

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
Governador Eduardo Leite

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO
Secretária Danielle Calazans

SUBSECRETARIA DE PLANEJAMENTO
Secretária Carolina Mór Scarparo

DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO GOVERNAMENTAL
Diretor Henrique Gomes Acosta

DIVISÃO DE GEOGRAFIA E CARTOGRAFIA
Chefe de Divisão Laurie Fofonka Cunha

Comissão Editorial

Fernando Dreissig de Moraes - SPGG/RS
Laurie Fofonka Cunha - SPGG/RS

Conselho Editorial

Aldomar Arnaldo Rückert - UFRGS
Antonio David Cattani - UFRGS
Antonio Paulo Cargnin - GVG/RS
Christine Silva Schroeder - UFCSPA
Dakir Larara Machado da Silva -UFRGS
Iván G. Peyré Tartaruga - U.Porto, Portugal
Jacqueline Angélica Hernández Haffner - UFRGS
Lucas Manassi Panitz - UFRGS

Meri Lourdes Bezzi - UFSM
Pedro Silveira Bandeira - UFRGS
Roberto Verdum - UFRGS
Rozalia Brandão Torres - UCS
Sérgio Luís Allebrandt - UNIJUÍ
Silvina Cecilia Carrizo - UNICEN, Argentina
Virginia Elisabeta Etges - UNISC

Comitê Científico

Adriana Dorfman- UFRGS
Adriano Luís Heck Simon - UFPEL
Alberto Marcos Nogueira - SPGG/RS
Alejandro Fabián Schweitzer - UNPA, Argentina
Ana Maria de Aveline Bertê- SPGG/RS
Anelise Graciele Rambo - UFRGS
Bárbara Maria Giacom Ribeiro - UFSM
Bruno de Oliveira Lemos – SPGG/RS
Camila Bertoletti Carpenedo - UFPR
Camila Xavier Nunes - UFBA
Carla Giane Soares da Cunha- SPGG/RS
Carlos Felipe Christmann Stoll - SPGG/RS
Carmen Juçara da Silva Nunes - SPGG/RS
Carmen Rejane Flores Wizniewsky - UFSM
César Augusto Ferrari Martinez - UFPEL
Cesar De David - UFSM
Claudio Marcus Schmitz - Min. da Economia, Brasil
Clódís de Oliveira Andrades Filho - UFRGS
Daniel Mallmann Vallerius - UFT
Débora Pinto Martins - UFPEL
Dionísio Saccol Sangoi - SPGG/RS
Eduardo Schiavone Cardoso - UFSM
Ely José de Mattos - PUCRS
Erika Collischonn - UFPEL
Evelin Cunha Biondo - Col. Aplicação- UFRGS
Éverton de Moraes Kozenieski - UFFS
Fabio Correa Alves – INPE
Felipe Nievinski - UFRGS
Fernando Comerlatto Scottá - SEMA/RS
Gabriela Coelho-de-Souza - UFRGS
Gabrielli Teresa Gadens Marcon - UERGS
Giovana Mendes Oliveira - UFPEL
Heleniza Ávila Campos - UFRGS
Herbert Klarman - SPGG/RS
Isabel Cristiane Rekowski - SPGG/RS

Ivanira Falcade - UCS
João Luiz Nicolodi - FURG
Juçara Spinelli - UFFS
Juliana Cristina Franz - UFSM
Juliana Feliciati Hoffmann - SPGG/RS
Katia Kellem da Rosa - UFRGS
Lauren Lewis Xerxenevsky - SPGG/RS
Laurindo Antonio Guasselli- UFRGS
Lilian Maria Waquil Ferraro - FEPAM/RS
Luciana Dal Forno Gianluppi- SPGG/RS
Luciane Rodrigues de Bitencourt - UPF
Lucimar de Fátima Santos Vieira - UFRGS
Luís Eduardo de Souza Robaina - UFSM
Luiz Felipe Velho - IFRS
Mariana Lisboa Pessoa - SPGG/RS
Marilene Dias Bandeira - SPGG/RS
Marlise Amália Reinehr Dal Forno - UFRGS
Maurício Meurer – UFPEL
Mery Stefani Leivas Pereira - SPGG/RS
Moisés Ortemar Rehbein - UFPEL
Nathaly Xavier Schutz - UNIPAMPA
Nina Simone Vilaverde Moura - UFRGS
Pedro Tonon Zuanazzi - SPGG/RS
Rafael Lacerda Martins - ULBRA
Rafael Zilio Fernandes - UFOPA
Rejane Maria Alievi, UNISC
Rosanne Lipp João Heidrich- SPGG/RS
Siclério Ahlert - UFPEL
Sidnei Luís Bohn Gass - UNIPAMPA
Tanise Dias Freitas - UFRGS
Tarson Núñez - SEDAC/RS
Theo Soares de Lima - UFRGS
Tiaraju Salini Duarte - UFPEL
Viviana Aguilar Muñoz - INPE



Publicação da Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Rio Grande do Sul (SPGG/RS)

ISSN 2446-7251

Hospedada no Portal de Revistas da SPGG: revistas.planejamento.rs.gov.br

Av. Borges de Medeiros, 1501/20º andar, Bairro Praia de Belas

Porto Alegre – RS

CEP: 90119-900

Telefone: +55 51 32881539

E-mail: boletim-geografico@planejamento.rs.gov.br

facebook.com/BoletimGeograficoRS

Indexadores e bases bibliográficas:

BASE, Bibliothèque de Géographie - Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Diadorim, Directory of Open Access Journals, Google Scholar, Latindex, LivRe, Miguilim, Oasisbr, Open Academic Journals Index, PKP Index, REDIB, Sumários

Qualis Periódicos:

A3 (2017-2020)

* Os dados, ideias, opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos publicados, bem como a exatidão das referências, são de inteira responsabilidade do(s) autor(es), não expressando necessariamente a opinião da SPGG/RS.

Arte da capa a partir de fotografia de autoria de Kátia Vazzoller, disponível para uso livre sob licença Creative Commons no seguinte endereço: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pelotas_RS_\(12035185154\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pelotas_RS_(12035185154).jpg)

Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul / Secretaria de
Planejamento, Governança e Gestão - RS. – Ano 1, n. 1 (1955)-
. Porto Alegre : Secretaria de Planejamento, Governança e
Gestão, 1955- .
v. : il.
Semestral.
ISSN 2446-7251

1. Geografia – Periódico – Rio Grande do Sul. I. Rio Grande do
Sul. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão.

CDU 91(05)

Bibliotecária responsável: Tamini Farias Nicoletti – CRB 10/2076

ÍNDICE

EDITORIAL.....p.6

ARTIGOS

ANÁLISE QUALITATIVA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRATINI – RS - *Gabriel Borges dos Santos, Jeferson Peres Gomes, Marlon Heitor Kunst Valentini, Henrique Sanchez Franz, Bruno Müller Vieira*.....p. 9

CENTRALIDADE, MARGINALIZAÇÃO E ESPAÇO: UMA PRÁTICA DE CAMPO - *Anelize Milano Cardoso, Carlos André Gayer Moreira*.....p. 34

LEVANTAMENTO SOBRE A DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DA REGIÃO SUL DO RIO GRANDE DO SUL - *Larissa Aldrighi da Silva, Anderson Gabriel Corrêa, Maiara Moraes Costa, Victória Duarte, Diuliana Leandro, Afranio Costa Filho*.....p. 53

PROSPECÇÃO DE AMETISTAS: UTILIZAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO DE POTENCIAIS ÁREAS DE MINERAÇÃO NO SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL - *Breno Mello Pereira, Miguel da Guia Albuquerque, Jean Marcel de Almeida Espinoza*.....p. 75

NOTAS TÉCNICAS

O SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL - *Fernando Comerlato Scottá, Raíza Cristovão Schuster, Aline Duarte Kaliski, Walter Lorenzo Zilio Motta Souza, Sumirê Da Silva Hinata, Luciano Brasileiro Cardone, Carolina Menegaz*.....p. 99

EDITORIAL

A 41ª edição do Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul apresenta quatro artigos e uma nota técnica, que são expostos a seguir:

Abrindo a presente edição, o artigo **Análise qualitativa das águas superficiais da bacia hidrográfica do Rio Piratini - RS**, de autoria de Gabriel Borges dos Santos, Jeferson Peres Gomes, Marlon Heitor Kunst Valentini, Henrique Sanchez Franz e Bruno Müller Vieira, objetiva avaliar a qualidade da água na bacia do Rio Piratini a partir de quatro parâmetros, utilizando séries históricas em três pontos de monitoramento. Os resultados apresentaram alta variabilidade nas medidas que indicam poluição por efluente doméstico, bem como a tendência de aumento de suas concentrações.

Em **Centralidade, marginalização e espaço: uma prática de campo**, Anelize Milano Cardoso e Carlos André Gayer Moreira expõem um estudo, a partir da experiência de uma saída de campo, que objetiva apresentar algumas questões urbanas e relações de centralidade no município de Pelotas –RS. A fim de contribuir para a formação de professores, essa atividade expõe a importância do acompanhamento e da orientação em atividade externa, bem como o diálogo entre sala de aula e aula em campo, refletindo sobre a questão do espaço vivido do aluno frente à cidade.

Larissa Aldrighi da Silva, Anderson Gabriel Corrêa, Maiara Moraes Costa, Victória Duarte, Diuliana Leandro e Afranio Costa Filho são os autores de **Levantamento sobre a destinação dos resíduos da região sul do Rio Grande do Sul**. O estudo visa identificar o cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos nos 29 municípios que compõem a regional sul da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roesler – FEPAM, envolvendo a destinação, a existência de aterros sanitários e, por fim, a eliminação e recuperação de lixões.

