	17,97	4,41
Área descoberta	7,13	1,75
Águas continentais	-	-
Total	407,17	100,00

Fonte: o próprio autor.

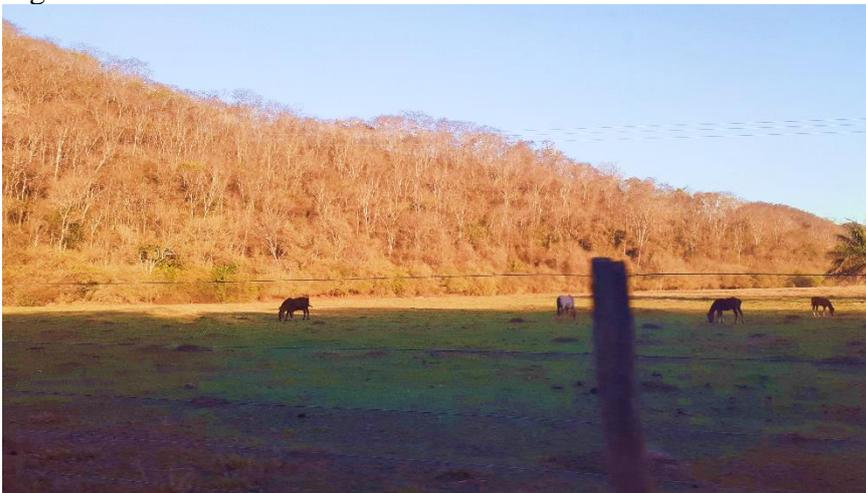
Figura 16 – Percentual da área das classes temáticas (Seção - Assentamento Canaã).



Fonte: o próprio autor.

Diferentemente da seção anterior, a classe de maior proporção é a área florestal com (86,08%). Isso revela que a maior parte dessa seção está em condições naturais e com pouca interferência humana. O uso antrópico de maior relevância é as áreas de pastagens com (7,76%). Logo após, vem a cultura temporária com (4,41%). São porcentagens baixas, mas dependendo da localização da área e do manejo, podem acarretar alterações na composição das águas superficiais. E por último, a classe de área descoberta representa (1,75%) de área. Embora o percentual de área florestal seja alto, nessa área destaca-se trechos com ausência de mata ciliar no rio Salobra (figura 17) e processos erosivos nas margens.

Figura 17 – Trecho do rio Salobra sem mata ciliar no Assentamento Canaã.



Fonte: o próprio autor (agosto de 2021).

- **Seção – Ponte (MS-339)**

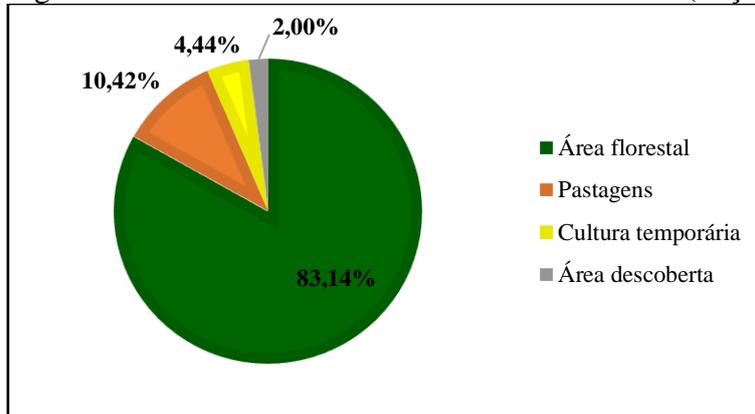
A tabela 11 e a figura 18 apresentam o percentual da área das classes de uso da terra e cobertura vegetal na seção analisada à montante do ponto (P3) de amostragem de água.

Tabela 11 – Área das classes temáticas (Seção - Ponte MS-339).

Classe temática	Área (km ²)	Área (%)
Área florestal	337,89	83,14
Pastagens	42,36	10,42
Cultura temporária	18,03	4,44
Área descoberta	8,14	2,00
Águas continentais	-	-
Total	406,42	100,00

Fonte: o próprio autor.

Figura 18 – Percentual da área das classes temáticas (Seção - Ponte MS-339).



Fonte: o próprio autor.

Assim como na seção anterior, a classe de maior relevância é a área florestal com (83,14%). Na sequência, as áreas de pastagens representam (10,42%). A área de cultura temporária apresentou porcentagem próxima à da seção anterior, com (4,44%). Por último, a área descoberta com menor proporção (2%). Essas áreas correspondem aos afloramentos rochosos na Serra da Bodoquena e ao solo exposto.

- **Seção – Projeto Salobra**

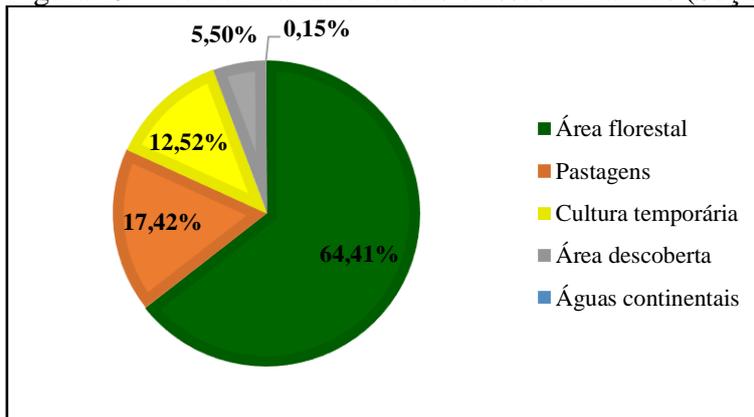
A tabela 12 e figura 19 apresentam o percentual da área das classes de uso da terra e cobertura vegetal na seção analisada à montante do ponto (P4) de amostragem de água.

Tabela 12 – Área das classes temáticas (Seção - Projeto Salobra).

Classe temática	Área (km ²)	Área (%)
Área florestal	987,93	64,41
Pastagens	267,13	17,42
Cultura temporária	192,02	12,52
Área descoberta	84,40	5,50
Águas continentais	2,35	0,15
Total	1.533,83	100,00

Fonte: o próprio autor.

Figura 19 – Percentual da área das classes temáticas (Seção - Projeto Salobra).



Fonte: o próprio autor.

Nessa seção, no baixo curso da bacia hidrográfica, o uso antrópico novamente ganha espaço. A área florestal apresenta (64,41%) e as áreas de pastagens e cultura temporária (17,42%) e (12,52%) de área respectivamente. Vale ressaltar que nessa seção ocorre uma área de cultura irrigada próximo ao rio Salobra. A classe área descoberta soma (5,50%) e corresponde ao solo exposto aberto para plantio e pastos secos. A menor classe representada é a de águas continentais com (0,15%) da área dessa seção. Este equivale as lagoas presentes próximas a área de cultura irrigada.

5.2.1 Áreas de Preservação Permanente

A seguir na figura 20, pode-se observar a presença da porção norte do Parque Nacional da Serra da Bodoquena localizado ao sul da bacia hidrográfica e as Áreas de Preservação Permanente às margens da rede de drenagem e no topo dos morros.

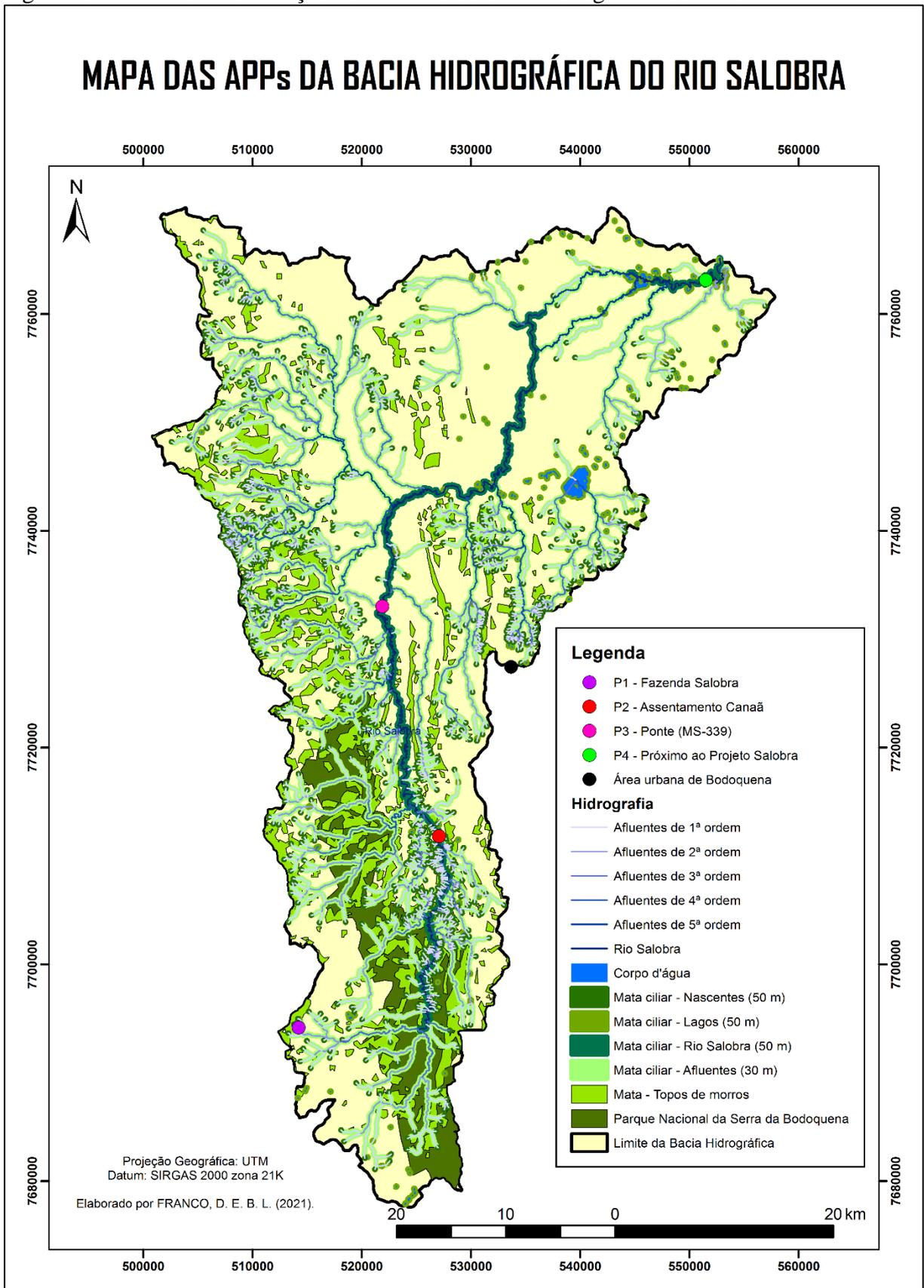
Neste contexto, é relevante que em estudos ambientais as Áreas de Preservação Permanente (APP) sejam levantadas, apresentando a sua importância para proteção dos ecossistemas. As áreas de conservação são diferenciadas pelo Código Florestal Brasileiro de 2012 (lei nº 12.651).

Esta estabelece que a APP são áreas que podem ser cobertas ou não por vegetação nativa. Ela tem a função de preservar permanentemente os recursos hídricos, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e trazer qualidade de vida para as populações humanas (EMBRAPA, 2003).

Ainda segundo Embrapa (2003 p.2) este conceito

[...] emerge do reconhecimento da importância da manutenção da vegetação de determinadas áreas - as quais ocupam porções particulares de uma propriedade, não apenas para os legítimos proprietários dessas áreas, mas, em cadeia, também para os demais proprietários de outras áreas de uma mesma comunidade, de comunidades vizinhas, e, finalmente, para todos os membros da sociedade.

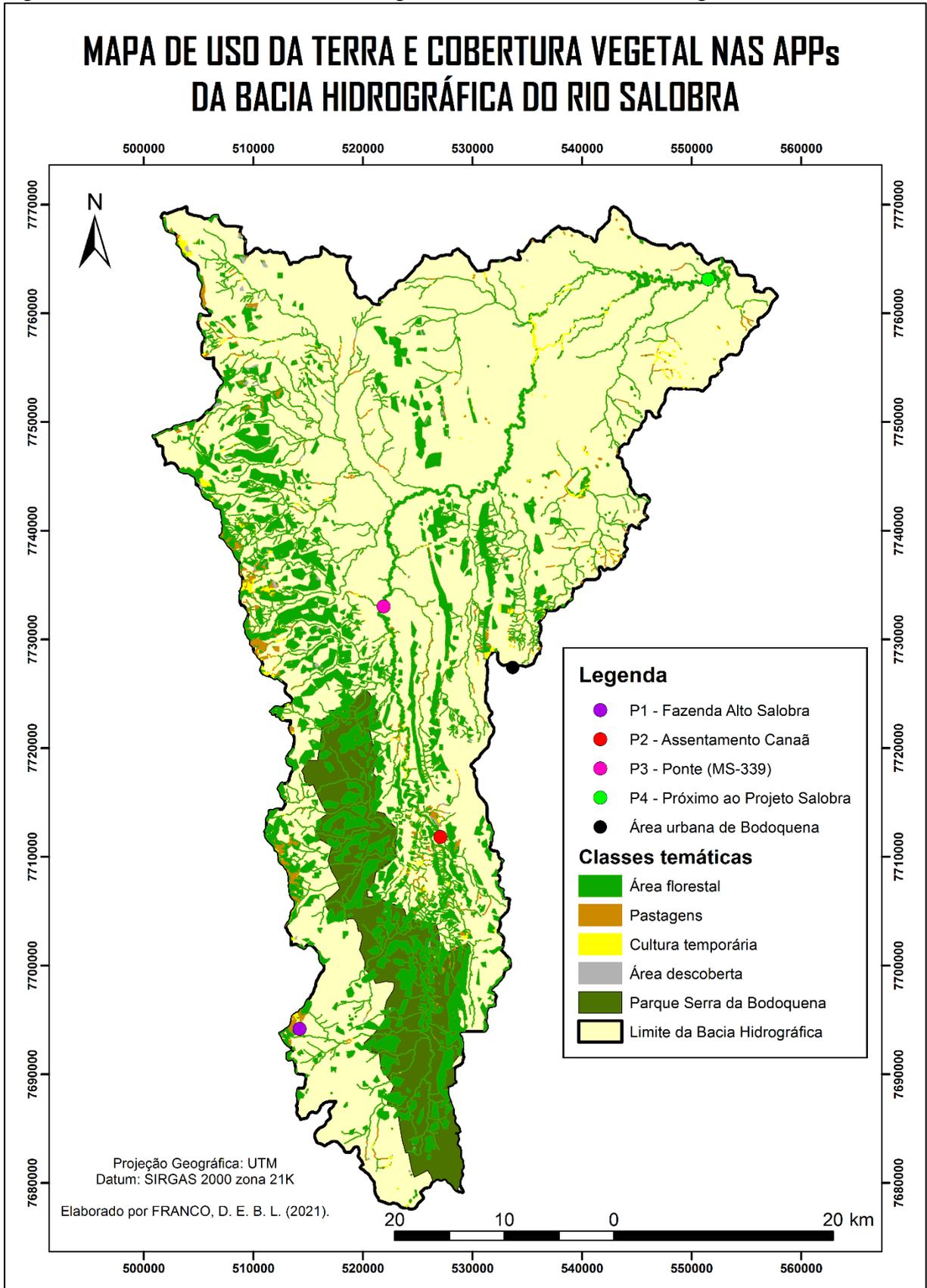
Figura 20 – Áreas de Preservação Permanente da bacia hidrográfica do rio Salobra.



Fonte: o próprio autor.

A figura 21 apresenta o uso da terra e cobertura vegetal dentro das APPs.

Figura 21 – Uso da terra e coberuta vegetal nas APPs da bacia hidrográfica do rio Salobra.



Fonte: o próprio autor.

Ao observar o mapa de uso da terra e cobertura vegetal dentro das APPs da bacia hidrográfica na figura 21 anteriormente, nota-se que há trechos de canais tributários do Salobra que apresentam áreas não florestais e partes antropizadas. Após o Assentamento Canaã, o rio Salobra no médio curso tem seções com acentuada ausência de mata ciliar nas margens. A tabela 13 apresenta a área de cada classe de uso da terra e cobertura vegetal nas APPs.

Tabela 13 – Área das classes temáticas nas APPs.

Classe temática	Área (km²)	Área (%)
Área florestal	391,87	88,53%
Pastagens	26,05	5,89%
Cultura temporária	15,24	3,44%
Área descoberta	7,20	1,63%
Águas continentais	2,28	0,52%
Total	442,64	100,00

Fonte: o próprio autor.

A classe de área florestal é a maior representada dentro das APPs com (88,53%) de área. A segunda classe é a de pastagens com (5,89%) de área, ou seja, as áreas de preservação (topo de morros e mata ciliares) antropizadas, são para criação de gado. Na sequência observa-se a classe de cultura temporária com (3,44%) de área. As áreas descobertas e de águas continentais possuem áreas pequenas, representando (1,63%) e (0,52%) de área respectivamente.

Dentro do próprio Parque Nacional da Serra da Bodoquena ocorre áreas não florestais. Este é um dado importante para compreender os processos que envolvem o desmatamento por ação antrópica ou áreas abertas por causas naturais (rocha exposta).

Nas proximidades da foz, na região em que o rio Salobra forma um leque aluvial, uma área com ambiente rico em biodiversidade, também há falta de mata ciliar. Na maioria dos casos esse desmatamento se dá pela abertura de áreas de pastagem e o uso inadequado deixando o solo exposto.

O senso comum de residentes que se localizam nas proximidades de córregos e rios, muitas vezes não detém o conhecimento da importância da mata ciliar para a saúde do canal fluvial, e de que essas áreas são protegidas por lei.

Ocupações irregulares vêm causando diversos impactos na rede de drenagem. De acordo com Poletto (2014, p.39):

a primeira se refere ao risco que estas populações enfrentam por viverem nesses locais, onde as enchentes se tornam cada vez mais frequentes. A segunda refere-se aos impactos negativos causados ao ambiente fluvial, ocasionados pela retirada da mata ciliar e pelo lançamento direto de efluentes domésticos e resíduos sólidos dentro dos corpos d'água.

5.3 Características dos pontos de amostragem e implicações do uso no entorno

Considerando que as características do sistema ambiental nos respectivos pontos de coleta implicam diretamente nos resultados, optou-se por abordar de forma detalhada os 4 locais delimitados para coleta de água.

- **Ponto 1 – Fazenda Alto Salobra**

O ponto 1 (P1) é localizado pelas coordenadas geográficas 20°50'44" S e 56°51'44" W, numa propriedade privada no planalto da Serra da Bodoquena, ao sul da bacia hidrográfica. Esta nascente faz parte de um conjunto de canais tributários do rio Salobra (figura 22).

Figura 22 – Nascente de canal afluente do rio Salobra.



Fonte: o próprio autor (agosto de 2021).

O acesso é possível, pois a propriedade privada não contém demarcações por cercas e a estrada MS-339 corta a propriedade. A campo observa-se que na área o uso da terra é de cultura temporária e pastagens (figura 23). Inferimos que o canal é utilizado para dessedentação de gado bovino, pois não se encontra mata ciliar adequada as margens do corpo hídrico.

Figura 23 – Pastagens na Fazenda Alto Salobra.



Fonte: o próprio autor (abril de 2021).

O (P1) está localizado geologicamente na formação Bocaina. Observando as formas do relevo nota-se a altitude elevada na Serra da Bodoquena com (592 m), além disso, o ponto está próximo ao limite da bacia hidrográfica na porção sudoeste. A vasta concentração de canais intermitentes ao longo do tempo vem dissecando o solo e a rocha, assim modelando o ambiente.

O solo nas localidades do (P1) é classificado como chernossolo rênzico, ou seja, um solo rico em matéria orgânica e coloração escura no seu corpo. Assim como foi definido anteriormente, as camadas superficiais podem possuir alto teor de argila e serem avermelhadas. A campo foi possível notar essa característica física.

Com a vista panorâmica da área observou-se que no topo dos morros ainda se encontra vegetação da Floresta Estacional Semidecidual e Decidual. Por conta das características naturais de difícil acesso a área do Parque Nacional da Serra da Bodoquena está preservada. O uso do solo nas margens da rodovia MS-339 é predominantemente de cultura temporária, pastagem, e em poucos, casos agricultura familiar como na Morraria do Sul.

- **Ponto 2 – Assentamento Canaã**

O ponto 2 (P2) localiza-se nas coordenadas geográficas 20°41'76" S e 56°44'94" W, numa propriedade privada no Assentamento Canaã (figura 24). Na rodovia MS-178 a 5,3 km de Bodoquena encontra-se a estrada que dá acesso ao assentamento, conhecido popularmente como Refúgio Canaã – nome de uma pousada. Este local é um forte atrativo turístico da região, inclusive por ter uma cachoeira denominada Boca da Onça, ambos no rio Salobra

O (P2) está no vale da Formação Bocaina (159 m de altitude), que representa a Serra de Bodoquena geomorfologicamente. Por isso, as características do relevo são bem marcantes com serras, morrarrias e estradas estreitas que foram abertas para dar acesso aos moradores locais.

Figura 24 – Rio Salobra em propriedade privada no Assentamento Canaã.



Fonte: o próprio autor (abril de 2021).

O assentamento possui diversas estradas vicinais que dão acesso às propriedades privadas e uma delas perpassa paralelamente ao rio Salobra. Ao final da estrada encontra-se uma cachoeira conhecida popularmente como Boca da Onça.

Sobre o solo, a área da Serra da Bodoquena em sua maioria é composta de solos classificados como chernossolo rëndzico. Este solo apresenta características que o torna muito fértil possuindo alto teor de minerais em seu perfil, no entanto, na Serra da Bodoquena os solos possuem uma resistência à fixação das raízes de árvores nos horizontes inferiores o que o classifica como MDo, ou seja, chernossolo rëndzico órtico saprólitico.

Essa resistência existe por causa da presença de rochas próxima a superfície. Mesmo assim, o solo ainda se torna útil para seu uso. Os moradores encontraram uma forma de abrir áreas para pastagem na serra, para criação de gado bovino.

Vale ressaltar que em áreas com relevo acidentado o solo se torna fácil à erosão. Em diversos locais foi possível observar que ocorre a movimentação de solo para o canal fluvial, bem como os minerais de carbonato de cálcio advindo das rochas da Formação Bocaina.

Assim como foi apresentado na figura 8 do mapa de uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Salobra, observa-se uma grande área aberta que representa o Assentamento Canaã. Portanto, o uso da terra é predominantemente para pecuária.

Sobre a Área de Preservação Permanente, o rio Salobra possui mata ciliar nas proximidades do (P2), mas a metragem da mata é insuficiente na maioria dos trechos (figura 25). Além disso, várias residências e currais encontram-se em áreas de APP muito próximas ao canal. Com o passar do tempo as casas podem ser condenadas por estar sobre uma área que sofre com processos erosivos.

Figura 25 – Banco de areia no rio Salobra e margem esquerda do canal sem mata ciliar



Fonte: o próprio autor (agosto de 2021).

As águas neste ponto são cristalinas por conta da dissolução de calcário em seu corpo. Contudo, em períodos chuvosos a água se torna turva por conta do carreamento de sedimentos advindos das serras e morrarias. Observando o período da chuva, o leito do rio sobe rapidamente por conta da grande concentração de canais tributários ao canal principal. Porém, pouco tempo depois da chuva cessar, a coloração da água se torna cristalina novamente, pois os sedimentos e o material em suspensão na água são decantados para o leito do canal.

- **Ponto 3 – Ponte (MS-339)**

O ponto 3 (P3) está localizado pelas coordenadas geográficas 20°30'12" S e 56°47'24" W sob a ponte do rio Salobra na MS-339 que dá acesso a comunidade da Morraria do Sul em Bodoquena e a cidade de Bonito. A estrada corta a Serra de Bodoquena no sentido leste-oeste e depois no sentido norte-sul contornando as morrarias no extremo oeste do município de Bodoquena, nas proximidades do limite com o município de Porto Murtinho.

As características da paisagem são distintas dos pontos (P1) e (P2). Neste ponto inicia-se a Depressão Setentrional da Bodoquena (135 m de altitude), ou seja, uma depressão relativa à Serra da Bodoquena. A forma de relevo e as características naturais e antropizados podem ser observadas na figura 26 a seguir.

Figura 26 – Serra da Bodoquena e Depressão Setentrional da Bodoquena.



Fonte: o próprio autor (abril de 2021).

De acordo com o Mapa Geológico, já apresentado anteriormente, o (P3) está entre o limite da Formação Bocaina que representa a Serra da Bodoquena e a Fácies do Pantanal que é uma área de deposição aluvionar. Presencialmente é notável as diferenças no relevo e consequentemente, na geologia local.

Neste ponto é observado que água do rio flui mais lentamente comparado aos pontos anteriores (figura 27). Esse fenômeno é explicado através da topografia. Nas cabeceiras a

altitude é muito superior chegando a mais de 700 m. Quanto maior a declividade, mais retilíneo é o canal e as águas fluem mais rapidamente. Ao chegar em um relevo plano, com pouca diferença altimétrica, o rio tende a se tornar mais sinuoso, diminuindo sua velocidade.

Figura 27 – Rio Salobra na porção central da bacia hidrográfica (médio curso).



Fonte: o próprio autor (abril de 2021).

Vale ressaltar que o rio Salobra possui duas características bem definidas. A de escavação (erosão) nas áreas de morrarias e de deposição de sedimentos nas áreas de planície. Neste caso o (P3) está em uma área predominantemente de deposição.

Sobre a vegetação, nota-se que ainda resta uma porção expressiva de mata ciliar neste ponto (figura 28), porém com características de vegetação secundária (*Bambusa oldhamii*) predominantemente. Mas, contrastando com a área preservada ocorre áreas desmatadas para pecuária com muita expressividade, tanto à montante quanto à jusante do ponto.

Figura 28 – Ponte sobre o rio Salobra (MS-339).



Fonte: o próprio autor (abril de 2021).

O solo que predomina na área é o vertissolo háplico. Este solo não possui características propícias para agricultura favorecendo seu uso para pastagem. Sendo assim, esse é um fator que

determina a presença de áreas de pastagem no local. Muito próximo ao (P3), na margem esquerda do rio encontra-se uma faixa de planossolo nátrico com as mesmas características presentes no (P4). As informações sobre os solos foram abordadas em detalhe anteriormente no capítulo 4.

- **Ponto 4 – Próximo ao Projeto Salobra**

É possível localizar o ponto 4 (P4) através das coordenadas geográficas 20°13'43" S e 56°30'05" W a (112 m de altitude). Esse ponto está em uma área de difícil acesso por conta das características naturais. O acesso ao local se dá pela BR-262 que corta o estado de Mato Grosso do Sul de leste-oeste. Após passar pela área urbana de Miranda, a aproximadamente 15 km encontra-se a comunidade Salobra, um distrito que fica próximo à rodovia a margem esquerda.

Na comunidade Salobra existem estradas vicinais que dão acesso a fazendas e propriedades particulares na área rural. Grande parte das propriedades utiliza o rio Salobra ou “Salobrinha” conhecido popularmente, como um recurso natural para fomentar o turismo. Uma delas é o Projeto Salobra que tem acesso ao rio.

A estrada utilizada para ter acesso ao rio (figuras 29 e 30) foi a que se encontra ao lado do acesso ao Projeto Salobra. Pode-se deduzir que a área da estrada é de domínio público e que sua função é para manutenção de dutos da TBG que passam pela área, inclusive atravessa submerso no rio.

Figura 29 – Estrada paralela ao Projeto Salobra.



Fonte: o próprio autor (abril de 2021).

Na figura 29 observa-se as marcas das rodas de automóveis no solo em períodos chuvosos, o que dificulta o acesso neste ponto. Além disso, nota-se a presença de vegetação paralela a estrada até o rio Salobra.

Figura 30 – Acesso ao rio Salobra sobre o gasoduto TBG.



Fonte: o próprio autor (abril de 2021).

Analisando a paisagem, observou-se que a área possui baixa inclinação com um relevo predominantemente plano, diferentemente das áreas de nascente que abarca planaltos e serras. No subsolo abaixo da área aberta perpassa o gasoduto TBG. Com isso, *in loco* foi observado as estacas demarcando o duto.

Por meio das imagens de satélite, dos mapas temáticos gerados, e com a comprovação *in loco* também se observou que o local possui uma extensa mata ciliar (figura 30) com uma metragem superior à da estabelecida pelo Código Florestal Brasileiro, que para o rio Salobra se enquadra na metragem de 30 m de área florestada.

Na estrada que corta a mata e que dá acesso ao rio Salobra percebe-se diversas espécies nativas, com riqueza biogeográfica e ampla presença da Bacuri (*Scheelea phalerata*) que germinaram no solo (figura 31). Ao longo do percurso percebemos a mudança do tipo de solo (figura 32).

Figura 31 – Espécies vegetais desenvolvendo-se em argissolo vermelho.



Fonte: o próprio autor (abril de 2021).

Figura 32 – Planossolo nátrico próximo ao leito do rio.



Fonte: o próprio autor (abril de 2021).

Na estrada o solo é classificado como argissolo vermelho e conforme adentramos a mata, o solo muda para o planossolo nátrico que possui uma grande quantidade de minerais e favorece o desenvolvimento de muitas espécies vegetais.

É possível distinguir claramente que as características de vegetação, relevo e hidrografia são de Pantanal. Na estação chuvosa, o solo torna-se alagável, pois uma das características do planossolo é a baixa permeabilidade. O grande volume de água do rio é extravasado para planície, saturando o solo e dificultando a drenagem local. Neste solo, foi verificada pegadas de animais como tuiuiú e onça, animais símbolo do bioma Pantanal (figura 33), o que comprova a riquíssima biodiversidade na área.

Figura 33 – Pegadas de onça-pintada às margens do rio.



Fonte: o próprio autor (abril de 2021).

Nos pontos anteriores, notamos que a água possui uma característica específica. As águas se tornam cristalinas por conta dos minerais dissolvidos que fazem com que o material

suspensão na água seja decantado para o leito do canal. Apesar disso, no (P4) a água do rio não apresenta essa característica (figura 34).

Isso acontece, pois não há mais a presença de rochas que possuem minerais necessários para realizar esse fenômeno. Somado a isso na área de transição para o Pantanal as características naturais (rochas, solos, relevo, etc.) começam a se diferenciar das características encontradas à montante.

Figura 34 – Rio Salobra próximo à foz (comunidade Salobra).



Fonte: o próprio autor (abril de 2021).

Por isso a água neste ponto se encontra mais escura semelhantemente as águas do rio Miranda com nítida presença de matéria orgânica. Outro fato relevante a ser abordado é que neste ponto ocorre a deposição de sedimentos advindos das formações geológicas à montante. Por essa razão as rochas dessa área são do período cenozoico, o mais atual na escala geológica.

5.4 Resultados das análises físicas, químicas e biológicas do rio Salobra

Segundo o CERH MS nº52, de 18 de junho de 2018, rios e córregos, afluentes do rio Miranda à jusante do ponto localizado pelas coordenadas geográficas (20° 17' 2,47" S 56° 23' 9,36" W) são classificados como Classe 2. Dentro dessa classificação enquadra-se o rio Salobra, exceto seu tributário (córrego Cascavel) classificado como Classe 3.

Segundo CONAMA (2005) as águas salobras de corpos hídricos de Classe 2 podem ser destinadas: a pesca amadora e a recreação de contato secundário.

A seguir será apresentado por meio de tabelas e gráficos os resultados das análises de água realizadas a campo e em laboratório, dos 4 pontos do rio Salobra pré-determinados (tabela 14). O rio Salobra em alguns trechos é utilizado para abastecimento em hidrossanitários, por isso, além das variáveis limnológicas, a qualidade da água será analisada para verificar o estado da água para o determinado uso.

Tabela 14 – Resultados das características físicas analisadas a campo e em laboratório.

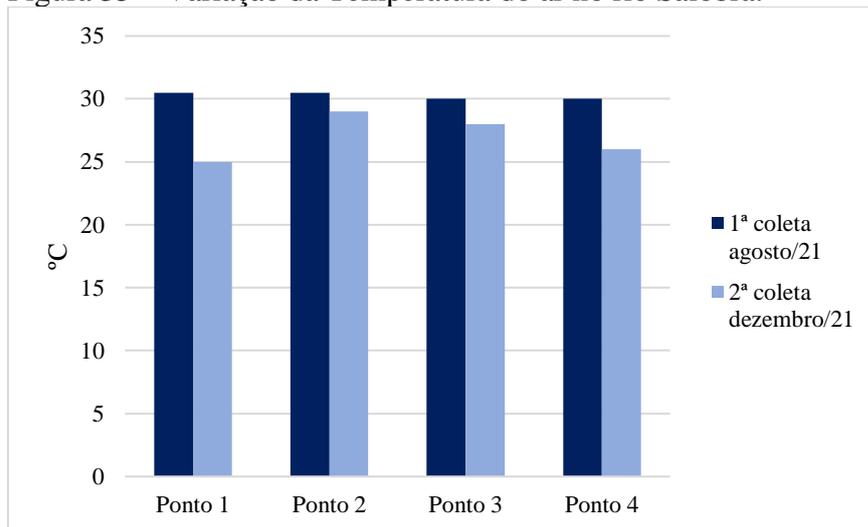
	Temperatura do Ar		Temperatura da Água		Condutividade Elétrica		Sólidos Dissolvidos totais		Turbidez	
	°C		°C		µScm		mgL		NTU	
	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta
P1	30,50	25,00	24,58	25,21	184,0	265,0	92,0	132,0	4,60	3,23
P2	30,50	29,00	25,50	27,50	196,0	237,0	98,0	119,0	1,27	0,93
P3	30,00	28,00	23,18	27,50	348,0	218,0	174,0	109,0	3,21	3,14
P4	30,00	26,00	23,39	28,00	513,0	192,0	256,0	192,0	3,60	2,09

Fonte: Coleta de dados do próprio autor.

Para fins de comparação de dados, utiliza-se os resultados dos parâmetros de: sólidos totais dissolvidos, turbidez, pH, oxigênio dissolvido, nitrogênio total, nitrato, nitrito, amônia, fósforo total e coliformes totais, realizados pelo IMASUL (2014) em 2011 no (P3) e pela equipe técnica que gerou o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Miranda em 2013 no (P4).

Ao final de agosto/21 na estação seca, no dia da coleta de água o tempo estava firme, com céu sem nuvens. Por isso, os valores de **temperatura do ar** na primeira coleta praticamente não variaram durante todo o dia (figura 35).

Figura 35 – Variação da Temperatura do ar no rio Salobra.



Fonte: o próprio autor.

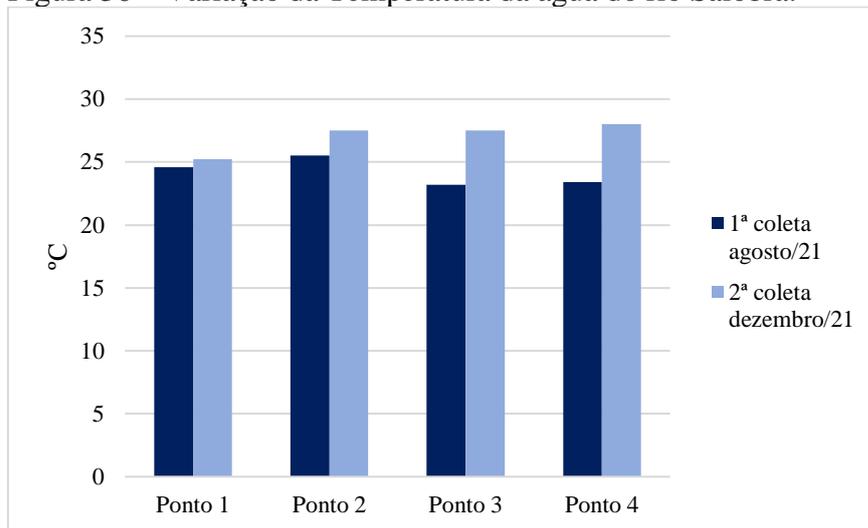
A incidência dos raios solares no corpo hídrico, revela o aumento da temperatura da água ao final do dia. Isso é notado nos (P1) e (P2), onde ambos foram mensurados no período vespertino.

No início de dezembro, período em que foi realizado a segunda coleta de água, o tempo estava favorável a chuvas. Com o céu nublado e presença de ventos a temperatura mensurada diminuiu em relação a agosto. Os valores de temperatura variaram de 25°C (P1) a 29°C (P2),

ambos no período vespertino. O que explica a queda da temperatura no (P1) é a presença de chuva durante a coleta.

Analisando o gráfico da variação da **temperatura da água** (figura 36) nas duas coletas realizadas sazonalmente, observa-se que a temperatura da água é inversamente proporcional a temperatura do ar. A primeira coleta realizada em agosto na estação seca apresentou valores variando de 23,18 °C (P3) a 25,50 °C (P2). Temperaturas inversas a segunda coleta na estação chuvosa que apresentou variação térmica de 25,21 °C (P1) a 28,00 °C (P4).

Figura 36 – Variação da Temperatura da água do rio Salobra.



Fonte: o próprio autor.