No artigo **Prospecção de ametistas: utilização do sensoriamento remoto no estudo de áreas potenciais de mineração no sudoeste do Rio Grande do Sul**, Breno Mello Pereira, Miguel da Guia Albuquerque e Jean Marcel de Almeida Espinoza aplicam o método de classificação *Spectral Angle Mapper* (SAM) em imagens do sensor ASTER, buscando semelhanças entre as assinaturas espectrais de alvos de referência e dos pixels de uma imagem. A partir do referido método, é possível reconhecer a maior probabilidade de ocorrência de determinados materiais, inclusive aqueles mais associados à ametista, como basalto, malaquita e quartzo. Sendo assim, trata-se de uma alternativa no apoio à prospecção de jazidas.

Por fim, a nota técnica presente neste volume é de autoria de Fernando Comerlato Scottá, Raíza Cristovão Schuster, Aline Duarte Kaliski, Walter Lorenzo Zilio Motta Souza, Sumirê Da Silva Hinata, Luciano Brasileiro Cardone, Carolina Menegaz e o seu título é **O Sistema de Informações de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul: um novo marco para a gestão de recursos hídricos**. No trabalho, organizado no âmbito da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul (SEMA/RS), apresenta-se o SIRH/RS, que é um instrumento de gestão de águas. Utilizando dados disponíveis no *site* da própria SEMA/RS e de *sites* que hospedam dados de interesse sobre o assunto, o sistema foi organizado conforme os principais temas atinentes aos recursos hídricos e traz o enfoque na reunião, integração e disponibilização das informações.

Estimamos uma boa leitura!

Comissão Editorial do Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul

junho de 2023

ARTIGOS

ANÁLISE QUALITATIVA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRATINI - RS

Gabriel Borges dos Santos

Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Mestre em Recursos Hídricos
Doutorando em Recursos Hídricos - UFPel
E-mail: gabrielwxsantos@hotmail.com

Jeferson Peres Gomes

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária – UFPel
E-mail: gomesjefersonpg@gmail.com

Marlon Heitor Kunst Valentini

Técnico em Controle Ambiental, Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Mestre em Recursos Hídricos
Doutorando em Recursos Hídricos - UFPel
E-mail: marlon.valentini@hotmail.com

Henrique Sanchez Franz

Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Mestre em Recursos Hídricos
Doutorando em Recursos Hídricos - UFPel
E-mail: hsffranz@gmail.com

Bruno Müller Vieira

Engenheiro Químico, Mestre e Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais
Professor da UFPel, Diretor do Centro de Engenharias da UFPel
E-mail: bruno.prppg@hotmail.com

RESUMO

A qualidade de água dos corpos hídricos superficiais é essencial para o desenvolvimento socioeconômico de uma região. Dentro deste escopo, o objetivo do presente estudo é avaliar a qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Piratini sendo esta uma das principais sub-bacias que compõem a grande bacia hidrográfica transfronteiriça Mirim-São Gonçalo, localizada no sul do Brasil e nordeste do Uruguai. Para isso, foram selecionadas séries históricas de três pontos (P1, P2 e P3) de monitoramento, coletadas no período de 2017 a 2019, das quais quatro parâmetros de qualidade de água foram avaliados, sendo eles *Escherichia Coli*, Fósforo, Oxigênio Dissolvido e Nitrogênio Amoniacal. As metodologias utilizadas compreendem a análise estatística descritiva em cima dos dados, elaboração de mapas para melhor visualização da variação da concentração de cada parâmetro entre os pontos e anos estudados e desenvolvimento do índice de estado trófico. Os resultados apresentaram alta variabilidade nos parâmetros indicadores de poluição por efluente doméstico, bem como, a tendência de aumento de suas concentrações. O índice de estado trófico demonstrou que existe uma tendência ao longo dos anos analisados de diminuição do número de amostras classificadas como ultraoligotróficas, havendo um aumento de condições mesotróficas e oligotróficas, porém as ultraoligotróficas ainda representam a maioria das amostras analisadas. Ainda, foi constatado que o ponto P1 é possivelmente influenciado principalmente por poluição por esgoto doméstico devido a ocupação urbanizada do seu entorno. Já nos pontos P2 e P3, os resultados sugerem poluição por produtos agrícolas associado a ocupações de pastagens do entorno. O presente estudo ressalta a importância do monitoramento da qualidade da água como subsídio para elaboração de estratégias para melhorar a gestão de recursos hídricos.

PALAVRAS-CHAVES: Poluição Hídrica; QGIS; Geoprocessamento; Índice de Estado Trófico.

QUALITATIVE ANALYSIS OF SURFACE WATER FROM THE PIRATINI RIVER HYDROGRAPHIC BASIN - RS

ABSTRACT

The water quality of surface water bodies is essential for the socioeconomic development of a region. Within this scope, the objective of this study is to evaluate the water quality of the Piratini River watershed, which is one of the main sub-basins comprising the large transboundary watershed Mirim-São Gonçalo, located in southern Brazil and northeastern Uruguay. In order to achieve this, historical series of three monitoring points (P1, P2, and P3) was selected, and samples were collected during the period from 2017 to 2019, of which four water quality parameters were evaluated: *Escherichia Coli*, Phosphorus, Dissolved Oxygen and Ammoniacal Nitrogen. The methodologies used comprise descriptive statistical analysis of the data, mapping for better visualization of the variation of concentration of each parameter among the points and years studied, and development of the trophic state index. The results showed high variability in the parameters indicating pollution by domestic effluent as well as a tendency for their concentrations to increase. The trophic state index showed that there has been a trend over the years of a decrease in the number of samples classified as ultraoligotrophic with an increase in mesotrophic and oligotrophic conditions, although the ultraoligotrophic still account for the majority of the samples analyzed. Furthermore, it was found that point P1 is possibly influenced mainly by pollution from domestic sewage due to the urbanized occupation of its surroundings. In points P2 and P3, on the other hand, the results suggest pollution from agricultural products associated with pasture occupation of the surroundings. This study highlights the importance of monitoring water quality as a support for the development of strategies to improve the management of water resources.

KEYWORDS: Water Pollution; QGIS; Geoprocessing; Trophic State Index.

10

INTRODUÇÃO

A disponibilidade e a qualidade da água afetam diretamente o modo de vida de uma população (WHATELY; CAMPALINI, 2016). Ainda, a revolução industrial melhorou a qualidade de vida, o que possibilitou um considerável crescimento populacional, entretanto, a demanda por recursos hídricos tem aumentado nas últimas décadas, bem como, a poluição (LOPES-TIBURTIUS; PERALTA-ZAMORA, 2004; LI; WU, 2019). Com isso, a disponibilidade de águas com qualidade para consumo tem diminuído (ALTENBURGUER *et al.*, 2019; JI *et al.*, 2020) e, além disso, os custos de manutenção dos sistemas de abastecimento de água têm aumentado (VAN VILET *et al.*, 2021). Assim, a preservação e proteção dos mananciais é necessária para assegurar a qualidade de vida e, para tanto, o monitoramento de qualidade da água é fundamental (BEHMEL *et al.*, 2016).

Conforme reportado por diversos estudos de qualidade de água, o lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento, bem como o uso inadequado de produtos agrícolas estão entre as principais causas de poluição hídrica (PINTO *et al.*, 2019). No Brasil, apenas 50% da população do país tem esgoto coletado, e, deste, apenas 42% é tratado (SNIS, 2017), o que pode causar graves prejuízos aos corpos hídricos, sendo que o despejo de esgoto *in natura* é a principal

causa de poluição das águas superficiais (IBGE, 2021). Ainda, a segunda maior causa de poluição hídrica está relacionada ao uso inadequado de produtos agrícolas, causando impactos negativos na biodiversidade de ecossistemas aquáticos (CORRÊA *et al.*, 2022). Além da perda da biodiversidade aquática, a eutrofização e o aumento da ocorrência de doenças de veiculação hídrica estão entre as principais consequências da poluição das águas (FIA *et al.*, 2009).

No sul do Brasil, diversos estudos têm reportado problemas ambientais relacionados à poluição hídrica (FRANZ *et al.*, 2022; GOMES *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2021; VALENTINI *et al.*, 2021a). Estudos conduzidos em corpos hídricos dessa região demonstram que a qualidade das águas é afetada pelo uso de fertilizantes nas áreas utilizadas para agricultura, bem como por efluentes domésticos (DROSE *et al.*, 2020; CORRÊA *et al.*, 2022; TORMAN *et al.*, 2017). Nesta região destaca-se o Rio Piratini que atende 11 municípios e abastece cerca de 73.951 habitantes, sendo um dos principais tributários da Lagoa Mirim (IBGE, 2021).

Estudos desenvolvidos nesta região como os de Valentini *et al.* (2020) e Valentini *et al.* (2021a) têm encontrado concentrações significativas de *Escherichia Coli* (E.Coli), parâmetro que indica contaminação fecal e está relacionada com a ocorrência de doenças de veiculação hídrica (ODONKOR; AMPOFO, 2013). Tais estudos reportam valores de oxigênio dissolvido em desacordo com os valores estabelecidos pelas normas vigentes, o que indica poluição de origem antrópica e é um risco para fauna aquática (DERISIO, 2016). Ainda, também foram encontrados altos valores de fósforo e nitrogênio nos corpos hídricos da região (VALENTINI *et al.*, 2020; VALENTINI *et al.*, 2021a) sugerindo poluição por fertilizantes, podendo acarretar problemas de eutrofização (PANTANO *et al.*, 2016), conferindo aumento de algas, mortalidade de peixes e redução da balneabilidade e potabilidade (FIA *et al.*, 2009; VALENTINI *et al.*, 2021b; VALENTINI *et al.* 2021c). Uma das ferramentas utilizadas para avaliar possíveis problemas de eutrofização é o índice de estado trófico, o qual tem se demonstrado útil para o planejamento e gestão de ecossistemas (TORMAN *et al.*, 2017).