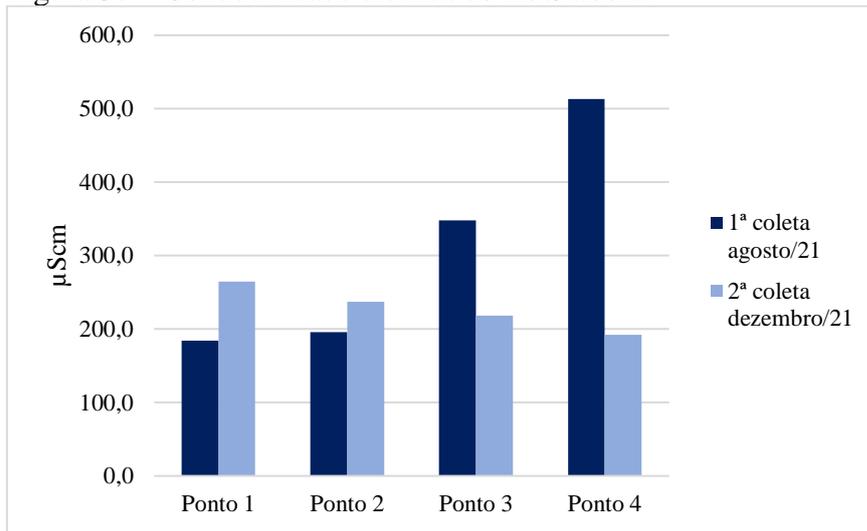
As coletas foram realizadas no sentido da foz (P4) à nascente (P1), em horários distintos durante o dia. Em função disso os valores dos (P1) e (P2) (período vespertino) são superiores aos valores do (P3) e (P4) (período matutino). O menor valor de temperatura da água na segunda coleta do (P1) se deu por causa da chuva ao final da tarde durante a aferição da temperatura *in loco* e coleta de amostras.

A temperatura da água está intimamente ligada às condições de vida no ambiente aquático em todos os níveis, como foi abordado no capítulo 4. Nota-se que em nenhum dos 4 pontos a temperatura da água apresentou valores excepcionais que chamasse a atenção para possíveis interferências de lançamentos de efluentes.

A temperatura mais fria das águas do rio Salobra se dá por consequência da presença de afloramentos rochosos e rochas do subsolo que armazenam a água em seu interior.

Os valores de **condutividade elétrica** (figura 37) na primeira coleta variaram de 184 μScm (P1) a 348 μScm (P4) de modo crescente em todos os pontos. Os valores do mesmo parâmetro na segunda coleta variaram de 192 μScm (P4) a 265 μScm (P1), de modo decrescente em todos os pontos, sendo o inverso da primeira coleta.

Figura 37 – Condutividade elétrica do rio Salobra.

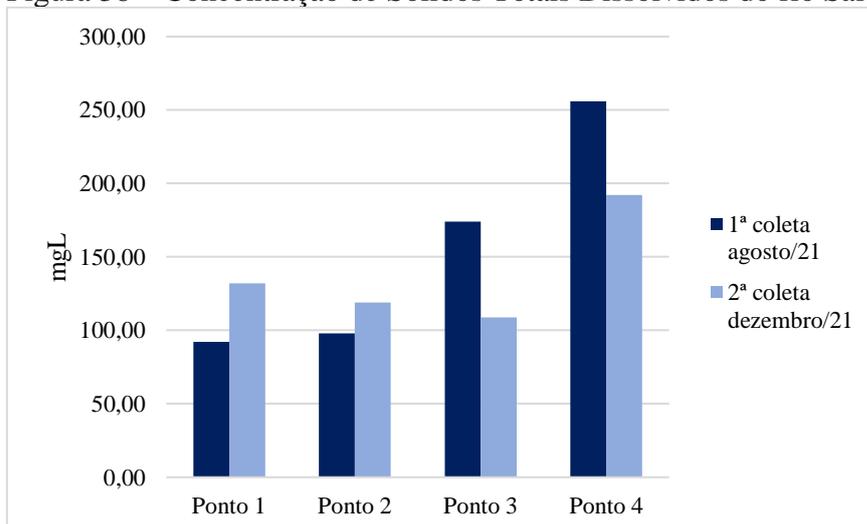


Fonte: o próprio autor.

Nos (P3) e (P4) os valores de CE na primeira coleta são superiores aos (P1) e (P2), por apresentar topografias planas, onde ocorre a deposição de sedimentos e uma maior concentração de minerais presentes na água. Isso se dá pela característica do solo (planossolo nátrico) e ausência de afloramentos rochosos de calcário, que aumentam os sólidos totais dissolvidos e turbidez. Na segunda coleta os valores de condutividade elétrica são inferiores ao da primeira coleta por consequência das chuvas. As chuvas aumentam o volume de água, promovendo a diluição desse material, e conseqüentemente diminuindo a condutividade elétrica.

O parâmetro de **sólidos totais dissolvidos** apresentou valores proporcionais ao da condutividade elétrica na primeira coleta (figura 38). Os valores variaram de 92 mgL (P1) a 256 mgL (P4). Entretanto, na segunda coleta a variação foi de 109 mgL (P3) a 192 mgL (P4).

Figura 38 – Concentração de Sólidos Totais Dissolvidos do rio Salobra.



Fonte: o próprio autor.

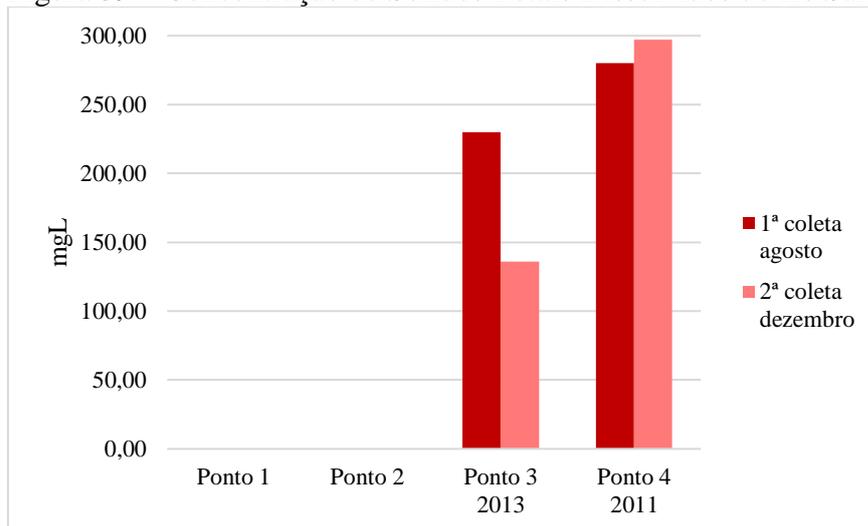
Observando o gráfico, é possível notar a inversão proporcional nos períodos seco e chuvoso. No (P1) a concentração de materiais orgânicos e inorgânicos na água é menor do que no período chuvoso. Esse fato ocorre devido ao carreamento de sedimentos trazidos com as águas pluviais (por ter alto teor de argila, o chernossolo rëndzico tende a escoar as águas pluviais).

O mesmo fato ocorre no (P2) onde há uma intensa concentração de canais à montante do ponto, o que faz com que a concentração de materiais dissolvidos na água aumente.

O inverso ocorre nos (P3) e (P4). Por possuírem características de “represamento” das águas (relevo plano), a concentração desses materiais advindos das serras aumenta no período seco. Quando ocorre o período chuvoso os materiais são diluídos na presença de um maior volume de água, diminuindo sua concentração.

Nos anos de 2013 e 2011 os níveis de sólidos totais dissolvidos na água do rio Salobra são superiores aos de 2021 (figura 39). O mesmo fenômeno ocorre no (P3), onde há uma maior concentração na primeira coleta (estação seca). O (P4) possui a característica de acumular sólidos na água por conta das características físicas dos locais já mencionadas.

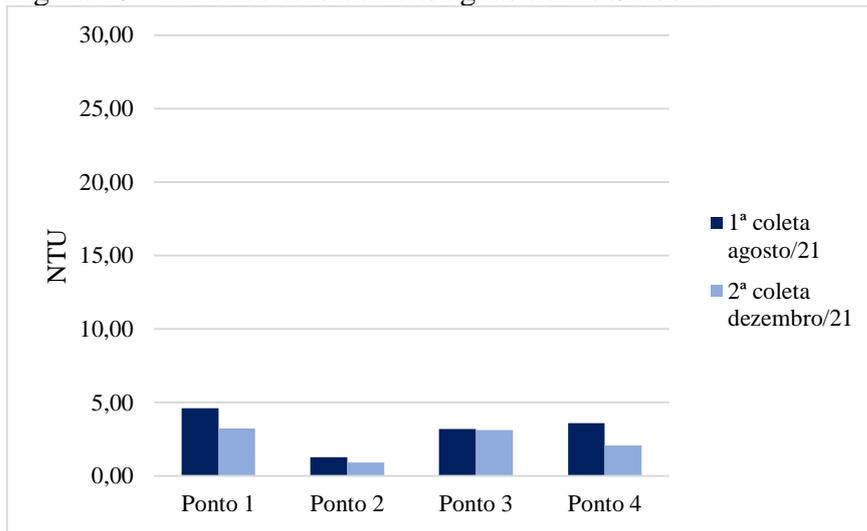
Figura 39 – Concentração de Sólidos Totais Dissolvidos do rio Salobra em 2013 e 2011.



Fonte: IMASUL (2014).

O rio Salobra no médio curso possui águas cristalinas, como comprovado *in loco*. Por meio dos resultados da **turbidez** foi comprovado o que se observou a campo (figura 40). Na primeira coleta os números variaram de 1,27 NTU (P2) a 4,60 NTU (P1). Na segunda coleta a variação foi de 0,93 NTU (P2) a 3,23 NTU (P1).

Figura 40 – Nível de turbidez das águas do rio Salobra.



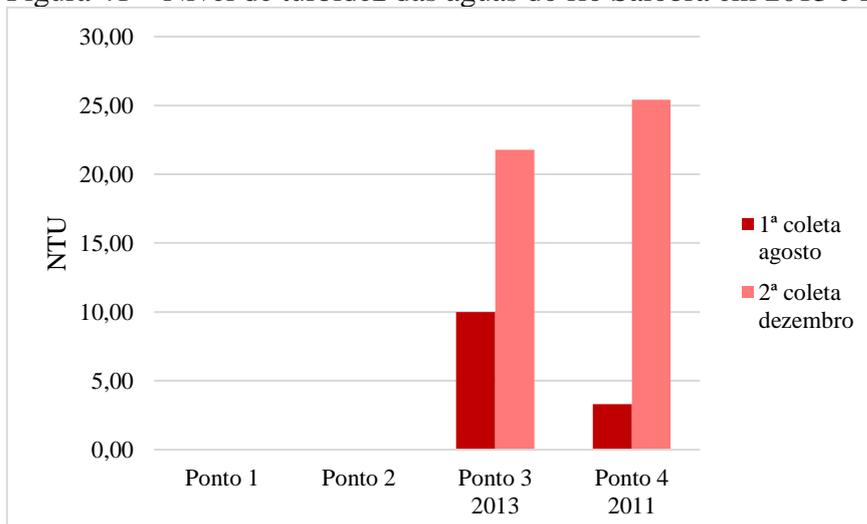
Fonte: o próprio autor.

Os menores valores foram identificados no (P2), onde a profundidade do rio estava a aproximadamente 1 m e a presença de rochas no fundo do leito, mesmo com a presença de chuva na segunda coleta. Os valores mais altos foram identificados no (P1), onde ocorre a criação de gado bovino da fazenda Alto Salobra. Estes animais utilizam o canal para a dessedentação, e a campo foi possível observar pegadas nas proximidades.

Conforme as águas do rio adentram o médio curso (Depressão Setentrional da Bodoquena), as características físicas da água são modificadas pela ausência da rocha calcária. A turbidez aumenta próximo à foz e a aparência das águas do Salobra se torna semelhante as águas do rio Miranda.

A turbidez medida em 2011 e 2013 apresentaram níveis muito superiores aos de 2021 (figura 41).

Figura 41 – Nível de turbidez das águas do rio Salobra em 2013 e 2011.



Fonte: IMASUL (2014).

Essa diferença pode ter relação com a falta de chuva regular no segundo semestre de 2021, ou seja, em anos mais chuvosos a turbidez do rio Salobra tende a aumentar. Esse padrão é interpretado com os dados da segunda coleta nos (P3) e (P4). Há um aumento muito significativo em relação à primeira coleta.

Após as análises dos resultados das variáveis físicas, a tabela 15 apresenta os resultados das variáveis químicas.

Tabela 15: Resultados das características químicas analisadas a campo e em laboratório.

	pH		Oxigênio Dissolvido		Alcalinidade		Dureza Total	
			mgL		mgL		mgL	
	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta
P1	7,61	7,88	6,24	5,36	163,7780	181,1192	167,3456	187,7536
P2	7,98	8,15	6,03	6,50	175,3388	152,2172	189,7944	171,4272
P3	7,50	7,85	5,01	4,50	190,7532	146,4368	199,9984	153,0600
P4	7,97	8,00	6,38	4,66	312,1416	281,3128	336,7320	283,6712

	Nitrogênio total		Nitrato		Nitrito		Amônia		Cloreto	
	mgL		mgL		mgL		mgL		mgL	
	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta
P1	4,0800	9,8555	0,2198	0,5345	0,0083	0,0083	0,0647	0,1128	10,7592	13,4490
P2	5,0193	7,4726	0,0639	0,1081	0,0020	0,0032	0,0418	0,0839	17,0354	17,9320
P3	5,0842	8,0147	0,0509	0,1201	0,0020	0,0042	0,0526	0,0924	15,2422	20,6218
P4	4,8959	6,4145	0,0645	0,0347	0,0013	0,0020	0,0538	0,0779	12,5524	12,5524

	Material em suspensão total		Material em suspensão orgânico		Material em suspensão inorgânico		Silicato		Ferro total	
	mgL		mgL		mgL		mgL		mgL	
	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta
P1	3,000	7,600	1,400	3,000	1,600	4,600	5,9408	2,5076	0,2364	0,2251
P2	1,600	0,600	0,800	0,400	0,800	0,200	3,3665	2,4880	0,0441	0,0215
P3	4,200	2,000	3,400	1,800	0,800	0,200	4,1357	2,4465	0,1799	0,0554
P4	3,800	2,800	2,600	1,800	1,200	1,000	3,2507	2,4639	0,0554	0,0328

	Fósforo total		Fósforo orgânico		Fósforo inorgânico		Clorofila	
	mgL		mgL		mgL		µg/L	
	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta
P1	0,0211	0,0170	0,0142	0,0101	0,0073	0,0101	0,558	1,116
P2	0,0156	0,0114	0,0073	0,0073	0,0046	0,0073	2,790	1,116
P3	0,0280	0,0225	0,0156	0,0128	0,0073	0,0142	0,558	1,116
P4	0,0252	0,0183	0,0156	0,0101	0,0142	0,0114	3,348	1,116

Segundo CONAMA (2005) os valores máximos aceitos em rios de Classe 2 estão no Quadro 4:

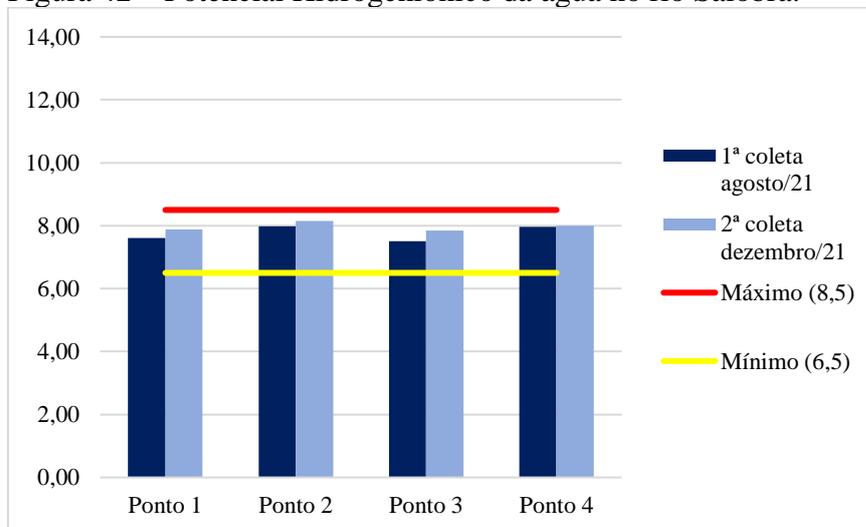
Quadro 4 – Valores determinados pela Resolução CONAMA 357/05 para curso d'água Classe 2.

Indicador	Valor
pH	6,5 a 8,5
Oxigênio Dissolvido	> 4,0 mg/L
Amônia	0,070 mg/L
Fosfato Total	0,186 mg/L
Nitrato	0,70 mg/L
Nitrito	0,20 mg/L
Ferro dissolvido	0,30 mg/L
Coliformes termotolerantes	< 2500 NMP/100 mL

Fonte: o próprio autor.

Durante as duas coletas realizadas, observou-se que os níveis de **pH** ficaram similares (figura 42). Na primeira coleta os valores variaram de 7,50 a 7,98. Na segunda coleta os valores do pH variaram entre 7,85 a 8,15.

Figura 42 – Potencial Hidrogeniônico da água no rio Salobra.



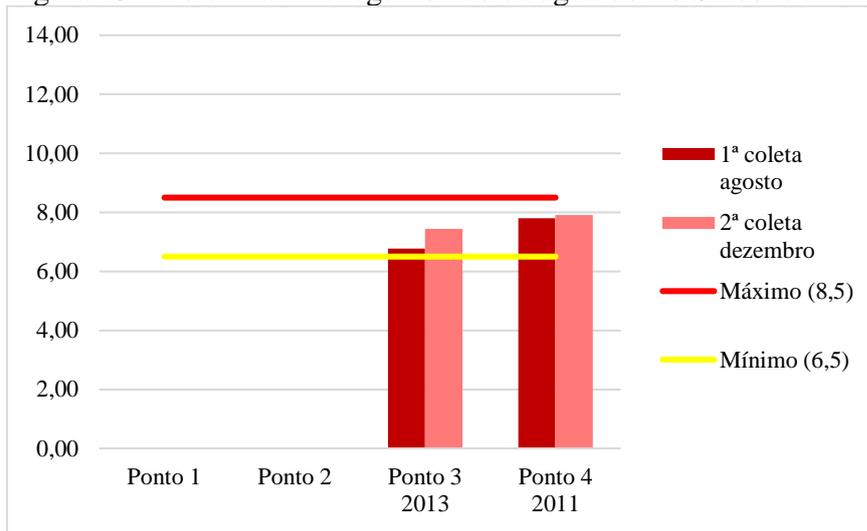
Fonte: o próprio autor.

Observa-se que na primeira coleta os valores estão bem próximos do pH neutro. Na segunda coleta os pontos 2 e 4 apresentaram valores superiores, demonstrando um pH mais alcalino. Isso se dá por conta da presença de calcário advindo das rochas. A presença desse material na água tende a torná-la levemente básica.

Ao analisar o gráfico nota-se que em todos os pontos de amostragem o pH está dentro dos limites estabelecidos pelo CONANA (2005) para rios de Classe 2. Mostrando assim que neste parâmetro o rio está saudável e apto a dar condições de vida para organismos aquáticos.

Os níveis de pH nos anos de 2013 e 2011 também apresentam valores dentro do estabelecido pela legislação. Nesses anos ocorreu pouca variação dos índices, entretanto no (P3) o nível ficou muito próximo do mínimo estabelecido, como é observado na figura 43.

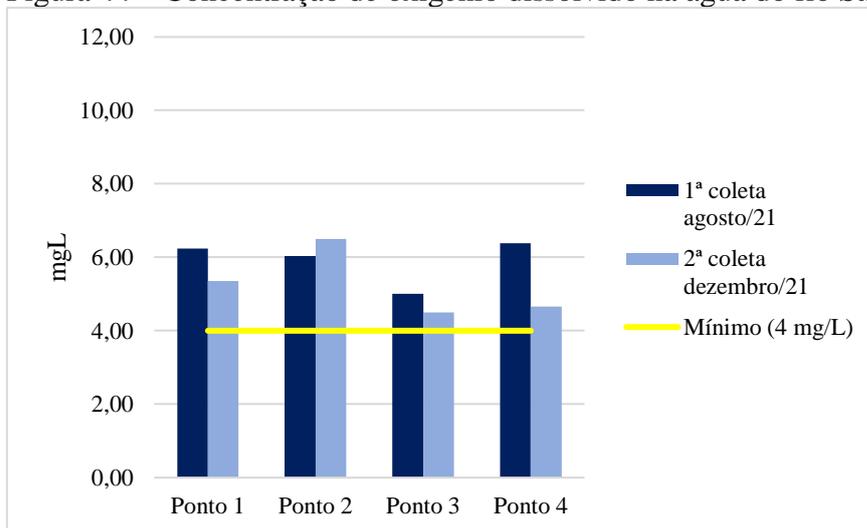
Figura 43 – Potencial Hidrogeniônico da água do rio Salobra em 2013 e 2011.



Fonte: IMASUL (2014).

Dentro do parâmetro **oxigênio dissolvido** (figura 44) os resultados das amostras da primeira coleta são de 5,01 mgL no (P3) a 6,38 mgL (P4). Na segunda coleta os valores amostrados variam de 4,50 mgL no (P3) a 6,50 mgL (P2).

Figura 44 – Concentração de oxigênio dissolvido na água do rio Salobra.



Fonte: o próprio autor.

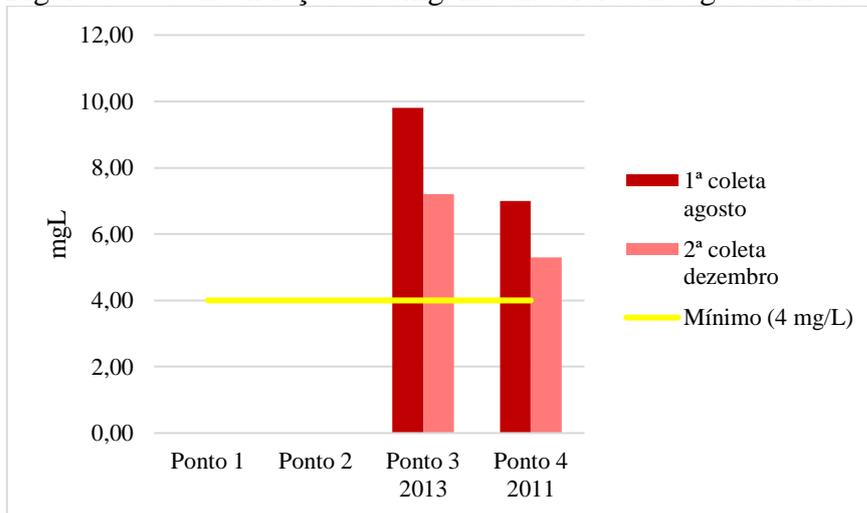
Como já foi mencionado anteriormente no capítulo 4, este parâmetro é importante para a manutenção da vida de organismos aeróbicos. Observando o gráfico, em todos os pontos os valores estão superiores ao mínimo exigido pela legislação do CONAMA (2005).

Apenas o (P3) nos chama atenção, pois apresentou os menores valores de OD e isso pode estar ligado à falta de turbilhonamento da água. Como já foi mencionado, nessa área o rio flui mais lentamente. Além disso, a alta concentração de bactérias do grupo coliforme, mostra

que o rio pode neutralizar as cargas poluentes consumindo o oxigênio no processo de decomposição desses materiais.

Nos anos anteriores o parâmetro de oxigênio dissolvido apresentou-se com valores mais elevados do que em 2021 (figura 45). O que chama atenção no (P3) onde ocorreu a maior diminuição em relação à 2013. Fatores externos podem estar relacionados com a diminuição de oxigênio dissolvido, bem como fatores do próprio ecossistema aquático.

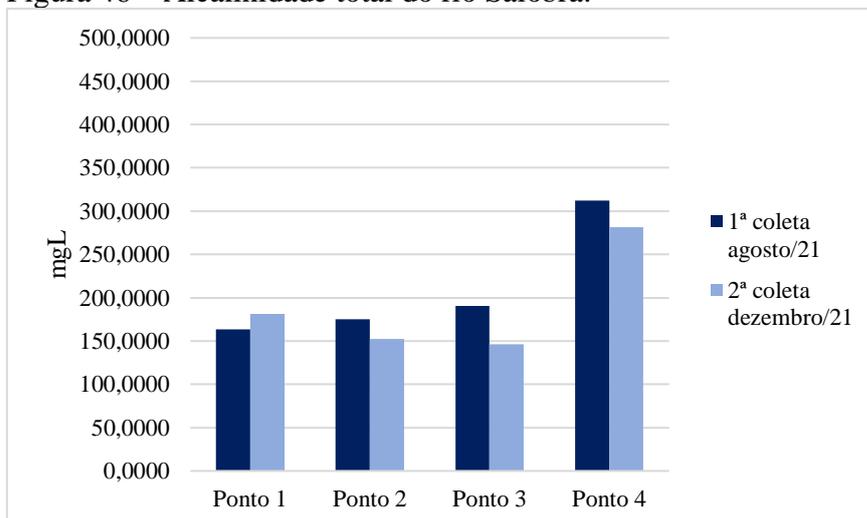
Figura 45 – Concentração de oxigênio dissolvido na água do rio Salobra em 2013 e 2011.



Fonte: IMASUL (2014).

A **alcalinidade total** é a soma das diferentes formas de alcalinidade como: concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos. A alcalinidade mede a capacidade da água neutralizar ácidos. Segundo Brasil (2006), as águas naturais em sua maioria apresentam alcalinidade entre 30 a 500 mg/L de carbonato de cálcio (CaCO_3), e podem estar relacionados com o tipo de solo (figura 46).

Figura 46 – Alcalinidade total do rio Salobra.



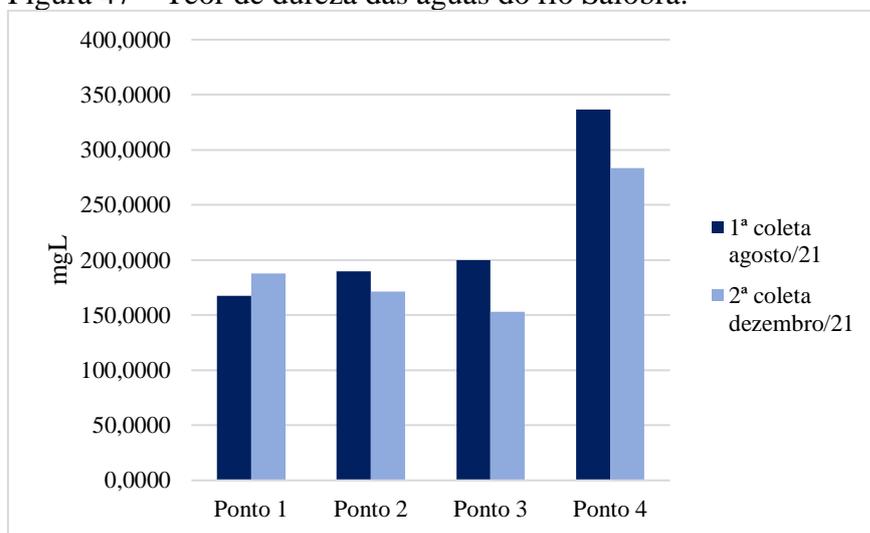
Fonte: o próprio autor.

Todas as amostras coletadas no rio Salobra, apresentaram valores abaixo de 500 mgL. Porém, apresentaram índices elevados devido a característica física da área (rochas calcárias e solos rëndzicos). Os maiores valores de alcalinidade se deram na estação seca, variando de 163,7780 mgL (P1) a 312,1416 mgL (P4). Na estação chuvosa a variação foi de 146,4368 mgL (P3) a 281,3128 mgL (P4). A maior concentração foi apresentada no (P4), onde há um ambiente de sedimentação e por consequência um ambiente de acumulação de minerais advindos à montante.

A **dureza total** (figura 47) indica a concentração de íons presentes na água (principalmente cálcio e magnésio). Segundo CETESB (2009) a água pode ser classificada em:

- Água mole ou branda: < 50 mgL;
- Dureza moderada: entre 50 e 150 mgL;
- Dura: entre 150 a 300 mgL;
- Muito dura: > 300 mgL.

Figura 47 – Teor de dureza das águas do rio Salobra.

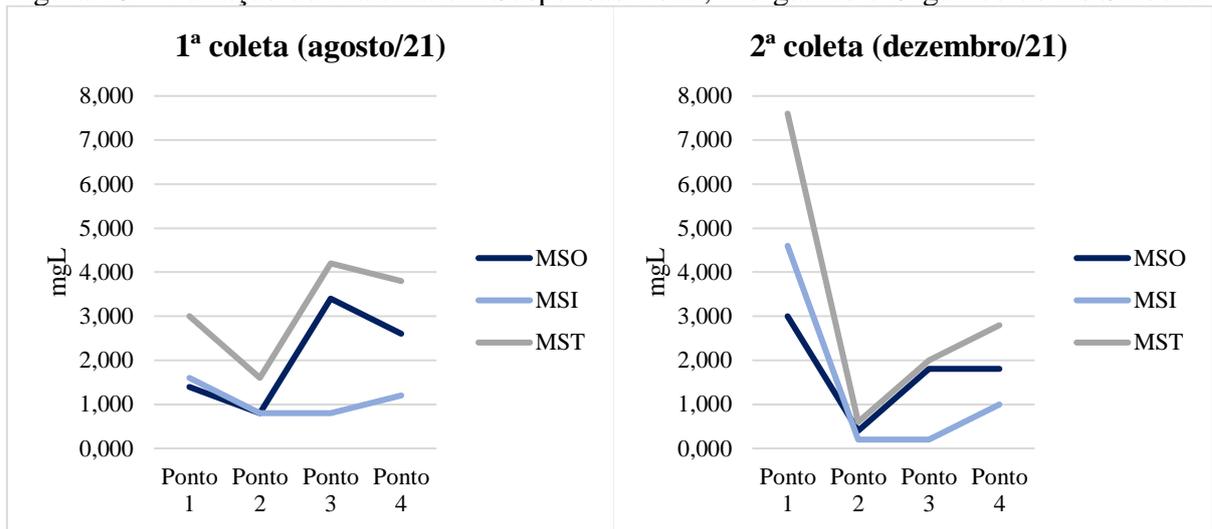


Fonte: o próprio autor.

No rio Salobra, observa-se que em todas as amostras a dureza total varia entre 150 mgL a 300 mgL, ou seja, nos (P1), (P2) e (P3) a água do Salobra é classificada como dura. No (P4) é classificada como muito dura (> 300 mgL), exceto na amostra da 2ª coleta na estação chuvosa que apresentou concentração < 300 mgL.

O parâmetro **material em suspensão** (figura 48) refere-se aos materiais encontrados suspensos na coluna d'água e que não foram dissolvidos. Eles podem ser constituídos de substâncias orgânicas e inorgânicas. Sua presença pode ter origem autóctone ou alóctone, por meio do solo do entorno ou pela ação antrópica como despejos no canal (BARROS, 2018).

Figura 48 – Variação do Material em Suspensão Total, Inorgânico e Orgânico do rio Salobra.



Fonte: o próprio autor.

Na primeira coleta os maiores valores amostrados foram no (P3). Observa-se que material em suspensão total e o material em suspensão orgânicos são muito superiores ao material em suspensão inorgânico. Isso se dá pela estrada sem pavimentação asfáltica no local. É notório que o tráfego de carros e caminhões faz com que o canal receba sedimentos (poeira) advindos da estrada (figura 49).

Figura 49 – Poeira em suspensão no ar e nas folhas da vegetação.



Fonte: o próprio autor (agosto de 2021).

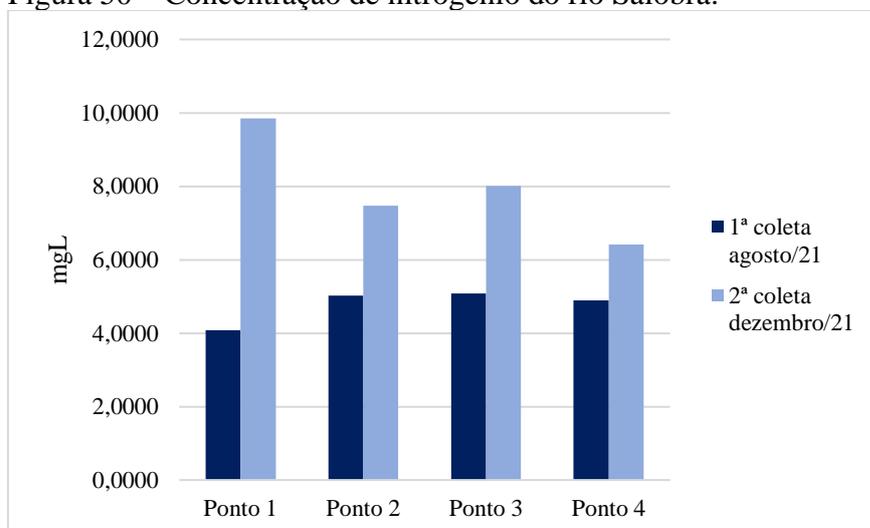
Os menores valores amostrados foram no (P2). Isso ocorre devido à falta de profundidade da coluna d'água neste local. Além disso, a presença de carbonatos de cálcio na água faz com que as partículas suspensas sejam decantadas ao fundo do corpo hídrico. Na segunda coleta, os maiores valores apresentados são no (P1). Conforme já exposto, ocorreu chuva durante a coleta da amostra, onde o corpo hídrico recebeu partículas de solo exposto e por meio de pisoteamento de gado bovino muito evidente no dia da coleta.

Somado a isso ocorreu uma maior movimentação da coluna d'água devido à chuva. Assim como na primeira coleta, neste ponto é apresentado um maior índice de material em suspensão inorgânico do que orgânico. Isso revela que os elementos químicos advindos de agrotóxicos são carregados para o corpo hídrico. As características de ocupação do entorno evidenciam essa possível relação.

No (P4) os valores são semelhantes, pois o rio Salobra adentra áreas do Pantanal Miranda-Aquidauana, o que modifica a característica física da água tornando-a mais turva que no (P2).

A concentração de **nitrogênio total** (figura 50) na primeira coleta variou de 4,0800 mg/L no (P1) a 5,0842 mg/L no (P3). Na segunda coleta os valores foram de 6,4145 mg/L no (P4) a 9,8555 mg/L no (P1).

Figura 50 – Concentração de nitrogênio do rio Salobra.



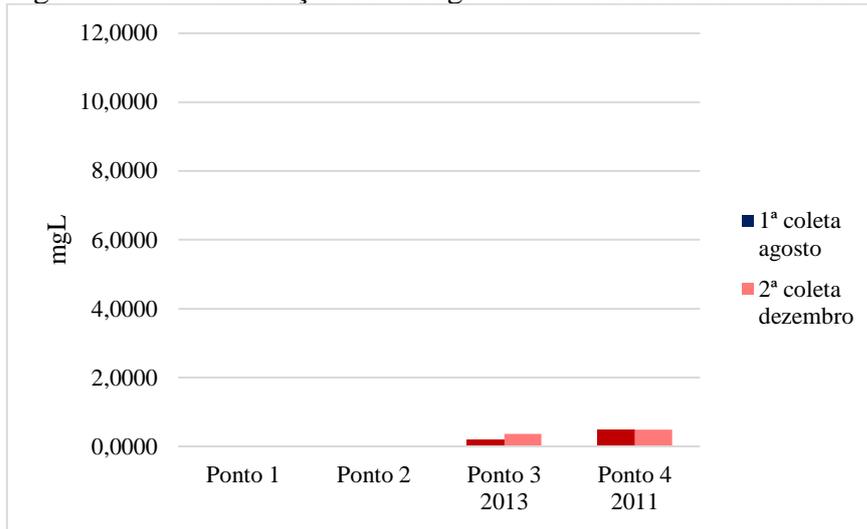
Fonte: o próprio autor.

A menor concentração de nitrogênio total foi apresentada no período seco, referente a primeira coleta. E a maior concentração se deu no período chuvoso da segunda coleta. Isso indica que ocorre o aumento deste elemento químico com o aumento do volume de água na rede de drenagem.

O nitrogênio pode estar vindo das fezes de animais como o gado bovino da fazenda Alto Salobra e do solo fertilizado nas regiões do planalto da Serra da Bodoquena, próximo às nascentes dos afluentes do rio Salobra.

Na figura 51, observa-se que a concentração de nitrogênio nos anos de 2011 e 2013 são muito inferiores as amostragens de 2021. Isso indica que o rio está recebendo interferências na característica limnológica pela ação antrópica.

Figura 51 – Concentração de nitrogênio do rio Salobra em 2013 e 2011.