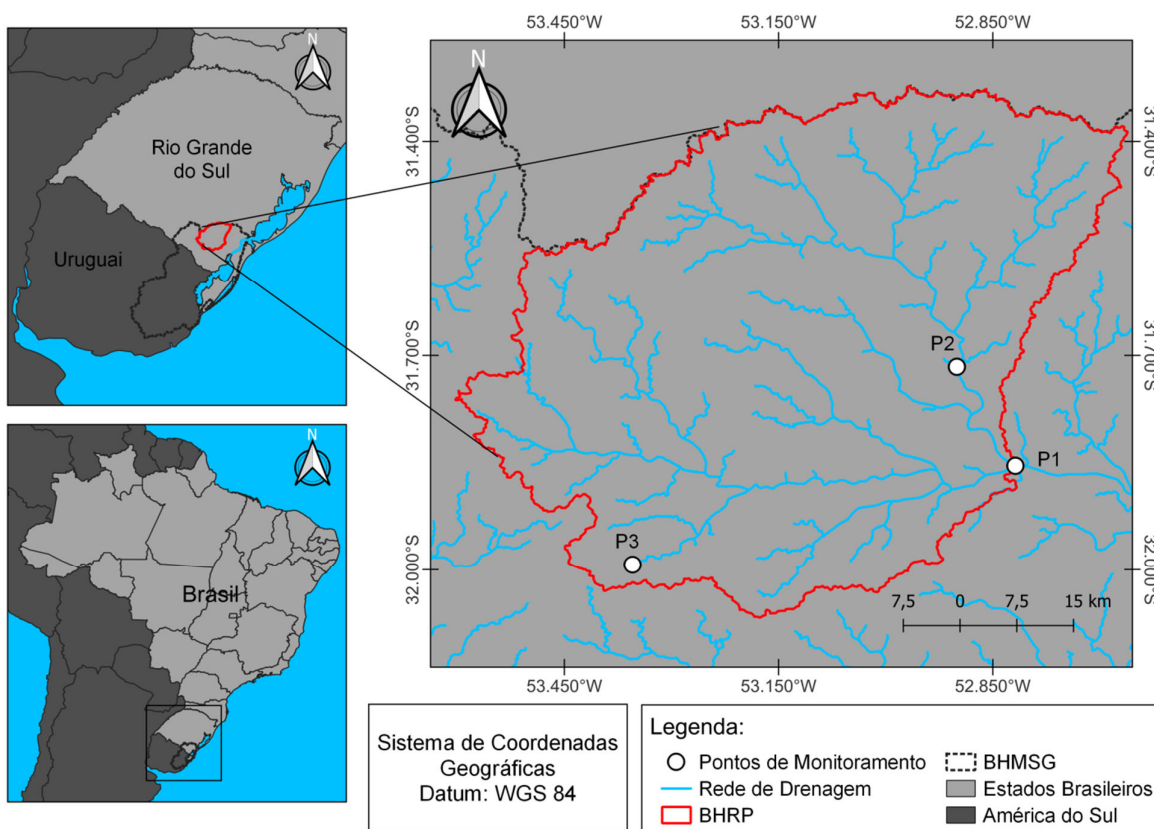
Deste modo, o objetivo do presente estudo é avaliar a qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Piratini (BHRP), ao qual possui como corpo hídrico principal o Rio Piratini, um dos corpos hídricos tributários do Canal São Gonçalo. Para tanto, foram avaliados dados de monitoramento de parâmetros chave de qualidade da água (fósforo total, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido e *Escherichia Coli*), bem como o índice de estado trófico, visando a compreensão do impacto do uso e ocupação da bacia sobre a qualidade de suas águas superficiais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição do local de estudo

A área de estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Piratini (BHRP) que possui aproximadamente 4.700,47 km² e encontra-se inserida dentro da grande bacia hidrográfica transfronteiriça Mirim - São Gonçalo (BHMSG) (Figura 1), abrangendo nove municípios do Rio Grande do Sul (RS): Canguçu, Capão do Leão, Cerrito, Herval, Morro Redondo, Pedras Altas, Pedro Osório, Pinheiro Machado e Piratini (FEPAM, 2021). Destaca-se que neste estudo a BHRP foi delimitada tomando como exutório a estação de monitoramento fluviométrico Pedro Osório (88641000), sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Figura 1 – Localização da BHRP e dos pontos de monitoramento utilizados no estudo.



Fonte: Autores.

O Rio Piratini, corpo hídrico principal da BHRP, é um dos principais afluentes do Canal São Gonçalo (MOURA *et al.*, 2019), importante via navegável que une a Laguna dos Patos à Lagoa Mirim (GOUVÊA; ZARNOT; ALBA, 2010). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa (subtropical úmido), caracterizado por apresentar chuvas bem distribuídas ao longo do

ano e temperatura média anual variando entre 16°C e 18°C (ÁLVARES *et al.*, 2013). Destaca-se ainda que a BHRP está inserida na região morfológica do Planalto Sul-rio-grandense, abrangendo ainda a Planície Costeira (RAMGRAB e WILDNER, 1999). Conforme Philipp e Machado (2002), as unidades geológicas drenadas pela BHRP incluem predominantemente rochas ígneas, meta-ígneas e sedimentares do Cinturão Dom Feliciano.

Coleta de dados e pontos de monitoramentos

Os dados utilizados neste estudo pertencem ao banco de informações da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM) (FEPAM, 2021). Tais dados foram coletados em três pontos de monitoramento descritos na Tabela 1 e apresentados espacialmente na Figura 1.

Tabela 1 - Descrição dos pontos de monitoramento.

Ponto	Estação (Cód. FEPAM)	Local	Latitude	Longitude
1	88643000	Rio Piratini	-31,86030042	-52,81679778
2	88549000	Rio Piratini	-31,71580000	-52,90040000
3	88187000	Arroio Caracá	-31,98789000	-53,38189000

Fonte: Autores.

A série de dados analisadas é composta por 10 amostragens que foram coletadas entre os anos de 2017 a 2019 para cada ponto, onde alguns dos parâmetros analisados e utilizados neste estudo foram: fósforo total (P total), nitrogênio amoniacal (nitrogênio A.), oxigênio dissolvido (OD) e colônias de *Escherichia coli* (E.coli).

Análise das concentrações dos parâmetros

Após o tabelamento dos dados, desenvolveu-se em um primeiro momento uma estatística descritiva sobre os mesmos, como média, desvio padrão, máximo e mínimo, para cada um dos parâmetros aqui analisados neste estudo.

Posteriormente foi realizada a concentração média anual (dos anos de 2017, 2018 e 2019) de cada um dos parâmetros para cada ponto de monitoramento. Para ter uma melhor visualização da variação da concentração de cada parâmetro entre os pontos e anos estudados, elaborou-se mapas por meio de um *software* livre de código aberto conhecido como QGIS, versão 3.22.5, o qual permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados para a construção de mapas ilustrativos.

Uso e ocupação do solo

Para melhor compreender os resultados obtidos, elaborou-se um mapa de uso e ocupação do solo para a BHRP a partir do banco de dados do MapBiomas (2019) por meio do QGIS. Tal mapa foi subdividido em 6 classes de uso e ocupação, descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Descrição das classes de uso e ocupação do solo.

Classes	Descrição
Agropecuária	Corresponde às áreas ocupadas com culturas anuais, incluindo áreas com período de descanso entre os plantios agrícolas. Composta também por pastagens que correspondem à vegetação herbácea cultivada (intervenção humana).
Área não vegetada	Áreas com cobertura vegetal menor que 5%. Classe mista incluindo praias e dunas, infraestrutura urbana e rural, áreas de mineração e afloramentos rochosos.
Floresta plantada	Culturas de plantas lenhosas para fins comerciais. Em geral de espécies exóticas.
Formação florestal	Vegetação natural com copa contínua de árvores ou arbustos lenhosos, com copas tocantes ou ligeiramente separadas, com cobertura igual ou superior a 65%.
Pântanos e pastagens inundáveis	Áreas com vegetação herbácea nativa fortemente influenciada pela água. Apresentam inundações permanentes ou temporárias.
Pastagem	Vegetação herbácea natural ou semi-natural (intervenção humana).

Fonte: Adaptado de MapBiomas (2019).

Índice de Estado Trófico - IET

Para melhor representar a qualidade da água na BHRP desenvolveu-se o Índice de Estado Trófico (IET). O IET foi calculado conforme a metodologia proposta por Lamparelli (2004), que foi uma adaptação para ambientes tropicais do índice adotado por Carlson (1977), utilizado para climas temperados. A equação utilizada neste estudo (Equação 1) para o cálculo do IET foi desenvolvida para ambientes lóticos (córregos e rio), e é apresentada a seguir:

$$IET = 10 \times \left[6 - \frac{0,42 - 0,36 \times \ln(P)}{\ln 2} \right] - 20 \quad \text{Equação 1.}$$

em que:

P : concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

Os limites e as classes dos diferentes níveis tróficos para os ambientes lóticos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação do IET.

Valor	Classes
$67 < IET$	Hipereutrófico
$63 < IET \leq 67$	Supereutrófico
$59 < IET \leq 63$	Eutrófico
$52 < IET \leq 59$	Mesotrófico
$47 < IET \leq 52$	Oligotrófico
$IET \leq 47$	Ultraoligotrófico

Fonte: Lamparelli (2004).

Os resultados do IET foram calculados para cada coleta em cada ponto. Para melhor visualização foi calculado a média anual de cada ponto de monitoramento e apresentado espacialmente a partir da elaboração de um mapa por meio do *software* QGIS. Também foi calculado o percentual anual do IET para todas as coletas e foi exibido graficamente tal distribuição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise das concentrações dos parâmetros e do uso e ocupação do solo

As estatísticas descritivas permitem obter um panorama geral da qualidade das águas da BHRP ao longo de todos os pontos de monitoramento. Nesse sentido, a Tabela 4 demonstra as médias, desvios padrão, máximos e mínimos de cada parâmetro de qualidade da água estudado.