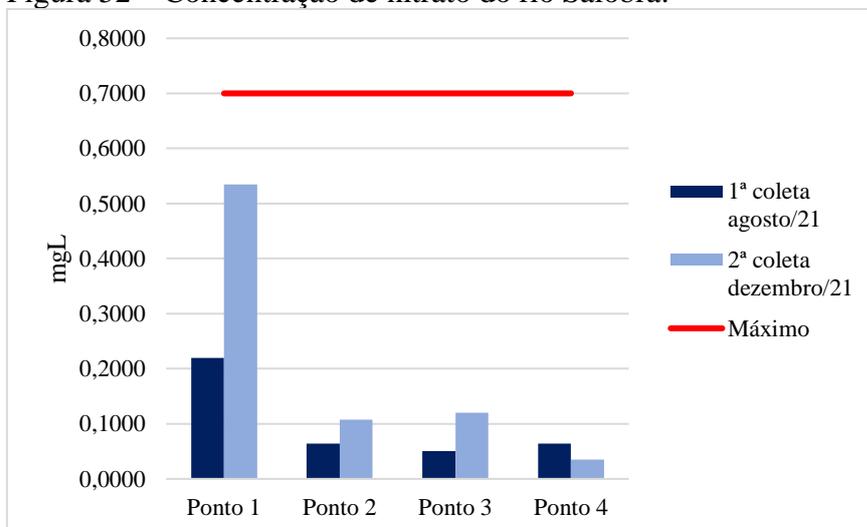


Fonte: IMASUL (2014).

O nitrogênio se apresenta em outros elementos químicos quando está em ambiente aquoso. Um deles é o **nitrato** que é a forma oxidada do nitrogênio. A alta concentração de nitrato indica poluição, pois há grandes quantidades de nitrogênio disponível a ser oxidado no processo de aerobiose (BRIGANTE et al., 2003).

Segundo o CONAMA (2005) o limite de concentração de nitrato em águas salobras é de 0,7000 mg/L. Observando o gráfico da figura 52 nota-se que em nenhum dos pontos amostrados a concentração de nitrato ultrapassou o limite já estabelecido.

Figura 52 – Concentração de nitrato do rio Salobra.



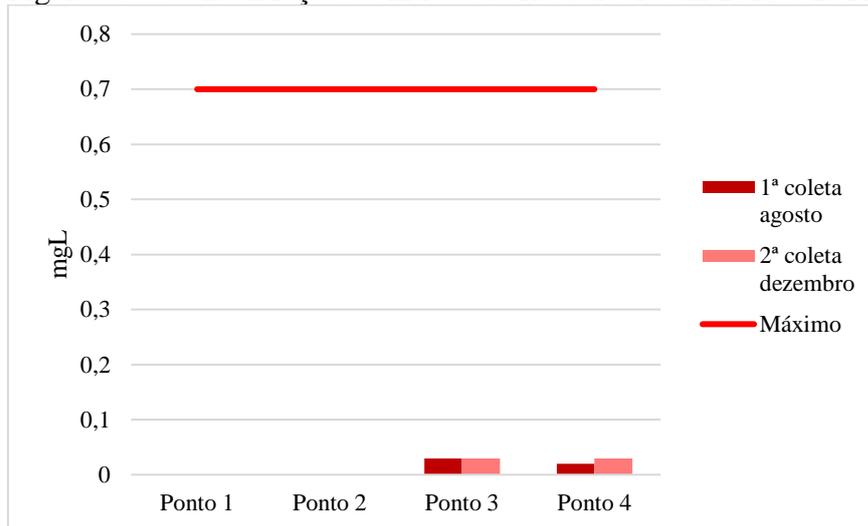
Fonte: o próprio autor.

Na primeira coleta os valores de nitrato variaram de 0,0509 mg/L no (P3) a 0,2198 mg/L no (P1). Na segunda coleta a variação foi de 0,0347 mg/L no (P4) a 0,5345 mg/L no (P1). Somado a isso, nota-se que no (P1) a concentração de nitrato se apresentou com maior expressividade,

tanto na primeira como na segunda coleta. O fenômeno está relacionado estritamente ao uso da terra neste ponto. A presença de áreas de plantio e pastagens com pouca mata, aumenta os níveis de nitrogênio e por consequência de nitrato.

Também é perceptível o aumento dos valores em período chuvoso, (exceto no P4 que diminuiu) assim como ocorreu no parâmetro de nitrogênio total. Na figura 53 nota-se que a concentração de nitrato nos (P3) e (P4) nos anos de 2011 e 2013 também não ultrapassaram o limite. Mas em comparação aos dados de 2021, houve um aumento na concentração de nitrato.

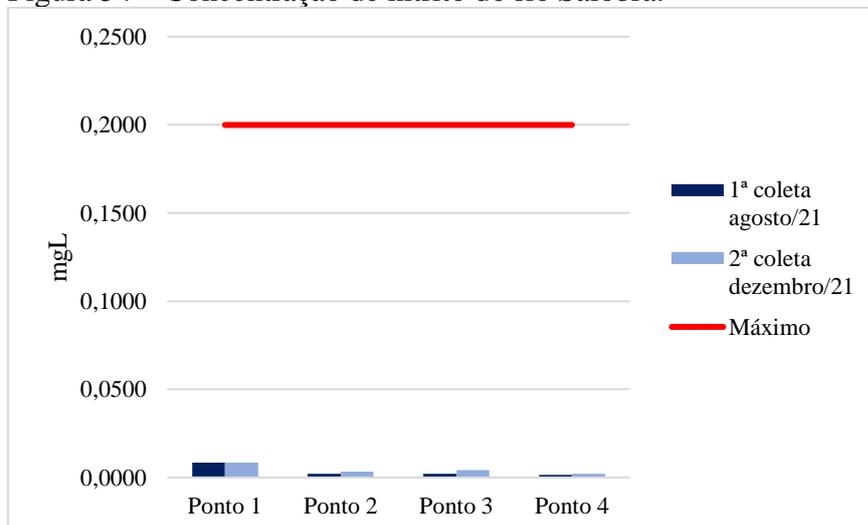
Figura 53 – Concentração de nitrato do rio Salobra em 2013 e 2011.



Fonte: IMASUL (2014).

Após a oxidação do nitrogênio, a forma intermediária entre a forma oxidada e a forma mais reduzida do nitrogênio é o **nitrito**. Por ser muito instável em meio aquoso, o nitrito geralmente é apresentado em concentrações baixas (figura 54).

Figura 54 – Concentração de nitrito do rio Salobra.



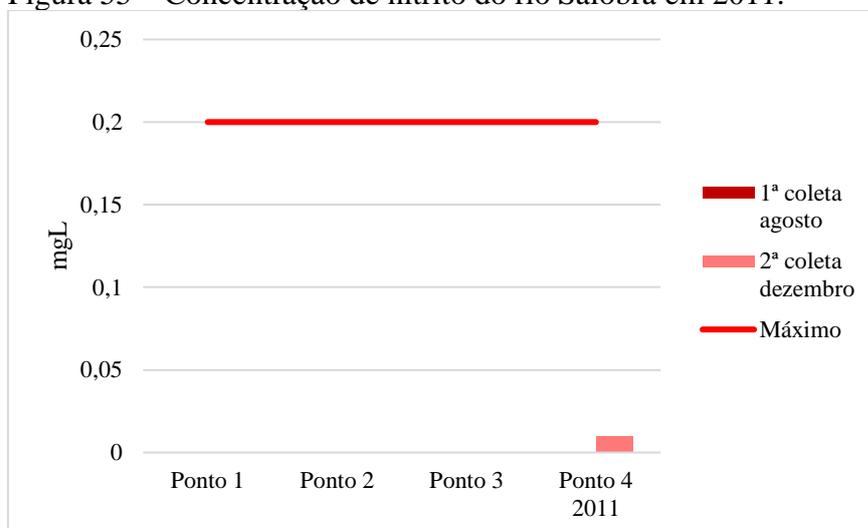
Fonte: o próprio autor.

Os resultados das amostragens na primeira coleta apresentaram valores variando de 0,0013 mgL no (P4) a 0,0083 mgL no (P1). Na segunda coleta os valores foram de 0,0020 mgL no (P4) a 0,0083 mgL no (P1).

Observando o gráfico, percebe-se que em nenhum dos 4 pontos a concentração de nitrito ultrapassou o limite estabelecido pelo CONAMA (2005). Isso evidencia que ocorre poluição indireta, mas que as cargas poluentes não são de efluentes industriais lançando altas concentrações de nitrogênio, fazendo com que as formas mais reduzidas desse elemento sejam elevadas.

Em 2011 (figura 55), a concentração de nitrito no (P4) apresentou valor superior as amostras de 2021 (0,0100 mgL). Ainda assim, é um resultado bem inferior ao limite. O aumento não pode ser explicado sem o devido monitoramento sistemático.

Figura 55 – Concentração de nitrito do rio Salobra em 2011.

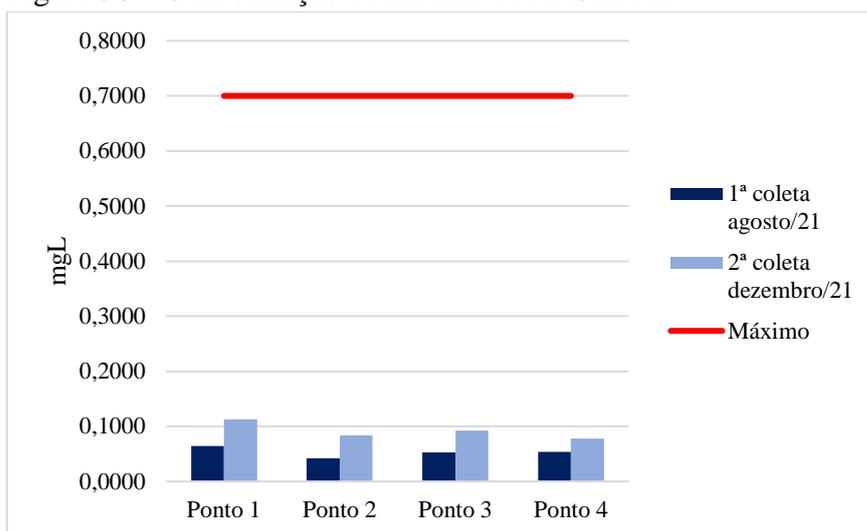


Fonte: IMASUL (2014).

A **amônia** é a forma mais reduzida no ciclo do nitrogênio. Sua concentração elevada aponta a fontes de poluição pontual com grandes cargas de matéria orgânica como exemplo: lançamento de esgoto e/ou efluentes industriais.

Analisando o gráfico da figura 56, observa-se que em nenhum dos pontos amostrados a concentração de amônia ultrapassou o limite estabelecido pelo CONAMA (2005). Pelo contrário, as concentrações na primeira coleta variaram de 0,0418 mgL no (P2) a 0,0647 mgL no (P1). Já na segunda coleta a variação foi de 0,0779 mgL no (P4) a 0,1128 mgL no (P1).

Figura 56 – Concentração de amônia do rio Salobra.

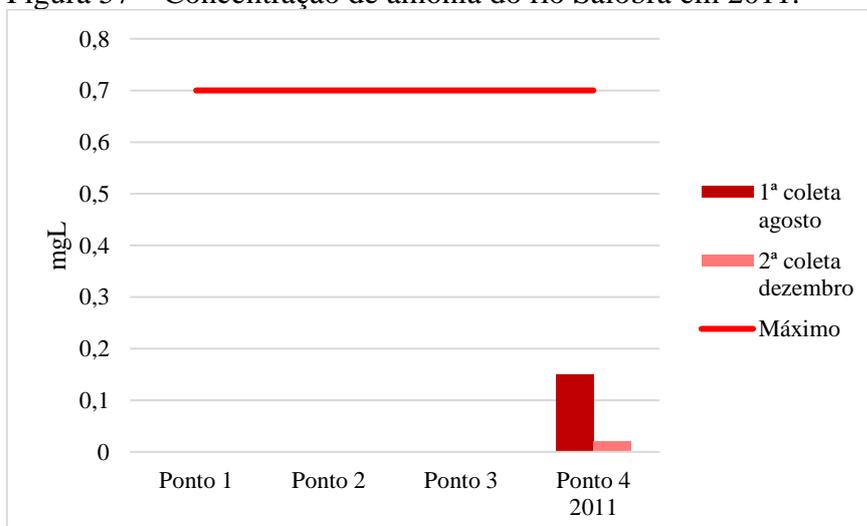


Fonte: o próprio autor.

Assim como ocorreu no parâmetro nitrogênio total, os níveis de amônia também se elevam em períodos chuvosos. Essa alta é a consequência da elevação de nitrogênio que advém ao rio Salobra de modo direto e indireto, como já foi citado anteriormente.

Assim como no parâmetro de nitrito, em 2011 (figura 57), a concentração de amônia no (P4) apresentou valor superior as amostras de 2021 (0,1500 mgL) na estação seca. Por isso, é importante obter dados sistemáticos para explicar fenômenos como esse que podem ocorrer na bacia hidrográfica.

Figura 57 – Concentração de amônia do rio Salobra em 2011.

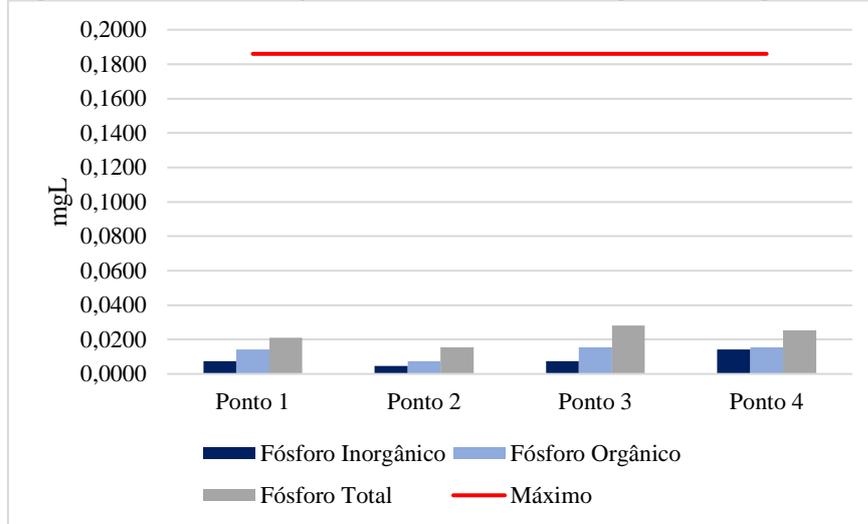


Fonte: IMASUL (2014).

O **fósforo** em excesso na água, pode causar a eutrofização da mesma, já que plantas aquáticas o utiliza para se desenvolver. O excesso desse composto químico gera um desequilíbrio no ecossistema aquático. Em sua maioria é proveniente de efluentes industriais

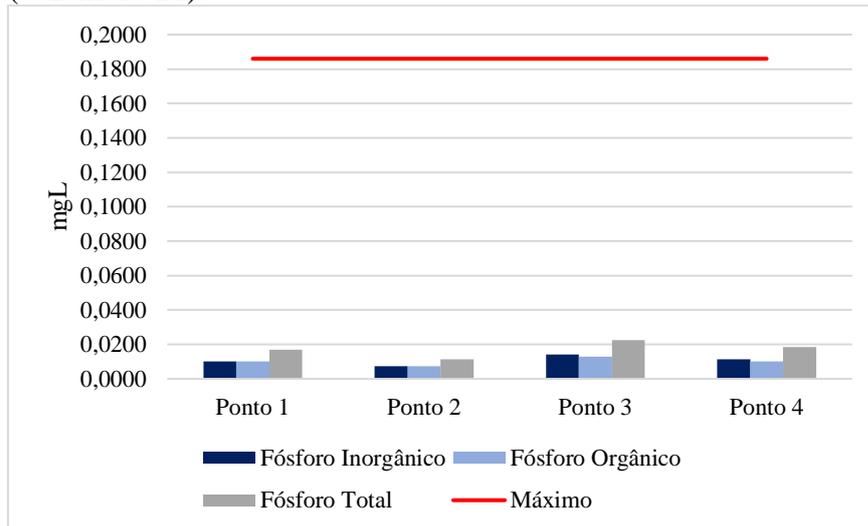
(alimentícios, laticínios, frigoríficos e abatedouros) lançados na água, bem como fertilizantes agrícolas. Nas figuras 58 e 59 estão os resultados da primeira e segunda coleta respectivamente.

Figura 58 – Concentração do fósforo total, inorgânico e orgânico do rio Salobra (agosto/21).



Fonte: o próprio autor.

Figura 59 – Concentração do fósforo total, inorgânico e orgânico do rio Salobra (dezembro/21).



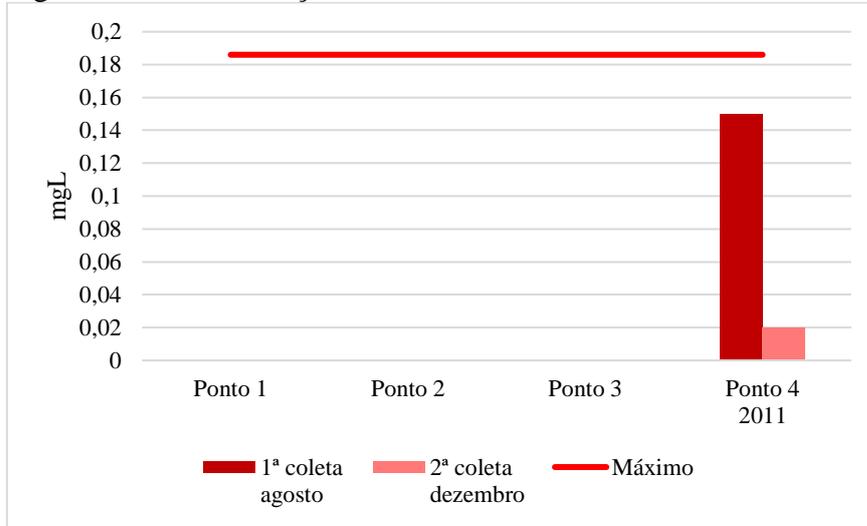
Fonte: o próprio autor.

Segundo CONAMA (2005) o limite estabelecido de concentração de fósforo em rios de água salobra de Classe 2 é de 0,186 mg/L. Observando as figuras anteriores, em nenhum dos 4 pontos amostrados os níveis de fósforo ultrapassam o limite. As maiores concentrações apresentadas foram no (P3). O fósforo total foi de 0,0280 mg/L na estação seca e 0,0225 mg/L na estação chuvosa.

Em agosto de 2011 no (P4) ocorreu uma concentração de fósforo excessiva, chegando a 0,1500 mg/L (figura 60). O valor não ultrapassou o limite, mas é um alerta de que nesse período

de tempo o rio recebeu uma carga significativa desse elemento químico. São necessários outros dados para inferir possíveis relações entre causa-efeito.

Figura 60 – Concentração de fósforo do rio Salobra em 2011.

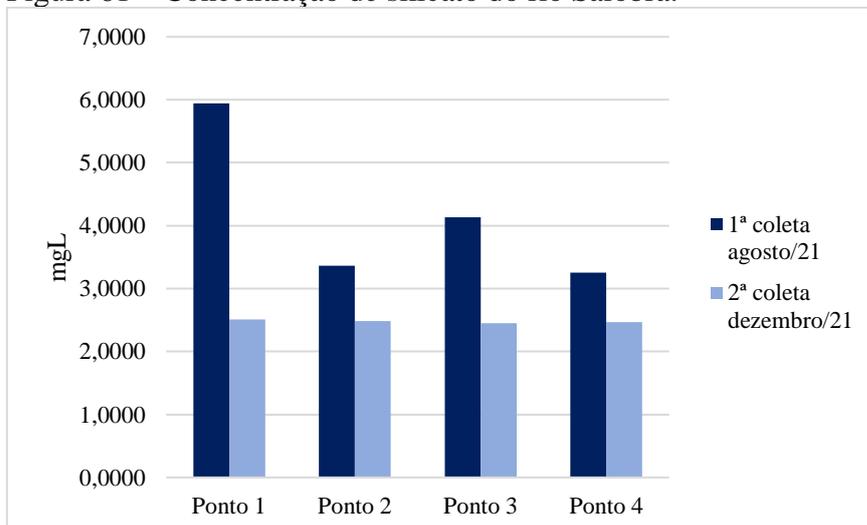


Fonte: IMASUL (2014).

O **silicato** é um nutriente limitante nas águas, pois as diatomáceas (algas) absorvem o silicato para produção de suas carapaças. Este nutriente é importante, pois "contribui para os produtores primários na cadeia trófica aquática, especialmente nos rios" (BRIGANTE et al., 2003).

Em muitos casos a presença de ácido silícico se dá por meio do intemperismo das rochas ou por efluentes lançados no corpo hídrico. Os níveis de silicato foram relativamente constantes entre as estações amostradas (figura 61). Os valores variaram de 2,44 mg/L no (P3) a 5,94 mg/L no (P1).

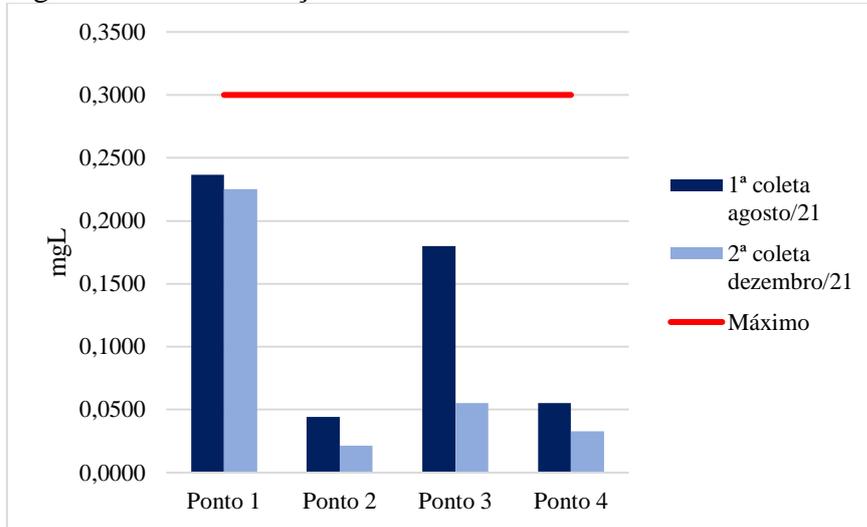
Figura 61 – Concentração de silicato do rio Salobra.



Fonte: o próprio autor.

O **ferro total** foi o único metal analisado nas amostras de água (figura 62). Suas concentrações apresentaram baixíssimos índices, pois as características presentes na rocha calcária não incluem ferro na sua composição (exceto em casos específicos no processo de sedimentação). A concentração de ferro total teve variação de 0,02 mgL no (P2) a 0,17 mgL no (P3) em ambas amostragens.

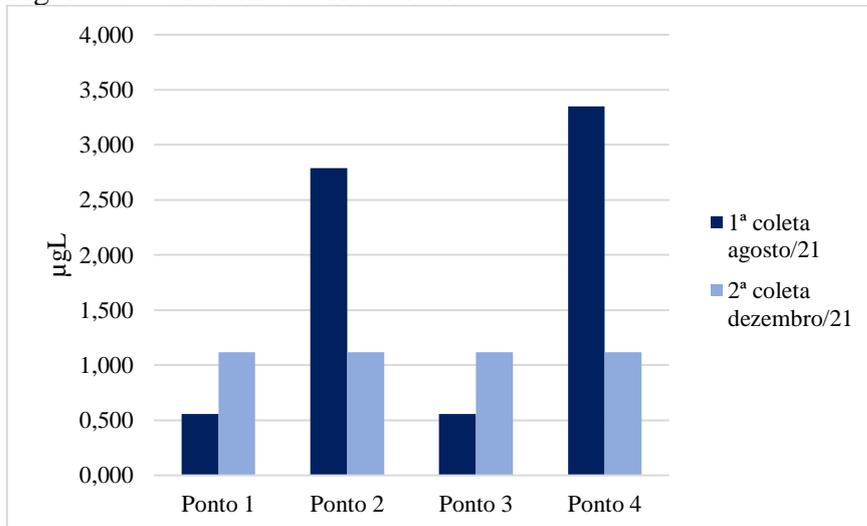
Figura 62 – Concentração de ferro total do rio Salobra.



Fonte: o próprio autor.

Os níveis de **clorofila** amostrados na bacia do Salobra apresentaram baixos valores em todos os pontos (figura 63). Na primeira coleta a maior concentração foi no ponto 4. Por meio da visita de campo foi comprovada a presença de macrófitas da flora aquática, mostrando que o ambiente está preservado.

Figura 63 – Clorofila do rio Salobra.

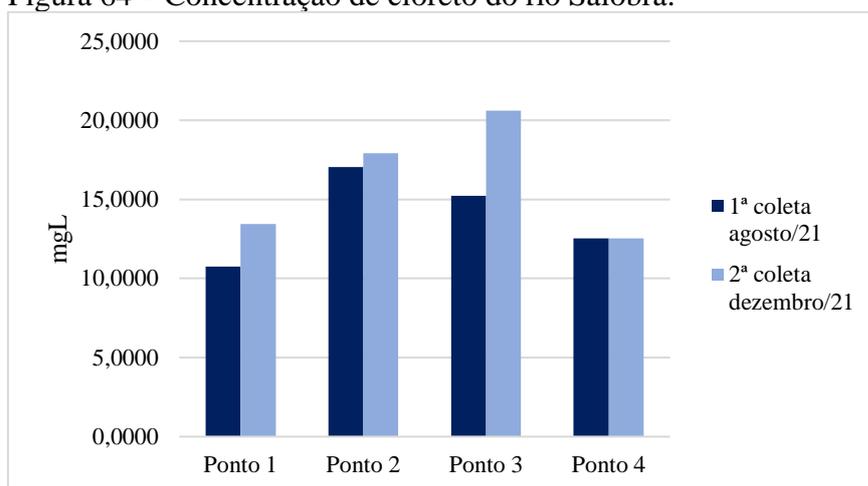


Fonte: o próprio autor.

Na primeira coleta a variação da concentração é de 0,558 $\mu\text{g/L}$ nos (P1 e P3) a 3,348 $\mu\text{g/L}$ no (P4). Na segunda coleta os valores de concentração apresentaram-se iguais em todos os 4 pontos, sendo este 1,116 $\mu\text{g/L}$.

Os sólidos totais dissolvidos podem ser compostos por sais e outros nutrientes em menores quantidades como o **cloreto** (figura 64). “Os cloretos podem estar presentes naturalmente na água ou podem ser consequência da poluição por esgotos sanitários (pela excreção de cloreto pela urina) ou efluentes industriais” (BRIGANTE et al., 2003 p.62). Para a finalidade de abastecimento público o excesso de cloreto altera o sabor da água e traz reações fisiológicas ao corpo.

Figura 64 – Concentração de cloreto do rio Salobra.



Fonte: o próprio autor.

As concentrações de cloreto ficaram constantes nos 4 pontos amostrados tendo pouca variação. O menor valor é no (P1) com 10,75 mg/L e maior valor no (P2) com 17,03 mg/L, ambos na primeira coleta. Na segunda coleta o menor valor se apresentou no (P4) com 12,55 mg/L. E o maior valor no (P3) com 20,62 mg/L. Por possuir pequena concentração de cloreto na água, infere-se que sua presença advém de causas naturais (rocha e solo) sem a possibilidade de haver lançamento no canal.

Após as análises dos resultados das variáveis químicas, a tabela 16 apresenta os resultados das variáveis biológicas.

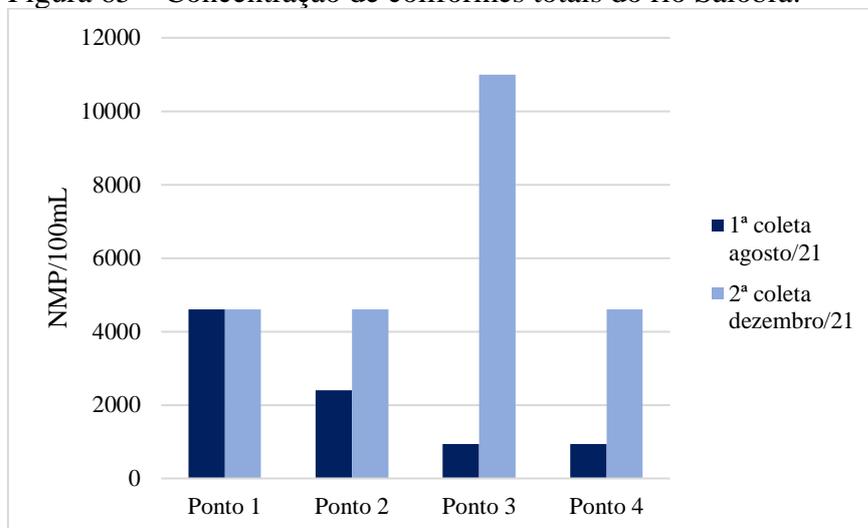
Tabela 16: Resultados das características biológicas analisadas em laboratório.

	Coliformes totais		Coliformes termotolerantes	
	NMP/100mL		NMP/100mL	
	1ª coleta	2ª coleta	1ª coleta	2ª coleta
P1	4600	4600	90	430
P2	2400	4600	430	930
P3	930	11000	90	2100
P4	930	4600	230	1500

Fonte: o próprio autor.

Os dados da concentração de **coliformes totais** no rio Salobra apresentaram valores elevados no (P1). Por meio da figura 65, observa-se que na primeira coleta a concentração de coliformes diminui do (P1) ao (P4) indo de 4600 NMP a 930 NMP.

Figura 65 – Concentração de coliformes totais do rio Salobra.



Fonte: o próprio autor.

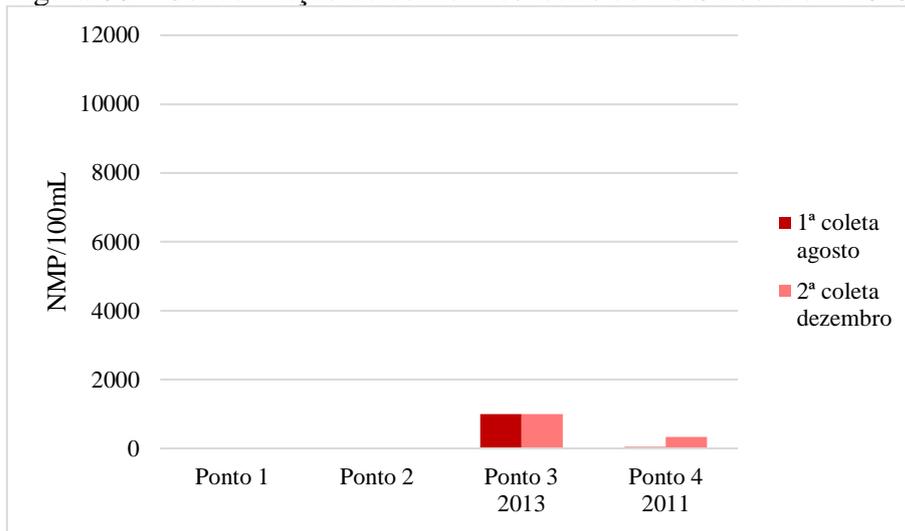
Os valores elevados no (P1) se dão por conta da criação de gado bovino nas proximidades da nascente. Já os valores elevados no (P2), se dão por meio da falta de tratamento de esgoto dos residentes locais. Além disso, o solo torna-se suscetível a contaminação advinda do esgoto doméstico (fossas negras) já que às margens do rio nessa localidade é adensada de moradias, além de criação de animais.

Outro fato é que na presença de chuva ocorre um maior contato das bactérias na água. Esse fato é comprovado no (P2). O número de coliformes quase dobrou entre a primeira e a segunda coleta.

No (P3) é apresentado um número extrapolado do grupo coliforme, sendo este de 11.000 NMP/100mL. Para explicar este fato é necessário um estudo mais aprofundado, pois não apenas a presença de gado à montante do ponto iria gerar um índice tão elevado. O fato é que ocorre uma fonte de poluição pontual que precisa ser melhor investigado por meio do monitoramento.

Nos anos de 2011 e 2013, o número de coliformes totais é inferior aos dados amostrados em 2021 (figura 66). O valor é menor que 1000 NMP/100 mL. Isso indica que com o passar dos anos o rio vem sofrendo com a contaminação destas bactérias. Com isso, recomenda-se estudos futuros para verificar se os números irão continuar se elevando.

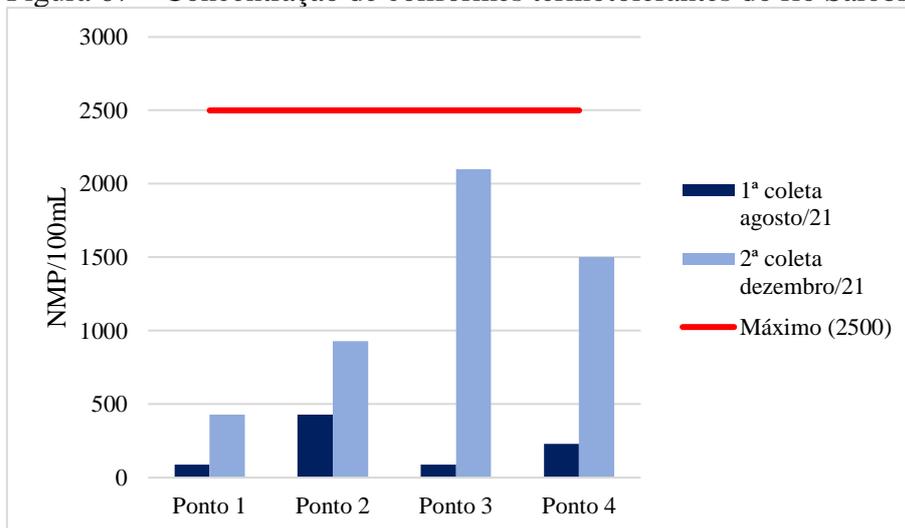
Figura 66 – Concentração de coliformes totais do rio Salobra em 2013 e 2011.



Fonte: IMASUL (2014).

O parâmetro de **coliformes termotolerantes** possui um valor limite para rios de Classe 2, sendo este no valor de 2500 NMP (figura 67). Analisando os dados, nota-se que na primeira coleta o valor mínimo é de 90 NMP no (P1) e (P3) e o máximo 430 NMP no (P2).

Figura 67 – Concentração de coliformes termotolerantes do rio Salobra.



Na segunda coleta o valor mínimo foi de 430 NMP no (P1) e o máximo de 2100 NMP no (P3). Em nenhum dos pontos o limite foi ultrapassado, mas ocorre uma discrepância nos valores do (P3) entre a primeira coleta e a segunda coleta.

Após a chuva o (P3) apresentou números extrapolados o que também contribuiu para a hipótese de poluição pontual nesse trecho. No (P2) os valores de coliformes termotolerantes aumentaram provavelmente devido ao contato das águas do rio com material contaminado.

5.5 Impactos ambientais no sistema da bacia hidrográfica

Considerando que um dos objetivos da presente pesquisa é contribuir com informações para a manutenção e conservação dos recursos naturais nesta importante bacia hidrográfica no contexto ambiental regional, o registro e apontamento dos impactos ambientais visíveis por meio dos dados coletados e do trabalho de campo denotam demasiada preocupação e um olhar atento para a gestão ambiental na bacia hidrográfica. Apresenta-se a seguir, em tópicos, o registro dessas observações que, somadas às demais informações, podem contribuir para o planejamento de uso, no âmbito público e privado.

- **Avanço acelerado da agricultura**

As ações antrópicas que ocorrem na bacia do rio Salobra refletem na bacia do rio Miranda, e por consequência no bioma Pantanal. Segundo Brasil (2007) os principais problemas ambientais que interferem na saúde dos canais fluviais do Pantanal, são:

- Expansão de novas fronteiras agrícolas na borda da bacia, onde se formam as nascentes do Alto Paraguai, um exemplo é o Rio Taquari, que carrega matéria orgânica e agroquímicos até as áreas de alagamento.
- Poluição por conta dos esgotos domésticos que são lançados aos corpos hídricos.
- Remoção da vegetação ciliar e pisoteamento de animais (principalmente de gado) às margens de rios e córregos.

No Planalto da Bodoquena há uma grande concentração de nascentes tributárias da rede de drenagem do rio Salobra. Em contradição à necessidade de preservar esses locais, a figura 68 apresenta o avanço da agricultura na área de cabeceira no divisor de águas da bacia, notadamente no município de Bonito, o que preocupa o efeito sobre as nascentes.

Figura 68 - Cultura temporária no planalto da Serra da Bodoquena (MS-382).



Fonte: o próprio autor (dezembro de 2021) - 21° 02'12"S e 56°47'02"O.

A porção sul da bacia hidrográfica não abarca nenhum assentamento, ou seja, as áreas são de grandes propriedades rurais. Nessa área observou-se a cultura de soja e esta é alternada entre as safras de feijão e milho. As áreas antropizadas não avançam os limites do Parque Nacional da Serra da Bodoquena (figura 8), mas influenciam diretamente nas águas superficiais em períodos chuvosos (principalmente nos resultados do P1).

A partir dos dados do IBGE (2021), observou-se o crescimento de áreas plantadas nos municípios que o rio Salobra abrange (tabela 17).

Tabela 17 – Aumento das áreas plantadas nos municípios de Bonito, Bodoquena e Miranda.

Cultura	2011		2020		Aumento das áreas plantadas
	Área (ha)	% da área municipal	Área (ha)	% da área municipal	
BONITO					
Soja	15.000	2,79	56.000	10,42	373 %
Milho	5.400	1,00	30.500	5,67	564 %
Feijão	400	0,70	6.500	1,20	1.625 %
BODOQUENA					
Soja	120	0,04	5.220	2,01	4.350 %
Milho	350	0,13	3.080	1,18	880 %
Feijão	290	0,11	285	0,10	- 1,75 %
Arroz	1.180	0,45	150	0,05	- 87,29 %
MIRANDA					
Soja	-	-	9.000	1,64	-
Milho	350	0,06	2.022	0,36	577 %
Feijão	150	0,02	40	0,02	- 73,33 %
Arroz	5.755	1,05	2.685	0,49	- 53,35 %

Fonte: IBGE (2021).