Tabela 4 - Estatística descritiva dos dados.

	E.coli (NMP/100mL)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio A. (mg/L)	OD (mg/L)
Média	456,68	0,10	0,13	9,26
Desvio Padrão	542,47	0,11	0,09	0,87
Máximo	2419,60	0,47	0,35	11,72
Mínimo	37,90	0,01	0,03	7,78

Fonte: Autores.

16

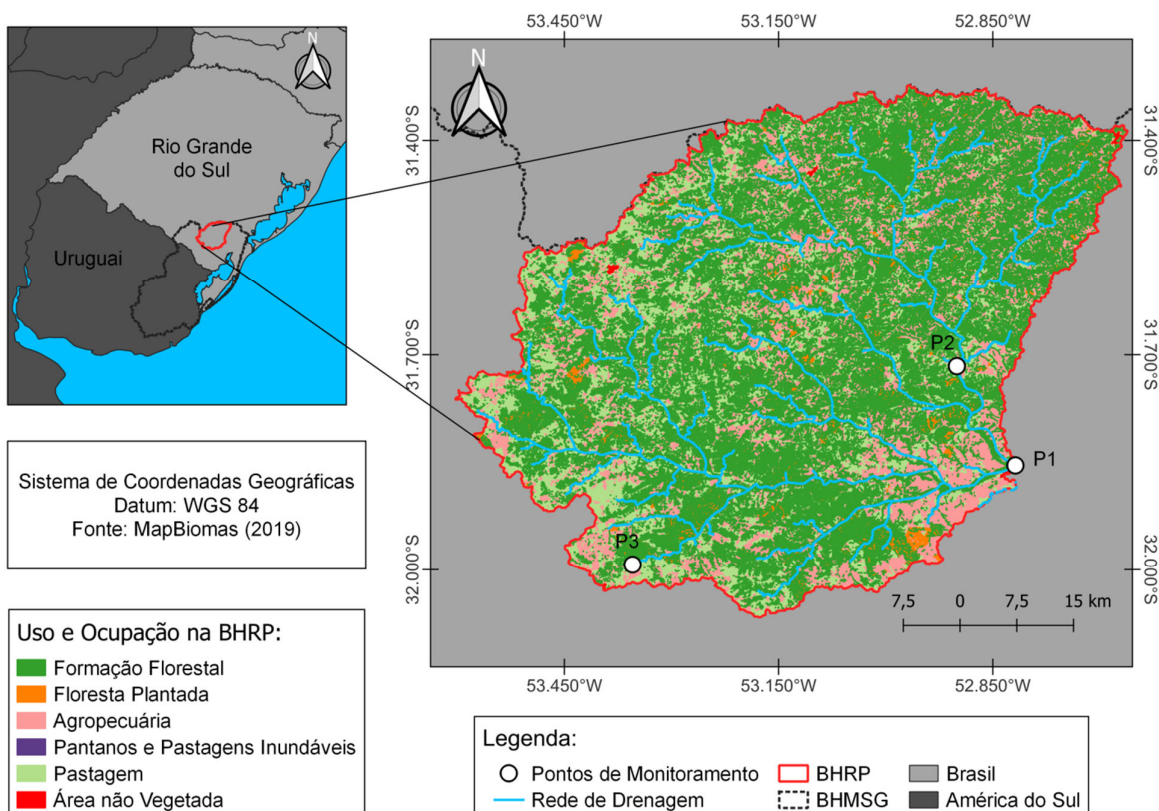
Nos termos da resolução nº 274/2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os valores médios para a concentração de E. coli encontrados ao longo da BHRP podem ser classificados como satisfatórios (CONAMA, 2000). No entanto, esse parâmetro apresentou um desvio padrão relativo de 118,78%, ou seja, uma grande variabilidade foi percebida para o mesmo, de modo que tanto valores muito altos quanto muito baixos foram encontrados. Assim sendo, ao passo que a mínima concentração de E. coli observada nos pontos de coleta permite classificar a qualidade da água do mesmo como excelente, a concentração máxima remete à categoria de imprópria (CONAMA, 2000).

O parâmetro P total demonstrou um padrão semelhante. Com base nas definições da resolução nº 357/2005 do CONAMA, a média obtida equivale aos valores estabelecidos para águas superficiais de classe 1, mas a variabilidade de 110% deste parâmetro fez com que os valores máximos encontrados para o mesmo sejam enquadrados como de classe 4 (CONAMA, 2005). O parâmetro OD, por outro lado, apresentou um desvio padrão relativo consideravelmente menor, de apenas 9,4%. Assim, todos os valores verificados de OD estão dentro da classe 1, indicando que os pontos de amostragem aqui analisados apresentaram concentrações excelentes de OD durante o período de

estudo. Por fim, com relação ao parâmetro Nitrogênio A., a média obtida representa a qualidade de um recurso hídrico de classe 1; porém, vale ressaltar que o mesmo apresentou uma variabilidade de 69,2%, impactando diretamente nessa classificação.

A grande variabilidade observada nas estatísticas descritivas deve ser decorrente dos diferentes efeitos causados pela ação antrópica nas regiões dos pontos de coleta (SOUZA; GASTALDINI, 2014). Portanto, torna-se relevante compreender quais são as principais atividades desenvolvidas no entorno dos mesmos. Nesse contexto, a Figura 2 demonstra o uso e a ocupação do solo na BHRP com base no banco de dados do MapBiomias (2019).

Figura 2 - Uso e Ocupação do solo na BHRP.

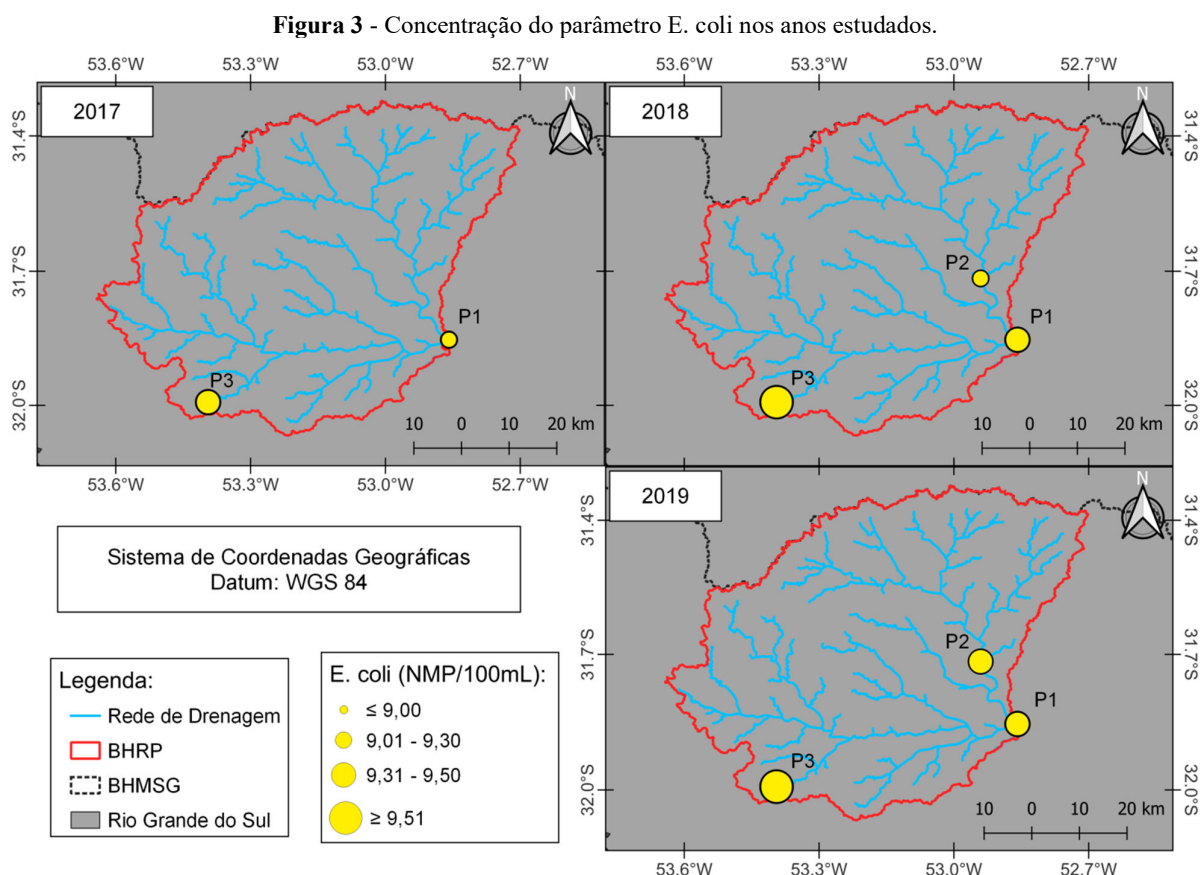


Fonte: Autores.

É possível verificar por meio da Figura 3, que os três pontos de monitoramento se situam em locais com ocupações e usos distintos. Enquanto que o P1 se encontra rodeado principalmente por zonas de atividade agropecuária, o P2 está mais coberto por formações florestais e pastagens. Já o P3

se encontra em uma região que possui tanto formações florestais quanto pastagens e áreas de desenvolvimento agropecuário.

No intuito de compreender a extensão do efeito das divergências mencionadas sobre a qualidade da água da BHRP, foram construídos mapas que ilustram a concentração média dos parâmetros avaliados para cada estação em cada um dos anos de estudo. A Figura 3 demonstra tal fator para o parâmetro *E. coli*. Vale destacar que, no ano de 2017 não foi realizado a coleta no ponto P2 para o parâmetro *E. coli* o que justifica a ausência da concentração na Figura 3.



Fonte: Autores.

A *E. coli* é unicamente oriunda de fezes animais e humanas (FEPAM, 2021). Nesse sentido, as atividades agropecuárias e o lançamento de esgotos não tratados são as principais fontes dessa bactéria (BRANCO, 2014). Assim sendo, altas concentrações da mesma são um forte indicativo da precarização da qualidade da água (PANDEY 2014; VALENTINI *et al.*, 2021a; SANTOS *et al.*, 2020a).

Apesar de em taxas diferentes, todas as estações de monitoramento demonstraram aumentos anuais da concentração E. coli. Os pontos P3 e P1 apresentaram crescimentos de 65,45% e 199,72%, respectivamente, entre os anos de 2017 e 2018. Já entre 2018 e 2019, a concentração do parâmetro mencionado se elevou em 5,22%; 106,56% e 19,06% nos pontos de monitoramento P3, P2 e P1, nessa ordem. Percebeu-se que, em contraste com os anos de 2018 e 2019, houve um maior crescimento no período de 2017 e 2018.

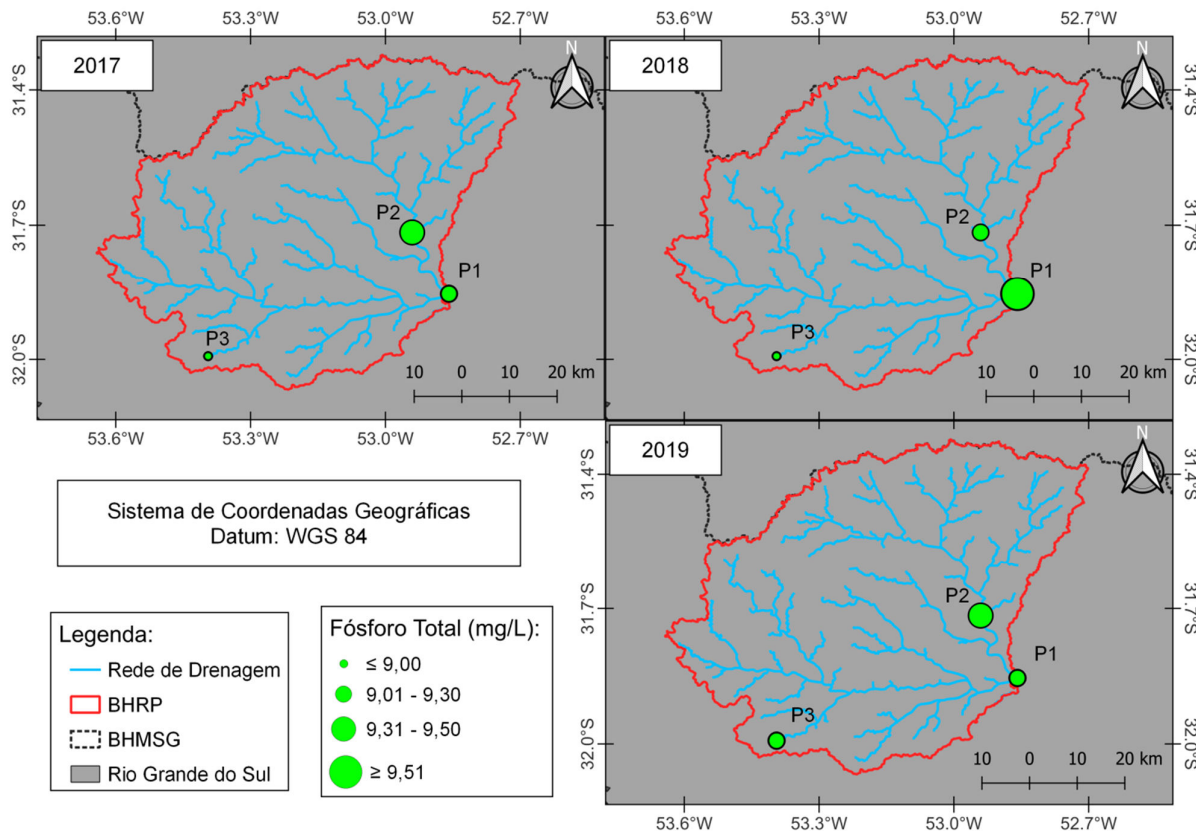
Existem diversos estudos que apresentaram uma correlação estatisticamente significativa entre a concentração de coliformes e índices pluviométricos, pois maiores volumes de chuva aumentam o carregamento de poluentes para os corpos hídricos, aumentando, assim, a concentração de E. coli e outros compostos prejudiciais ao meio (VALENTINI *et al.*, 2021a; VALENTINI *et al.*, 2021b; ANDRIETTI *et al.*, 2016). Contudo, através dos dados pluviométricos das estações localizadas ao longo e ao redor da BHRP, notou-se que houve uma constante redução na média do volume de chuvas entre 2017 e 2019 (OGASSAWARA, NUNES, RIQUETTI; 2021; ANA, 2023a). Consequentemente, não é possível dizer que foram os maiores índices pluviométricos que causaram um aumento na concentração de E. coli devido a um maior carregamento de poluentes para os corpos hídricos. Sendo assim, o crescimento anual desse parâmetro pode ser atribuído unicamente ao maior despejo de resíduos e efluentes nas águas da BHRP. Ainda, diversos estudos como os de Santos *et al.* (2021) Valentini *et al.* (2021c) e Valentini *et al.* (2021d) encontraram, de fato, uma correlação entre os parâmetros microbiológicos e a deterioração da qualidade da água, associando esses parâmetros ao despejo de efluentes e/ou a dejetos animais, corroborando os resultados encontrados neste estudo.

Também se notou uma considerável distinção na concentração de E. coli nos diferentes pontos de monitoramento. O ponto P3 apresentou a maior concentração média (entre 2018 e 2019), de 813,2 NMP/100ml. Esse fator pode ser consequência da extensa área de pastagem existente próxima ao local de coleta, pois, conforme dito anteriormente, os coliformes presentes nas fezes bovinas podem ser carregados até os corpos hídricos pela chuva (GOMES *et al.*, 2022). O P1 apresentou uma média de 287,1 NMP/100ml, sendo o segundo ponto com maior concentração média de E. coli. Uma vez que essa estação de monitoramento está localizada em um trecho do rio Piratini que demarca a divisa entre o perímetro urbano das cidades de Pedro Osório e Cerrito, pode-se inferir que a presença de E. coli nas águas surge do despejo de esgoto doméstico não tratado, pois segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), nenhum cidadão desses municípios possui acesso a coleta e tratamento de esgoto (ANA, 2023b).

No entanto, vale ressaltar que o corpo hídrico apresenta uma boa capacidade de diluição dos poluentes, especialmente porque os municípios que o afetam são pouco populosos, com cerca de apenas sete mil habitantes cada (IBGE, 2017). Por último, o P2 demonstrou a menor média entre os pontos de monitoramento, possivelmente porque o mesmo é o local de coleta que está mais coberto por formações florestais, contendo apenas uma pequena porção de pastagens e áreas agropecuárias (Figura 2).

O parâmetro P total age como um indicativo da poluição que alcança os corpos hídricos através da deposição de efluentes urbanos e industriais (KUMAR *et al.*, 2016). Além disso, já que o fósforo é um dos principais aditivos químicos empregados nas lavouras para aumentar a produtividade, o mesmo também pode ser oriundo de atividades agrícolas devido à erosão do solo e ao escoamento causado pela chuva (ROCHA; PEREIRA, 2016; DROSE *et al.*, 2020; MACHADO *et al.*, 2006; GEBLER *et al.*, 2010). Essa fonte de fósforo torna-se especialmente relevante em vista do fato de que apenas uma pequena porção dos nutrientes contidos nos fertilizantes é aproveitada pelas culturas (CUNHA; CASARIN; PROCHNOW, 2010). Vale ressaltar que altas concentrações de fósforo nos corpos hídricos podem causar a eutrofização do meio, reduzindo substancialmente a qualidade da água (LIMA *et al.*, 2016). Por conseguinte, o monitoramento da concentração de fósforo torna-se essencial para garantir a correta gestão dos recursos hídricos. Nesse sentido, a Figura 4 ilustra a concentração do parâmetro P total nos anos estudados.

Figura 4 - Concentração do parâmetro P total nos anos estudados.



Fonte: Autores.

A partir da análise da variação espacial do parâmetro P total, notou-se que há uma maior concentração do mesmo nas estações de monitoramento P2 e P1. As maiores médias anuais foram observadas nos pontos P2, P1 e P2 para os anos de 2017, 2018 e 2019, respectivamente. Com relação às médias gerais, enquanto P3 apresentou uma concentração de 0,053 mg/L, P1 e P2 demonstraram os maiores valores, de 0,111 e 0,108 mg/L, nessa ordem. A partir de tais valores, as águas do ponto de monitoramento P3 seriam enquadradas na classe 1, ao passo que a classe 3 seria a classificação adequada para os demais, o que enfatiza a clara distinção na qualidade da água dos diferentes locais de amostragem em se tratando do parâmetro P total (CONAMA,2005).