No município de Bonito ocorreu o aumento de 1.625% da área plantada da cultura de feijão, 564% da área plantada de milho e 373% de área plantada de soja entre os anos de 2011 e 2020. No município de Bodoquena o aumento foi ainda mais significativo, sendo este de 4.350% da área plantada da cultura soja.

No município de Miranda ocorreu um aumento de 577% de áreas plantadas para milho. Em Bodoquena e Miranda ocorreu uma diminuição da área plantada de arroz e feijão. Não é apenas o fato de ter agricultura em áreas de nascentes que impactam a bacia hidrográfica, mas seu avanço acelerado ao longo dos 10 anos.

Economicamente falando, ocorre uma contradição, pois os municípios de Bonito e Bodoquena utilizam o turismo como um dos principais setores da economia, vinculado diretamente às condições hidrogeológicas da região que condicionam as águas cristalinas que constituem a atratividade turística. O avanço da agricultura pode desencadear impactos irreversíveis aos cursos d'água que são pontos turísticos relevantes, o que já vem ocorrendo.

Nos anos de 2018 e 2020 os principais rios de Bonito e Jardim ficaram com águas turvas devido ao carreamento de sedimentos e matéria orgânica aos canais fluviais (figuras 69 e 70).

Figura 69 - Águas do córrego Piquitito (afluente do rio Mimoso) com turbidez elevada.



Fonte: Polícia Militar Ambiental (2020).

Figura 70 - Rio da Prata, em Jardim com as águas turvas.



Fonte: Polícia Militar Ambiental (2018).

Com o uso da terra para agricultura, o solo torna-se desprotegido. Isso pode desencadear processos erosivos sem o manejo adequado, por isso preservar as APPs dos canais fluviais é fundamental para minimizar os impactos.

- **Áreas de pastagem**

A bacia hidrográfica possui áreas de pastagem distribuídas em todas as sessões (alto, médio e baixo curso). A grande maioria dessas áreas são propriedades de donos de chácaras nos assentamentos (figura 71). Estas áreas são localizadas tanto no vale, como no planalto da Serra da Bodoquena. Em algumas situações ocorrem áreas de pastagem nas morrarias. Essas áreas foram encontradas no Assentamento Canaã na figura 72.

Figura 71 – Criação de gado bovino as margens da MS-339.



Fonte: o próprio autor (dezembro de 2021) - 20°30'45"S e 56°45'11"O.

Figura 72 – Abertura de pastagens nos morros do Assentamento Canaã.



Fonte: o próprio autor (agosto de 2021) - 20°40'35"S e 56°45'23"O.

Aparentemente a presença de gado bovino na bacia hidrográfica é menos impactante que a agricultura em larga escala, exceto nas áreas de morrarias que deveriam ser preservadas com mata nativa e área de mata ciliar. Como resultado dos parâmetros biológicos, o impacto da pecuária causado nas águas é a presença de bactérias do grupo coliforme.

- **Fluxo de turistas em alta temporada**

O Assentamento Canaã conhecido popularmente como Refúgio Canaã recebe turistas durante todo o ano, mas em períodos de alta temporada a concentração de turistas se eleva como foi comprovado a campo. A figura 73 apresenta as modificações no ambiente.

Figura 73 – Turistas movimentando os sedimentos do leito do rio.



Fonte: Refúgio Canaã (2019).

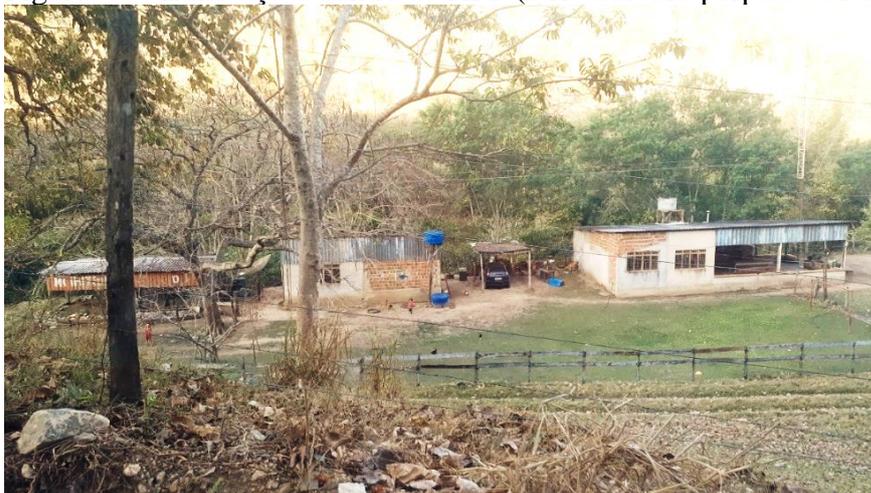
Toda a área da Serra da Bodoquena recebe grande fluxo turístico vinculada à sua rede hidrográfica. Notadamente no rio Salobra, ocorre um grande número de pessoas utilizando o rio para banho e recreação com acesso por meio das diferentes propriedades, sem nenhum planejamento integrado. Esse uso excessivo pode desencadear o desequilíbrio da biota aquática. Além disso, durante a alta temporada essas áreas são mais propensas a receber lixo. As condições de saneamento básico nos locais de balneário e *campings* torna-se um problema, por se tratar de zona rural não há rede de coleta e tratamento de esgoto. E como foi discutido anteriormente, esses pontos tem recebido contaminações advindas das fossas próximas ao canal.

Após o término do período da alta temporada, a tendência é o rio Salobra buscar se regenerar às condições naturais, mas esse período se torna cíclico com a alta temporada do ano seguinte. É necessário compreender que a utilização do rio pelos turistas ao longo do tempo poderá modificar o ecossistema aquático se não houver minimamente o atendimento à legislação ambiental. Trata-se de uma área de vizinhança de duas importantes Unidades de Conservação: Parque Nacional da Serra da Bodoquena e Parque Estadual Pantanal do Rio Negro, onde os efeitos de borda precisam ser considerados, exigindo estudos e gestão ambiental para contemplar, segundo as exigências do SNUC, não somente a área da UC mas sobretudo a zona de amortecimento e corredores ecológicos.

- **Ausência de APP e atendimento à legislação ambiental**

A campo foi possível identificar inúmeros trechos do rio Salobra que não possuem mata ciliar ou tem apenas presença de vegetação secundária. Muitas residências e *campings* estão edificadas dentro das APPs como é visto nas figuras 74 e 75. O respeito ao Código Florestal Brasileiro que prevê minimamente 30 metros de mata ciliar, é um fator imprescindível para a preservar a lâmina d'água do Salobra e a manutenção de todo o ecossistema.

Figura 74 – Edificações dentro da APP (o rio Salobra perpassa atrás da vegetação secundária).



Fonte: o próprio autor (agosto de 2021) - 20°40'58"S e 56°44'51"O.

Figura 75 – Área de lazer em áreas inadequadas (o córrego Cascavel perpassa atrás da mata).



Fonte: o próprio autor (dezembro de 2021) - 20°32'44"S e 56°42'55"O.

- **Voçoroca em afluente do rio Salobra**

Na rodovia não pavimentada da MS-339, que dá acesso a Morraria do Sul e ao município de Bonito, identificou-se uma voçoroca em um afluente do rio Salobra no planalto da Serra da Bodoquena. O local se encontra dentro da fazenda Alto Salobra, e por meio da figura 76 observa-se extensas áreas de pastagens.

Figura 76 – Voçoroca em afluente do rio Salobra.



Fonte: o próprio autor (abril de 2021) - 20°50'48"S e 56°51'41"O

A mata ciliar do canal fluvial foi totalmente retirada, causando um impacto no curso d'água. A nascente deste canal foi represada, formando assim uma lagoa artificial em meio à pastagem. No entorno da lagoa, também foi retirada a mata ciliar deixando o corpo hídrico desprotegido.

Sem a presença de mata ciliar, no canal iniciou-se um processo de ravinamento até abertura da voçoroca, erodindo o solo à jusante. Como a voçoroca está próxima de uma das nascentes há uma implicação no corpo hídrico, com alterações que podem desencadear processos ambientais irreversíveis.

- **Exploração mineral**

Um fator severamente contrastante no espaço geográfico na bacia hidrográfica do rio Salobra é a presença das empresas de exploração mineral, notadamente no município de Bodoquena, que se utiliza do turismo como importante setor da economia local. As empresas Horii e Camargo Corrêa se encontram dentro da bacia hidrográfica no médio curso. As figuras 77 e 78 apresentam a lavra e novas instalações da mineradora Horii (estrada que dá acesso ao Assentamento Canaã e atrativos turísticos). O turista em seu percurso até os atrativos contempla na paisagem, contraditoriamente, os impactos impressionantes da extração mineral.

Figura 77 – Lavra da mineradora Horii próxima ao divisor de águas da bacia hidrográfica do rio Salobra.



Fonte: o próprio autor (dezembro de 2021) - 20°37'54"S e 56°42'40"O.

Figura 78 – Novas instalações da mineradora Horii na estrada que dá acesso ao Assentamento Canaã.



Fonte: o próprio autor (dezembro de 2021) - 20°35'55"S e 56°41'22"O.

A fábrica de cimento do Grupo Camargo Corrêa (figura 79) faz a extração de sílica e calcário da Serra da Bodoquena. Está instalada na sub-bacia do córrego Cascavel (tributário do rio Salobra). No processo de fabricação do cimento é necessário utilizar água para o arrefecimento das torres de moagem que formam o clínquer (componente do cimento), entre outras etapas. No entanto, a água é transferida em vapor d'água, não retornando diretamente ao manancial.

Estudos de Souza (2020) apontam que apesar das lavras de extração de minério estarem próximas as redes de drenagem, não houve alteração na composição química das águas do córrego Campina (afluente do córrego Cascavel). Contudo, em casos específicos, os canais são suscetíveis a receber materiais inorgânicos advindos das lavras a céu aberto.

Figura 79 – Lavra do Grupo Camargo Corrêa na bacia hidrográfica do córrego Cascavel.



Fonte: o próprio autor (maio de 2016) - 20°28'33"S e 56°43'06"O.

Outro risco para as espécies da Serra da Bodoquena refere-se aos desmoronamentos que podem ocorrer devido as vibrações consequentes à detonação das rochas para extração mineral. Seriam necessários outros estudos para verificar se o córrego Cascavel recebe cargas de efluentes industriais direta ou indiretamente.

- **Agricultura irrigada próximo ao rio Salobra**

No baixo curso do rio Salobra, à margem direita do rio, encontra-se uma área de cultura irrigada (figura 80). Observa-se pela imagem de satélite que a mata ciliar está preservada, exceto na porção sul da área de plantio, onde encontra-se uma abertura no rio para canalizar as águas fluviais até a lavoura. Além da água do rio, identifica-se o uso da água dos dois lagos presentes na imagem.

Figura 80 - Uso da água do rio Salobra para cultura irrigada.



Fonte: CBERS-4A – resolução espacial de 8 m (01/05/2021) - 20°22'46"S e 56°39'24"O.

Como a área inicia a transição da Depressão Setentrional da Bodoquena para o Pantanal Miranda-Aquidauana, ao longo do corpo hídrico, notou-se inúmeras nascentes e lâminas d'água, que contribuem para a alimentação do rio Salobra. Essa característica faz deduzir de que os materiais orgânicos e inorgânicos (cargas excessivas de agrotóxicos) presentes nas áreas de plantio podem entrar em contato com os corpos hídricos de modo direto (em períodos chuvosos) e de modo indireto (período seco) pela percolação dos elementos no corpo do solo até atingir as águas subterrâneas. Esses aspectos necessitam de estudos específicos que possam subsidiar intervenções de gestão.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se, a partir dos resultados da pesquisa, que a bacia hidrográfica do rio Salobra possui rica biodiversidade e geodiversidade e notável importância ambiental e econômica, considerando suas características geográficas e localização na transição dos biomas Cerrado com o Pantanal.

Estudos realizados anteriormente revelaram que a bacia possui fragilidade ambiental. Isso é comprovado a campo observando os impactos de: construções em áreas de APPs, áreas de pastagem próximo ao canal principal e em topo de morros, avanço da agricultura no planalto da Serra da Bodoquena, e ausência de mata ciliar em diversos trechos do rio Salobra.

Aliado a essas informações, os resultados das características físicas, químicas e biológicas da água apresentaram valores alterados em alguns parâmetros, refletindo os impactos do uso na água. Vale considerar na presente análise que o rio Salobra é enquadrado como corpo hídrico de Classe 2, ou seja, o rio é enquadrado de acordo com o tipo de uso da terra, bem como a finalidade da água como recurso natural. Ressalta-se que as sub-bacias dos córregos Cascavel e Campina são classificadas como Classe 3, onde neste caso a forte presença da atividade de mineração é um fator crucial para essa classificação. Deste modo, os valores dos parâmetros analisados não exigem tanta qualidade, como os parâmetros de corpos hídricos de Classe Especial.

Especificamente quanto aos resultados da qualidade da água do rio Salobra, os parâmetros de nitrogênio total, nitrato, coliformes totais e coliformes termotolerantes chamaram atenção devido ao seu aumento em relação à 2011 e 2013. Assim como o oxigênio dissolvido que diminuiu em relação à 2011 e 2013. Os níveis de oxigênio dissolvido para Classe 2 não exigem valores elevados e mesmo assim o Salobra apresentou níveis próximos ao mínimo exigido, principalmente no (P3). Os parâmetros de nitrogênio total, coliformes totais e coliformes termotolerantes destacaram-se na pesquisa com resultados acima dos limites permitidos pela legislação. Esses dados se contrastam quando comparados aos dados de 2011 e 2013 monitorados pelo IMASUL (2014), o que demanda a continuidade de estudos para confirmação.

A presença do Parque Nacional da Serra da Bodoquena e do Pantanal é importante para a preservação da biodiversidade encontradas em ecossistemas únicos. Portanto, vale ressaltar que um canal fluvial depende de seus tributários para sua alimentação. Sendo assim, os eventos que ocorrem nas nascentes influenciam diretamente as águas do corpo hídrico à jusante, considerando que Bacia do Alto Paraguai drena as águas pantaneiras. Considerada a

maior área úmida do mundo, o Pantanal possui características peculiares que tornam o ecossistema frágil e indissociável da dinâmica regional, notadamente os efeitos de borda. Neste caso específico, a interferência ambiental na bacia hidrográfica do rio Salobra pode acarretar alterações no bioma Pantanal.

O avanço acelerado da agricultura, nos alerta sobre o uso da terra sem atender à legislação do Código Florestal e os desdobramentos que ocorrerão a longo prazo. Além disso, é necessário atentar para as atividades econômicas contrastantes (agricultura, turismo e mineração) em área cárstica / vulnerável. No contexto da bacia hidrográfica, a parceria entre as prefeituras de Bonito, Bodoquena e Miranda trariam maior eficácia na gestão ambiental, alinhando posicionamentos e ações.

Para evitar lacunas temporais entre as análises de água do rio Salobra, se faz necessário a continuidade do monitoramento sazonal da área para subsidiar a gestão. A análise geográfica da área é importante, principalmente aliada aos conhecimentos de profissionais de áreas afins, que contribuem abrindo novas perspectivas ao estudo.

É essencial, realizar um trabalho de conscientização, voltado aos moradores locais, apresentando dados e resultados sobre a importância do manejo da terra de forma sustentável, manter a mata ciliar, áreas florestais nos topos de morros, entre outras. Assim, minimizando os impactos da ação antrópica no sistema ambiental, uma vez que a área possui grandes e pequenas propriedades rurais com diferentes usos.

Como impactos positivos e benefícios trazidos para Mato Grosso do Sul, espera-se incentivar pesquisas inéditas na área Ambiental da microrregião de Bodoquena, aumentando a discussão de temas que na atualidade são muito relevantes.

Por possuir poucas informações bibliográficas sobre o rio Salobra, é necessário a continuação de pesquisas científicas na área, fomentando a preservação ambiental para o desenvolvimento região. Espera-se que os resultados sirvam como um alerta para medidas preventivas que contribuam para a Gestão Ambiental, como a necessária elaboração e aplicação de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs) em trechos específicos da bacia hidrográfica.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Eliane de Paula Clemente; ZARONI, Maria José; SANTOS, Humberto Gonçalves dos. **Chernossolos Argilúvicos**. 2021. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xhp02wx5ok0liq1mqyw2dnch.html. Acesso em: 10 maio 2021.
- ALMEIDA, Márcia Ajala. **Política de desenvolvimento e estruturação do espaço regional da área da Bodoquena em Mato Grosso do Sul**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia - Universidade Estadual Paulista - UNESP - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus de Presidente Prudente, 2005.
- ALMEIDA, F. F. M. de. Geologia da serra da Bodoquena (Mato Grosso). **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, Rio de Janeiro, p. 1-96, 1965.
- ALMEIDA, F. F. M. de. Contribuição à geologia dos Estados de Goiás e Mato Grosso. **Notas Preliminares e Estudos da Divisão de Geologia e Mineralogia**, Rio de Janeiro, p. 1-15, 1948.
- ALMEIDA, F. F. M. de. Geologia do sudoeste mato-grossense. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, Rio de Janeiro, nº 116 p. 1-118, 1945.
- ANA. **Catálogo de Metadados da ANA**. 2017. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/home>. Acesso em: 14 jun. 2021.
- ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; DISNEY, W.; ALVES, A. B. Seleção dos indicadores de qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, Jaboticabal, 2007. p. 683-690.
- AMORIM, Raul Reis. **Um novo olhar na geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas, sistemas antrópicos e sistemas ambientais**. Uberlândia: Caminhos da geografia, 2012 p. 80-101.
- APHA – American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. APHA, AWWA, WPCF. 14. ed. New York, 1975.
- ARAÚJO, Renato Moraes. **Diversidade e estrutura da ictiofauna de rios da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul**. 2011. 115 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/132618/TCCR Renato Moraes BIOUFSC-11-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 ago. 2020.
- BARBOSA, O. Contribuição à geologia da região Brasil-Bolívia. **Mineração Metalúrgica**, Rio de Janeiro, p.241-8, 1949.
- BARROS, Adriana de. **Planejamento do meio físico ambiental na área de alimentação de nascentes da bacia do Córrego Guanandy em Aquidauana-MS**. 2018. 150 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2018.

BERTALANFFY, Ludwig von. Teoria Geral dos Sistemas. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia Global. Esboço metodológico**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de geografia, Cadernos de Ciências da Terra, (13) p. 1-27.