A partir da observação da Figura 2 e sabendo que essa estação de monitoramento se situa em perímetro urbano, pode-se facilmente indicar que a grande concentração de fósforo em P1 está atrelada a disposição de efluentes urbanos e ao escoamento dos fertilizantes aplicados nas áreas agrícolas do entorno (VALENTINI *et al.*, 2021e; GOMES *et al.*, 2022). Uma vez que os pontos P2 e P3 estão distantes de centros urbanos e industriais, a presença de fósforo nos mesmos deve ser

decorrente de atividades agrícolas. Embora a Figura 2 indique que há uma maior extensão de áreas dedicadas à agropecuária no entorno de P3, a concentração de fósforo no mesmo é menor do que em P2. Portanto, pode-se inferir que há uma maior aplicação de fertilizantes fosforados na região de P2. Alternativamente, também é possível que a topografia e a precipitação dos dois locais sejam consideravelmente distintas, influenciando no escoamento de nutrientes para os corpos hídricos.

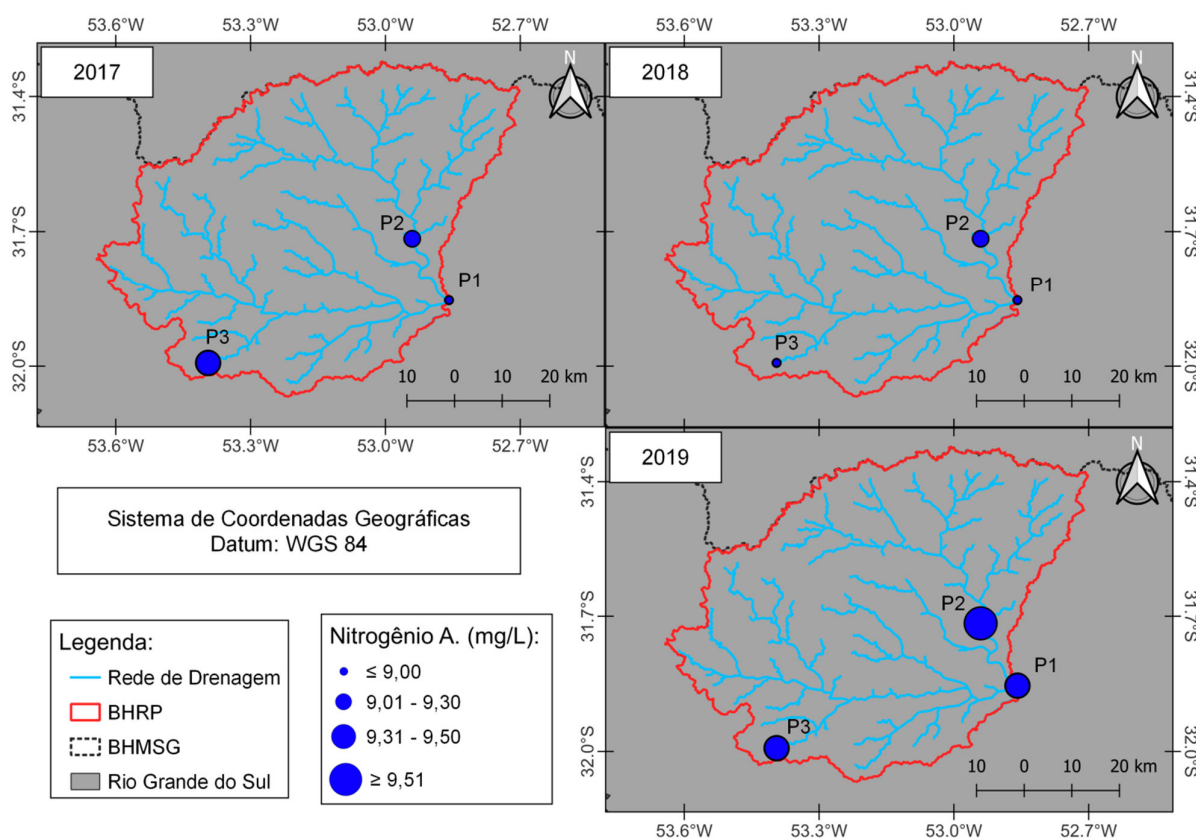
Não foi possível perceber um padrão de variação anual ao avaliar as estações individualmente. Entre 2017 e 2018, P1 demonstrou um aumento de 209,83% na concentração de fósforo, enquanto que P2 apresentou uma redução de 38,89% para o mesmo. No entanto, entre 2018 e 2019, ambos inverteram suas variações, isto é, ao passo que o parâmetro P total em P1 reduziu-se em 55,55%, P2 demonstrou um crescimento de 125,76%. Apesar de ter mantido uma tendência de crescimento, a concentração de fósforo em P3 aumentou em taxas muito distintas, saindo de apenas 3,66% entre 2017 e 2018 para 81,18% no período seguinte. Sendo assim, não foi possível apontar uma melhora ou piora desse parâmetro para os locais de coleta de maneira individual. Vale ressaltar, porém, que, de acordo com Santos *et al.* (2020a), a variação de P total pode estar relacionada com uma mudança na concentração de matéria orgânica na água e também com uma variação na taxa de decomposição da mesma nos corpos hídricos já que o fósforo é um dos principais nutrientes liberados durante a degradação da matéria orgânica em ambientes aquáticos (CETESB, 2019).

Contudo, ao observar a variação anual da média geral do parâmetro P total ao longo de todos os pontos de monitoramento situados na BHRP, notou-se uma tendência de crescimento. O valor obtido para 2017 foi de 0,07, enquadrando a BHRP como um recurso hídrico de classe 1 de forma geral (CONAMA, 2005). Contudo, em 2019, esse valor foi de 0,103, o que torna a classificação da mesma próxima da classe 3 (CONAMA, 2005). Nesse sentido, torna-se essencial fazer o controle dos níveis de P total de modo a mantê-los em uma faixa adequada para evitar a eutrofização do meio, pois esse processo pode ser extremamente prejudicial para a qualidade da água, causando uma série de alterações negativas no ambiente, tais como: redução dos níveis de OD, alteração do pH, crescimento exponencial de algas, produção de toxinas e liberação de odores desagradáveis devido a decomposição anaeróbia da matéria orgânica (BRAGA *et al.*, 2010; BARRETO *et al.*, 2013).

Semelhantemente ao parâmetro P total, o Nitrogênio A. se faz presente nos corpos hídricos em virtude do escoamento de fertilizantes agrícolas e de efluentes urbanos e industriais (SHRESTHA; KAZAMA, 2007; DROSE *et al.*, 2020). Consequentemente, esse parâmetro também sofre efeitos da variação do volume de chuvas, a qual altera o carreamento dos poluentes até os ambientes aquáticos (WANG *et al.*, 2013; GOMES *et al.*, 2022). Além disso, o nitrogênio é um dos principais nutrientes

que, quando em concentrações elevadas, dão início ao processo de eutrofização, sendo essa uma das razões que justificam o monitoramento e o controle do parâmetro Nitrogênio A. (LIMA *et al.*, 2016). Nesse contexto, a Figura 5 ilustra a concentração de Nitrogênio A. para os pontos de monitoramento estudados.

Figura 5 - Concentração do parâmetro Nitrogênio A. nos anos estudados.



Fonte: Autores.

A concentração média de Nitrogênio A. foi de 0,138; 0,137 e 0,116 mg/L nos pontos de monitoramento P3; P2 e P1, respectivamente. Dessa forma, notou-se que as atividades agrícolas apresentaram um maior efeito sobre a concentração desse parâmetro do que as atividades urbanas, pois os maiores valores do mesmo foram percebidos nos pontos que estão mais distantes de cidades. Além disso, também é possível que a menor concentração de Nitrogênio A. em P1 seja oriunda da existência de mata ciliar no entorno do ponto de monitoramento (GOMES *et al.*, 2022).

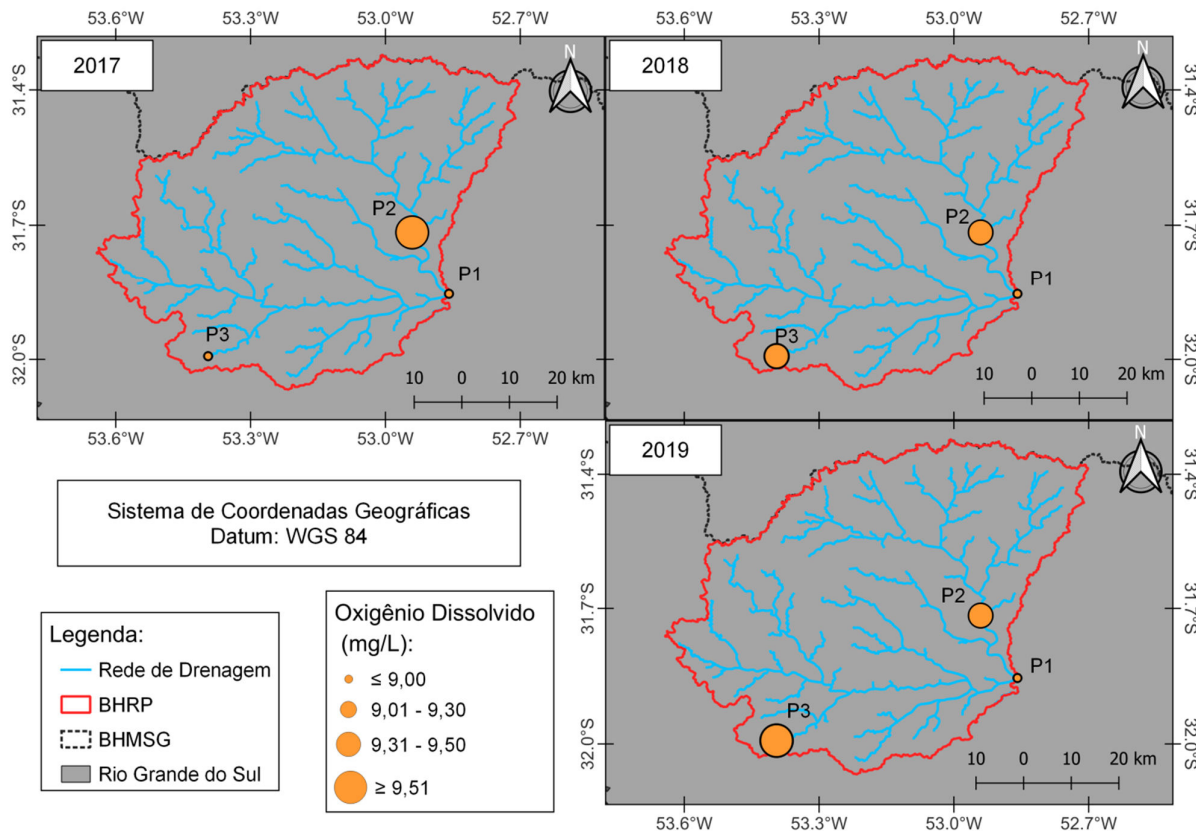
A partir da média anual dos pontos de monitoramento, percebeu-se que a concentração de Nitrogênio A. caiu em 21,37% entre 2017 e 2018, mas cresceu em cerca de 52,43% no período

seguinte. Individualmente, ao passo que as estações de monitoramento P3 e P2 demonstraram comportamentos similares, P1 apresentou um crescimento contínuo, sendo esse de 1,9% e 28,04% entre 2017 e 2018 e 2018 e 2019, respectivamente. Em vista disso, pode-se indicar a possível ocorrência de uma redução da aplicação de fertilizantes nitrogenados na região durante o primeiro período, causando uma redução da concentração de Nitrogênio A. nos locais onde o mesmo é predominantemente dependente da atividade agrícola (P3 e P2) e reduzindo a taxa de crescimento nos pontos de coleta onde a influência urbana também tem significância (P1).

De modo geral, houve um crescimento de 19,85% na concentração de nitrogênio A. nas estações de monitoramento entre os extremos dos períodos estudados. Todavia, a média final ainda é de 0,157 mg/L, valor esse que está bem abaixo do limite máximo permitido para esse parâmetro para corpos hídricos classe 1, ou seja, apesar do crescimento, os valores médios ainda se mantêm consideravelmente baixos (CONAMA, 2005). Vale ressaltar, contudo, que tal fato não diminui a relevância de manter um monitoramento e controle desse parâmetro na bacia, pois o mesmo apresenta uma forte correlação positiva com a DQO do meio, a qual, caso cresça em demasia, pode acarretar em condições anaeróbias que levam a produção de amônia, ácidos orgânicos e a redução do pH do ambiente aquático (SHRESTHA; KAZAMA, 2007).

No que concerne ao oxigênio dissolvido (OD), esse parâmetro, segundo Valentini *et al.* (2020), pode estar fortemente relacionado à presença de poluição por matéria orgânica nos recursos hídricos. Ainda, segundo Santos *et al.* (2020b), baixas concentrações de OD decorrentes de altas concentrações de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) estão associadas à alta atividade microbiana, uma vez que os microrganismos necessitam de OD para realizar a decomposição aeróbia da matéria orgânica, corroborando a associação de baixas concentrações de OD com a poluição por matéria orgânica, logo evidencia-se a importância do monitoramento desse parâmetro. Sendo assim, na Figura 6 pode ser visualizada a concentração de OD para os pontos de monitoramento estudados.

Figura 6 - Concentração do parâmetro OD nos anos estudados.



Fonte: Autores.

De acordo com o que pode ser observado na Figura 6, as menores concentrações de OD foram observadas em P1 para todos os anos monitorados. Conforme dito anteriormente, a localização do P1 está próxima de áreas urbanas, bem como de áreas de atividade agropecuária (Figura 2), o que pode corroborar as baixas concentrações de OD encontradas nesse ponto, uma vez que despejos de esgotos domésticos e efluentes agrícolas, associados à poluição por matéria orgânica, podem causar a redução da concentração desse parâmetro nos corpos hídricos. Diversos estudos apontam a associação das baixas concentrações de OD com o lançamento de efluentes oriundos de atividades agrícolas e urbanas, corroborando os resultados encontrados neste estudo (DROSE *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2020a; SANTOS *et al.*, 2020b; VALENTINI *et al.*, 2021c e VALENTINI *et al.*, 2021d).

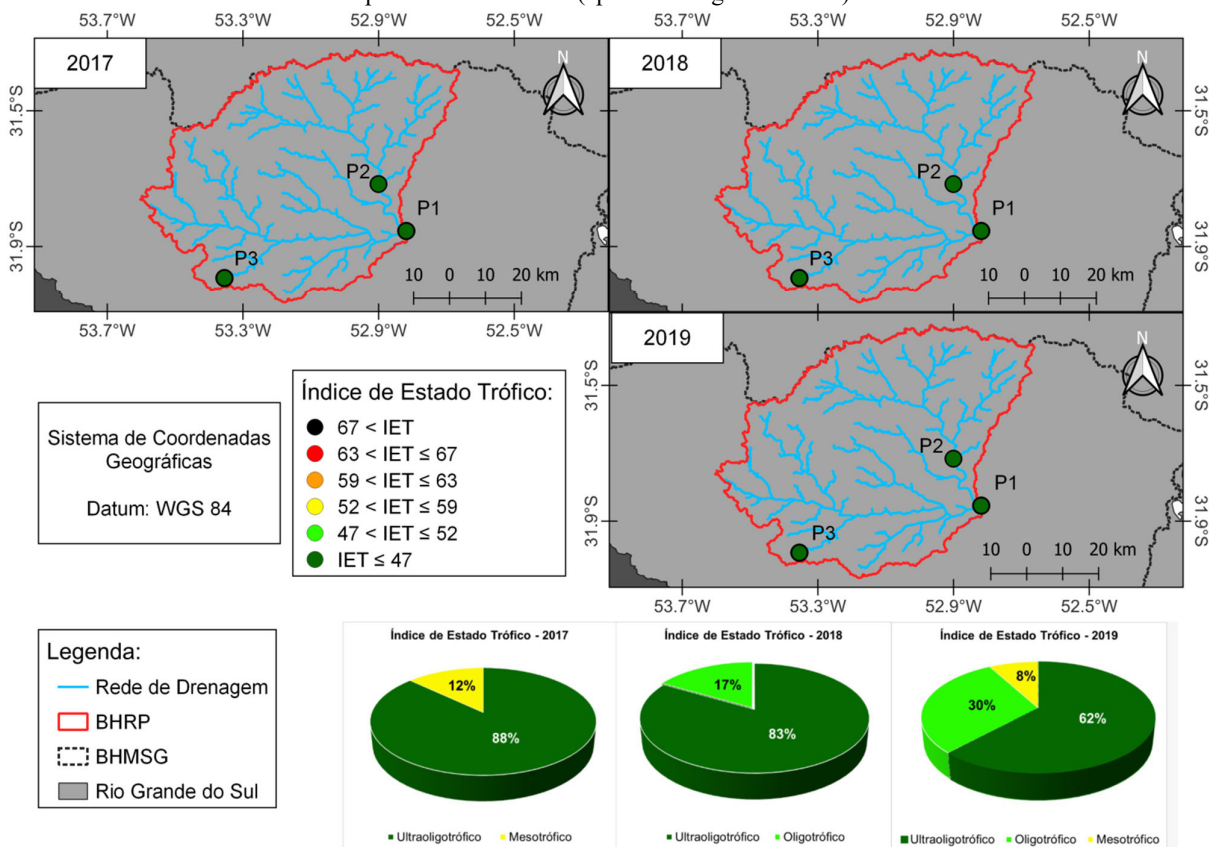
Já as maiores concentrações de OD foram encontradas em P2 no ano de 2017, em P2 e P3 em 2018 e em P3 no ano de 2019. Tanto P2 quanto P3 estão mais distantes da região urbana, sendo que, conforme pode ser observado na Figura 2, as áreas dos seus entornos são predominantemente

agrícolas e/ou de florestas, corroborando para uma maior concentração desse parâmetro nesses pontos.

Índice de Estado Trófico - IET

Segundo Silveira *et al.* (2021), os recursos hídricos, apesar de serem de suma importância para todos os seres vivos, têm sofrido alterações que podem comprometer a sua qualidade. Nesse contexto, o índice de estado trófico tem sido amplamente utilizado, pois permite estabelecer níveis tróficos relativos à concentração de fósforo e de outros elementos na água. Nesse estudo o índice de estado trófico (IET) foi calculado baseando-se apenas no parâmetro fósforo (P). Tal parâmetro é considerado um nutriente e um fator limitante para a produção primária (LAMPARELLI, 2004). A variação desse índice entre os anos aqui avaliados pode ser visualizada na Figura 7.

Figura 7 - IET médio anual para cada ponto de monitoramento (apresentado espacialmente) e percentual anual do IET para todas as coletas (apresentado graficamente).



Fonte: Autores.

Conforme pode ser observado na Figura 7, no que concerne aos valores médios de IET, os pontos P1, P2 e P3 não obtiveram variação quanto a sua classificação, sendo os 3 classificados como ultraoligotrófico. Não obstante, ao analisar os valores individuais de cada ano, pode-se observar que para o ano de 2017 cerca de 88% das amostras se enquadram como ultraoligotrófico e o restante como mesotrófico. Já para 2018, 83% se enquadram como ultraoligotrófico e 17% como oligotrófico. Por fim, o ano de 2019 teve 62% das amostras como ultraoligotrófico, 30% como oligotrófico e apenas 8% como mesotrófico.

Segundo Zanini *et al.* (2010), a análise do IET pode ser considerada de suma importância para gestão dos recursos hídricos, uma vez que essa análise traz informações acerca das relações bióticas e abióticas dentro de um ecossistema. Ainda, Maia *et al.* (2015) salientam que altas concentrações de fósforo, parâmetro aqui utilizado para o cálculo do IET, podem estar fortemente conectadas à ocupação urbana, descarte de efluentes domésticos e efluentes industriais, bem como ao uso de fertilizantes em regiões rurais, corroborando a importância da análise do estado trófico dos recursos hídricos.