BERTINI, M.A; FUSHITA, A. T.; LIMA, M. I. S. Vegetation coverage in hydrographic basins in the central region of the State of São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 3, p. 709 – 717, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/Y6ynfLzyYFMbjLYkFWpcFhK/?lang=en#>. Acesso em: 20 set. 2020.

BOGGIANI, P. C.; COIMBRA, A. M.; GESICKI, A. L. D.; SIAL, A. N.; FERREIRA, V. P.; RIBEIRO, F. B. & FLEXOR, J. M. **Tufas calcárias da Serra da Bodoquena. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 1999. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio034/sitio034.htm> Acesso em: 19 de ago. de 2020.

BORSATO, F., & MARTONI, A. M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 26 n.2, 2004. p. 273-285.

BRAGA, Benedito, PORTO, Monica, TUCCI, Carlos E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 145-160.

BRANCO, S. M. **Hidrologia aplicada à Engenharia Sanitária**. 3ª ed. São Paulo: CETESB/ACATESB. São Paulo, 1986. 640p.

BRANCO, Samuel Murguel. 1984. **O fenômeno Cubatão na visão do ecólogo**. São Paulo: CETESB / ASCETESB.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014. 112p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. **GEO Brasil Recursos Hídricos: componentes da série de relatórios sobre p estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Brasília, 2007. 264 p.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para o consumo**. Brasília, 2006. 212p.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de

lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** nº 053, Brasília, 18 de março 2005, págs. 58-63.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Ministério do Meio Ambiente. Dispõe sobre as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** nº 001, Brasília, 23 de janeiro 1986, págs. 1-5.

BRASIL. Lei nº9985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF. 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm>. Acesso em: 16 abr. 2008.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SF.21 Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. 416 p.

BRIGANTE et al. Caracterização física, química e biológica da água do rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia fluvial: um estudo no Rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RIMA, 2003

IBGE, Produção Agrícola Municipal 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeto Estudos Integrados do Potencial de Recursos Naturais. Estado de Mato Grosso do Sul. Solos. Brasília, 1988.

CAMPANHA, G.A.C.; BASEI, M.A.S.; TASSINARI, C.C.G.; NUTMAN, A.P.; FALEIROS, F.M. Constraining the age of the Iporanga Formation with SHRIMP U-Pb zircon: implications for possible Edicaram glaciation in the Ribeira Belt, SE Brazil. **Gondwana Research**, v. 13, n. 1, p. 117-125, 2008.

CAPPI, N.; BARROS, A. PEREIRA, R. H. G. Qualidade química e sanitária das águas do córrego João Dias. In: AYACH, L. R.; CAPPI, N.; PEREIRA, R. H. G. (Org). **A bacia hidrográfica do Córrego João Dias: uma análise ambiental integrada**. Campo Grande – MS: UFMS Editora, 2012. p.45-60.

CARBONARI, Fernando Iório. **A gestão dos recursos hídricos**. 1996. 56 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Gestão Ambiental, Cetesb, Universidade de Campinas, Campinas, 1996.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, Nov/2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgar Blücher, 1998.

Chorley, R. J.; Kennedy, B. A. **Physical Geography: A systems approach**. London: Prentice-Hall International. 1971.

CORRÊA, Fredmar. A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: Roteiro para o entendimento de seus Objetivos e Sistema de Gestão. **Série Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica**. Caderno n.2. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. 1995. Disponível em: <http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno_02.pdf>. Acesso em: 16 abr.2008.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **GeoSGB**. 2004. Disponível em: <https://geoportail.cprm.gov.br/geosgb/>. Acesso em: 02 mar. 2021.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Aquidauana. Folha SF.21-X-A. – Escala 1:250.000. Estado de Mato Grosso do Sul. GODOI, H. S. (Org). Brasília: CPRM, 2001. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/plgb/aquidauana/aquidauana_geologia.pdf. Acesso em 16 out 2017.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos et al. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF, 2018.

EMBRAPA. Áreas de Preservação Permanente e Desenvolvimento Sustentável / Ladislau Araújo Skorupa. Jaguariúna, p. 1-4, dez. 2003.

ESPÍNDOLA, E. L. G.; SILVA, J. S. V.; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. et al. **A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho: Uma Abordagem Ecossistêmica e a Visão Interdisciplinar**. São Carlos: Rima, 2000.

ESQUERDO, Júlio César Dalla Mora. Atualização dos mapas de recursos hídricos do Estado do Mato Grosso do Sul por meio do uso de geotecnologias / Júlio César Dalla Mora Esquerdo. - Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2012.

EVANS, J.W. The Geology of Mato Grosso. Quarterly Journal of the Geological Society of London, 50 (2): 85-104, 1894.

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande- PB. 136p.

FBDS. **Repositório público de mapas e shapefiles para download**. 2021. Disponível em: <https://www.fbds.org.br>. Acesso em: 15 maio 2021.

FEISTAUER, Diogo; LOVATO, Paulo Emilio; SIMINSKI, Alexandre; RESENDE, Sidivan Aparecido. IMPACTOS DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL NA REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL DE PROPRIEDADES RURAIS FAMILIARES. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 749-757, 30 set. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/7288/9519>. Acesso em: 17 jun. 2021.

FIGUEIREDO, A.J. de A. et al. Projeto Alto Guaporé; relatório final. Goiânia, DNPM/CPRM, 1974. 11 v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2323).

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Tecnologia Espacial no Brasil. In: FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. p. 23-32.

GOMES, Marco Antônio Ferreira. Água: sem ela seremos o planeta marte de amanhã. **Embrapa**, Brasília, p. 1-4, mar. 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/921047>. Acesso em: 02 jan. 2022.

HASUI, Yociteru. A grande colisão Pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. **Geociências: UNESP**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 141-169, 2010. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7147/6592>. Acesso em: 31 maio 2021.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; SILVA, L.C.; CAMPOS NETO, M.C.; TROUW, R.A.J. A evolução tectônica da Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO NEVES, B.B. (Coords.), **Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, p. 203-234, 2004.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Parque Nacional da Serra da Bodoquena**. Brasília: ICMBio, 2013. 50 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 22 fev. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bases cartográficas contínuas: pedologia**. 2019. Disponível em: https://geofpt.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/vetores/escala_250_mil/versao_2019/. Acesso em: 03 mar. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bases cartográficas contínuas: geomorfologia**. Geomorfologia. 2019. Disponível em: https://geofpt.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/vetores/escala_250_mil/versao_2019/. Acesso em: 03 mar. 2021.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2007.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2007.

IMASUL - **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda**: Diagnóstico da bacia hidrográfica do rio Miranda. Campo Grande: Imasul, 2014. 363 p.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. **SPRING**: sistema de processamento de informações georreferenciadas. Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas. 2021. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>. Acesso em: 31 maio 2021.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas. **SPRING - Manual do usuário**, São José dos Campos – SP, 2002.

JENSEN, John R. Sensoriamento Remoto do Ambiente. In: JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. p. 1-38.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (Ed.). **Methods of seawater analysis**: Verlag Chemie Weinheim. Determination of nutrients, 1976. p.117-181

LEFEBVRE, Henri, **A revolução urbana**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 1999.

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.

LISBOA, A.R. Oeste de São Paulo, Sul de Mato Grosso. Estrada de Ferro Nordeste do Brasil. Com. E. Schnoor. Rio de Janeiro, 1909.

LORENZETTI, João Antônio. O conceito de sensoriamento remoto. In: LORENZETTI, João Antônio. **Princípios físicos de sensoriamento remoto**. São Paulo: Blucher, 2015. p. 15-23.

MACIEL FILHO, A. A.; GÓES-JUNIOR, C. D.; CÂNCIO. J. A.; HELLER, L.; MORAES, L. R. S.; CARNEIRO, M. L.; COSTA, S. S. D. (2003) Interfaces da gestão de recursos hídricos e saúde pública. Interfaces da gestão de recursos hídricos e saúde pública: Desafios da Lei das Águas em 1997, 2ª ed. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília.

MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. **Water analysis**: some revised methods for limnologists. 1978.

MACIEL, P. Filito Cambriano no Estado de Mato Grosso. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia. São Paulo, 8(1):31-9, 1959.

Manual para elaboração de trabalho de conclusão de curso (TCC) e dissertações /organização Eva Teixeira dos Santos, Maria Aparecida Jacques de Arruda, Rosalina Brites de Assunção. - Aquidauana, MS: CPAQ, 2015

MATHEUS, C. E.; MORAES, A. J.; TUNDISI, T. M; TUNDISI, J. G. **Manual de Análises Limnológicas**. USP, 1995

MATO GROSSO DO SUL, GEOPARK BODOQUENAPANTANAL:
Dossiê de candidatura à Rede Global de Geoparks Nacionais sob auspício da Organização das Nações Unidas para Educação, Ciências e Cultura/UNESCO. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil, 2010.

MATO GROSSO DO SUL - Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral - SEPLAN/MS. Atlas Multirreferencial do Estado de Mato Grosso do Sul. Conv. Fundação IBGE (Solos, Vegetação, Geologia, Geomorfologia e Clima). Campo Grande-MS, 1990.

MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P.. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 33-38, dez. 2002. Disponível em: https://www.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf. Acesso em: 27 fev. 2022.

MELO, Ewerton Torres; SALES, Marta Celina Linhares; OLIVEIRA, José Geraldo Bezerra de. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do riacho dos cavalos, Crateús – CE. **RAE GA**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 520-533, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/24919/16717>. Acesso em: 31 mai. 2021.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. Níveis de Aquisição de Dados. In: NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2012. p. 137-158.

NUSCH, E. A. **Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination**. Arch. Hydrobiol. Beih. Stuttgart, 14: 14-36. 1980

OKAWA, Cristhiane Michiko Passos, POLETO, Cristiano. Gerenciamento de Recursos Hídricos. In: POLETO, Cristiano (Org.). **Bacias hidrográficas e recursos hídricos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. Cap. 1. p. 1-25.

OLIVEIRA, A.I. de; LEONARDOS, O.H. Geologia do Brasil. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola, 1943, 813 p. (série didática 2).

OLIVEIRA, S. L. de. Tratado de metodologia científica. São Paulo: Pioneira, 1999. 320 p.

POLETO, Cristiano. Bacias hidrográficas urbanas. In: POLETO, Cristiano (Org.). **Bacias hidrográficas e recursos hídricos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. Cap. 2. p. 29-44.

PAZDIORA, P. C.; ZANELLA, A.; BARIANI, C. J. M. V.; VALIM, M. F.; FELICE, R. D.; BARIANI, N. M. V. Aplicação de Sistema de Monitoramento Ambiental utilizando métodos físicoquímicos associados a sensoriamento remoto nas microbacias urbanas do município de Itaquí. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** Curitiba – PR, 2011.

PEDROSA-SOARES, A.C.; CASTAÑEDA, C.; QUEIROGA, G.; GRADIM, C.; BELÉM, J.; RONCATO, J.; NOVO, T.; DIAS, P.; GRADIM, D.; MEDEIROS, S.; JACOBSON, T.; BABINSKI, M.; VIEIRA, V. Magmatismo e tectônica do Orógeno Araçuaí no extremo leste de Minas e norte do Espírito Santo (18°-19°S, 41°-40°30'W). **Geonomos**, v. 14, n. 1-2, p. 97-111, 2006.

PENALVA, F. Reconhecimento geológico da faixa pré-cambriana na borda leste do pantanal, Mato Grosso. **Boletim geográfico**, Rio de Janeiro, 32(232): 76-84, 1973.

PIMENTEL, M.M.; JOST, H.; FUCK, R.A. O embasamento da Faixa Brasília e o Arco Magmático de Goiás. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B.B. (Orgs.), **Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, p. 355-368, 2004.

PIRES, J.S.R. **Análise Ambiental voltada ao Planejamento e Gerenciamento do Ambiente Rural: Abordagem Metodológica Aplicada ao Município de Luiz Antônio - SP.** (Tese de Doutorado), PPG-ERN, UFSCar, 1995.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físicoquímicos.** São Paulo: ABES, 2005. 286p.

Prefeitura Municipal de Bodoquena. **Conheça Bodoquena.** 2020. Disponível em: <http://www.bodoquena.ms.gov.br>. Acesso em: 23 ago. 2020.

QUEIROZ, C.L.; JOST, H.; SILVA, L.C.; McNAUGHTON, N.J. U-Pb SHRIMP and Sm-Nd geochronology of granite gneiss complexes and implications for the evolution of the Central Brazil Archean Terrain. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 26, p. 100-124, 2008.

RAMOS, Geylla Maria de Oliveira Marinho. **Evolução histórica da legislação brasileira sobre o uso da água Conteúdo Jurídico**, Brasília-DF: 14 mai 2018. Disponível em: <https://conteudojuridico.com.br/consulta/Artigos/52115/evolucao-historica-da-legislacao-brasileira-sobre-o-uso-da-agua>. Acesso em: 14 mai 2018.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 1-35.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Água e desenvolvimento rural. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 43, n. 15, p. 327-344, 2001.

RIBEIRO FILHO, W. et al. Projeto serra azul; relatório final Goiânia, DNPM/CPRM, 1975.

RODRIGUEZ, J. M. M.; CAVALCANTI, A. P. B. Meio Ambiente: histórico e contextualização. In: CAVALCANTI, A. P. B. (org.). **Desenvolvimento Sustentável e planejamento: bases teóricas e conceituais.** Fortaleza: UFC, 1997. p. 9-26.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de Água: Tecnologia Atualizada.** São Paulo: Blucher, 1991. 332p.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 81-90, mar. 2005. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47288/51024>. Acesso em: 31 mai. 2021.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos** / Luis Enrique Sánchez. 2. ed. São Paulo: Oficina dos Textos, 2013.

SANTOS JÚNIOR, Valdevino José dos; SANTOS, Carolina Oliveira. A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas. **Estação Científica**, Macapá, v. 3, n. 1, p. 19-30, jan. 2013. Disponível em: <http://periodicos.unifap.br/index.php/estacao>. Acesso em: 02 mar. 2021.

SANTOS, M. A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: Hucitec, 1996.

SANTOS, José Eduardo dos; DEL PRETTE, Marcos Estevan. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. p. 17-36.

SALLUN FILHO, William; KARMANN, Ivo. BOGGIANI, Paulo Cesar. Paisagens Cársticas da Serra da Bodoquena. In: Virginio Mantesso Neto; Andrea Bartorelli; Celso Dal Ré Carneiro; Benjamin Bley de Brito Neves. (Org.). **Geologia do continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flavio Marques de Almeida**. 1ª ed. São Paulo: Beca Produções Culturais, 2004, p. 425-433.

SCHOLTEN, C. **Dinâmica temporal da poluição fecal nas águas do Córrego Rico, manancial de abastecimento da cidade de Jaboticabal-SP**. 2009. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Jaboticabal – SP. 66p.

SEER, H.J.; BROD, J.A.; VALERIANO, C.M.; FUCK, R.A. Leucogranitos intrusivos no Grupo Araxá: registro de um evento magmático durante colisão neoproterozóica na porção meridional da Faixa Brasília. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 1, p. 33-42, 2005.

SILVA, Marcos Roberto Alves da; MACIEL, Luciana Santos da Costa; MOREIRA, Márcia de Freitas. Zoneamento ambiental – um estudo de caso do processo de uso e ocupação do solo no município de Uberlândia. **Geoatos**, Presidente Prudente, v. 1, n. 13, p. 66-87, jan. 2013.

SILVA, L.C.; PEDROSA-SOARES, A.; TEIXEIRA, L.; ARMSTRONG, R. Tonian rift-related, A-type continental plutonism in the Araçuaí Orogen, eastern Brazil: new evidence for the breakup stage of the São Francisco-Congo Paleocontinent. **Gondwana Research**, v. 13, p. 527-537, 2008.

SILVA NETO, João Cândido André da. **Zoneamento ambiental como subsídio para o ordenamento do território da bacia hidrográfica do rio Salobra, Serra da Bodoquena – MS**. 2013. 292 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente, 2013.

SILVA NETO, João Cândido André da. **Indicação para o uso da terra na bacia hidrográfica do rio Salobra – Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul**. Curitiba: RA E GA 25 O espaço geográfico em análise, 2012. p. 279-304.

SILVEIRA, Thyago. Análise físico-química da água da bacia do rio Cabelo - João Pessoa - PB. In: II CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2., 2007, João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: Connepi, 2007. p. 1 - 10.

SOUZA, Núbia Jaqueline de Sá. **Análise da qualidade da água e percepção ambiental na bacia hidrográfica do córrego Campina, Bodoquena-MS**. 2020. 55 f. TCC (Graduação) -

Curso de Geografia Licenciatura, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2020.

SETTI, Arnaldo Augusto; LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck; CHAVES, Adriana Goretti de Miranda; PEREIRA, Isabella de Castro. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2. ed. Brasília: Aneel, 2001. 226 p. Disponível em: <http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/1377/Gerenciamento%20de%20Recursos%20Hidricos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 04 abr. 2021.

SOARES, J.B.; MAIA, A.C.F. **Água: microbiologia e tratamento**. Fortaleza: UFC, 1999. 206p.

SOTCHAVA, V. B. O Estudo de Geossistemas. **Métodos em questão**, 16. IG-USP. São Paulo, 1977.

SOUZA, José Carlos de. **Metodologia para avaliação ambiental em bacias hidrográficas, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto**. 2017. 96 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Sorocaba, 2017.

STRICKLAND, J. D.; PARSONS, T. R. **A manual of seawater analysis**. Bull. Fihs. Res. Bel. Can., v.125, p.1-185. 1960.

TEIXEIRA, C.; J. G. TUNDISI, et al. **Plankton studies in a mangrove II. The standing stock and some ecological factors**. Bol. Inst. Oceanogr, 24: 23-41. 1965.

TELLES, Dirceu D'alkin. A água e o ambiente. In: TELLES, Dirceu D'alkin (Org.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Blucher, 2013. Cap. 1. p. 27-54.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. São Paulo: Ministério das Cidades, 2005. 270 p.

TUNDISI, J. G. **Produção primária, "standing stock" e fracionamento do fitoplâncton na região lagunar de Cananéia**. São Paulo: USP, 1969.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 3. ed. São Carlos, SP: RiMa: IIE, 2009. 251 p.

TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 67 – 75, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/9NFHqXk7LTh7gjJVgcPF34r/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 08 jun. 2021.

UNESCO. WWAP/RICHARD CONNOR. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2020**. Colombella: ANA, 2020. 12 p. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372882_por. Acesso em: 21 jun. 2021.

VALDERRAMA, J. C. **The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorous in natural waters**. Marine chemistry, v.10, p.109-222. 1981.

VALE, Cláudia Câmara do. Teoria geral do sistema: histórico e correlações com a geografia e com o estudo da paisagem. **Entre-Lugar**, Dourados, v. 3, n. 6, p. 85-108, jul. 2012.

Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/2448>. Acesso em: 21 maio 2020.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological Analyses**: Springer-Verlag. 1991. 391 p.