Segundo Lamparelli (2004) e Silveira *et al.* (2021), quanto maior o resultado do IET, pior a qualidade da água no que concerne ao seu estado trófico, sendo que, segundo esses autores, as piores classificações de IET (Tabela 3) estão fortemente associadas a maiores riscos de eutrofização dos corpos hídricos. Em relação aos resultados encontrados neste estudo, pode-se observar que a grande maioria das amostras apresentaram baixos resultados para o IET, podendo-se inferir, então, que os corpos hídricos aqui estudados não sofrem riscos iminentes de eutrofização. Não obstante, conforme discutido anteriormente, os valores médios de fósforo da BHRP enquadram as águas de P1 como classe 1, enquanto as águas de P2 e P3 são classificadas como classe 3 (CONAMA, 2005), fato corroborado pela análise de IET, a qual mostra que P1 tem um maior número de amostras classificadas com um IET baixo (ultraoligotrófico).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos nesse estudo, pode-se concluir que foi possível fazer a análise da qualidade da água dos pontos amostrados na BHRP, com base nos parâmetros fósforo total, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido, E.coli e no índice de estado trófico (IET). Através dessa análise pode-se inferir o tipo de poluição responsável pela deterioração da qualidade da água nos pontos analisados. Ainda, de acordo com os resultados dos parâmetros utilizados nesse estudo, constatou-se que a qualidade da água no ponto P1 é influenciada pela poluição de origem urbana,

através do despejo de esgotos domésticos, e agrícola, já nos pontos P2 e P3 predomina a poluição de origem agrícola.

Ainda, cabe salientar a importância do monitoramento da qualidade hídrica desse corpo hídrico, uma vez que se pode observar uma tendência de crescimento na deterioração da qualidade de suas águas com base na análise dos parâmetros aqui utilizados. Não obstante, outro ponto a ser salientado é a necessidade de se avaliarem outros pontos de monitoramento dentro da BHRP, o que poderia trazer uma maior exatidão para os resultados e, então, trazer melhores indicativas acerca de como evitar o aumento de sua poluição.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Séries históricas de estações**. 2023a. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas?codigoEstacao=3153008>. Acesso em: 20 jan. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Atlas esgotos: despoluição das bacias hidrográficas**. 2023b. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=6d866c5d54c64b17bd53af4bdcfb4b91>. Acesso em: 20 jan. 2023.

ALTENBURGER, R., BRACK, W., BURGESS, R. M., BUSCH, W., ESCHER, B. I., FOCKS, A., KRAUSS, M. Future water quality monitoring: improving the balance between exposure and toxicity assessments of real-world pollutant mixtures. **Environmental Sciences Europe**, v. 31, n. 1, p. 1-17, 2019.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G.; ALMEIDA, F. T.; BONGIOVANI, M. C.; SCHNEIDER, R. M.. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente & Água**, v.11, n.1, 2016.

BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 9, n. 16; p. 2165, 2013.

BEHMEL, S.; DAMOUR, M.; LUDWIG, R.; RODRIGUEZ, M. J. Water quality monitoring strategies—A review and future perspectives. **Science of the Total Environment**, v. 571, p. 1312-1329, 2016.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2010. p. 332.

BRANCO, A. M. M. **Influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água**: subsídio à gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira (ugrhi-1). Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru - SP, 2014, 108p.

CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis de Qualidade das Águas**. São Paulo: CETESB, 2019.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 274/2000**. Brasília, 2000.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357/2005**. Brasília, 2005.

CORRÊA, M. G.; BARBOSA, S. C.; DOS SANTOS, G. B.; COLLARES, G. L.; PRIMEL, E. G. Assessment of Pesticides in the Chasqueiro Irrigation District, Southern Brazil, an Agricultural Area of International Importance. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 233, n. 12, p. 517, 2022.

CUNHA, J. F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. **Informações agronômicas**, v. 130, n. 6, p. 1-11, 2010.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. Oficina de textos, 2016.

DROSE, A.; VALENTINI, M. H. K.; DUARTE, V.; SANTOS, G.; NADALETI, W. C.; VIEIRA, B. M. Utilização de Métodos Estatísticos Multivariados no Monitoramento da Lagoa Mirim. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 2, n. 4, p. 58-67, 2020.

FIA, R.; MATOS, A. T.; CORADI, P. C.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Ambi-Agua**, v. 4, n. 1, p. 132-141, 2009.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Relatório da qualidade da água superficial da Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim e do Canal São Gonçalo**. Porto Alegre (RS). 2021.

FRANZ, H. S.; PERTILLE, J.; KUNST-VALENTINI, M. H.; DOS SANTOS, G. B.; PONTES, G. S.; GUEDES, H. A. Assessment of shallow groundwater quality for drinking purposes: an integrated approach based on the water quality index and the use of multivariate statistical analyses, southern Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 81, n. 18, 2022.

GEBLER, L.; BERTOL, I.; RAMOS, R. R.; BARBOSA, F. T.; SCHRAMMEL, B. M.; LOUZADA, J. A. S. Arraste superficial de fósforo reativo em pequenas bacias hidrográficas sob

diferentes tipos de manejo agrícola e possível impacto nos recursos hídricos e no sistema de gestão: uma proposta preliminar. In: **Congreso Interamericano De Ingenieria Sanitaria Y Ambiental**, 32. Foro Interamericano Sobre Servicios De Agua Y Saneamiento, 2., 2010, Bávaro, República Dominicana. El cumplimiento de las metas del milênio em la busqueda de la universalizacion de los servicios. [SI]: AIDIS, 2010.

GOMES, J. P.; SANTOS, G. B.; VALENTINI, M. H. K.; VIEIRA, B. M. Avaliação da variabilidade de parâmetros da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Jaguarão. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 40, p. 31-45, 2022.

GOUVÊA, T.; ZARNOT, D. H.; ALBA, J. M. F. Caracterização geoambiental e histórico do processo de desenvolvimento da bacia da Lagoa Mirim. In: ALBA, J. M. F. **Sustentabilidade Socioambiental da Bacia da Lagoa Mirim**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. Cap. 1, p. 19-30.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de saneamento: abastecimento de água e esgotamento sanitário** /IBGE, Coordenação de Geografia e Coordenação de Recursos Naturais e Meio Ambiente. - 3. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, p. 19, 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE CIDADES**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 21 jan. 2023.

JI, Y.; WU, J.; WANG, Y.; ELUMALAI, V.; SUBRAMANI, T. Seasonal variation of drinking water quality and human health risk assessment in Hancheng City of Guanzhong Plain, China. **Exposure and health**, v. 12, p. 469-485, 2020.

KUMAR, V.; SHARMA, A.; CHAWLA, A.; BHARDWAJ, R.; THUKRAL, A. K. Water quality assessment of river Beas, India, using multivariate and remote sensing techniques. **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, n. 3, p. 1-10, 2016.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 235f. Tese de doutorado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LIMA, R. N. S.; RIBEIRO, C. B. M.; BARBOSA, C. C. F.; ROTUNNO FILHO, O. C. Estudo da poluição pontual e difusa na bacia de contribuição do reservatório da usina hidrelétrica de Funil utilizando modelagem espacialmente distribuída em Sistema de Informação Geográfica. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.21, n.1, p.139-150, 2016.

LI, P.; WU, J. Drinking water quality and public health. **Exposure and Health**, v. 11, n. 2, p. 73-79, 2019.

LOPES-TIBURTIUS, E. R.; PERALTA-ZAMORA, P. Contaminação de águas por BTXS e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 441-446, 2004.

MACHADO, S. L. O.; MARCHEZAN, E.; RIGHES, A. A.; CARLESSO, R.; VILLA, S. C. C.; CAMARGO, E. R. Consumo de água e perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial do arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 36, p. 65-71, 2006.

MAIA, A. A. D.; CARVALHO, S. L.; CARVALHO, F. D. Comparação de dois índices de determinação do grau de trofia nas águas do Baixo Rio São José dos Dourados, São Paulo, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 4, 2015.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomias Pampa Sudamericano**. Acervo da coleção 1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Pampa Sul-Americano, 2019. Disponível em: <https://pampa.mapbiomas.org/project>. Acesso: 05 de jan. 2023.

MOURA, M. M.; ARAÚJO, M. M. F.; CASTRO, T. A. D.; LEANDRO, D. Suscetibilidade a Inundação da Bacia Hidrográfica do Rio Piratini – RS. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v.6, n.2, p.17-25, 2019.

ODONKOR, S. T.; AMPOFO, J. K. Escherichia coli as an indicator of bacteriological quality of water: an overview. **Microbiology research**, v. 4, n. 1, 2013.

OGASSAWARA, J. F.; NUNES, A. B.; RIQUETTI, N. B. **Eventos extremos de precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Piratini**: relação com Enos e estudo de caso. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 28, p. 342-364, 2021.

PANDEY, P. K.; KASS, P. H.; SOUPIR, M. L.; BISWAS, S.; SINGH, V. P. Contamination of water resources by pathogenic bacteria. **Amb Express**, v. 4, n. 1, p. 1-16, 2014.

PANTANO, G.; GROSSELI, G. M.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. **Química Nova**, v. 39, p. 732-740, 2016.

PHILIPP, R. P.; MACHADO, R. Ocorrência e significado dos septos do embasamento encontrados nas suítes graníticas do Batólito Pelotas, RS, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 29, n.1, p.43-60, 2002.

PINTO, C. C.; CALAZANS, G. M.; OLIVEIRA, S. C. Assessment of spatial variations in the surface water quality of the Velhas River Basin, Brazil, using multivariate statistical analysis and nonparametric statistics. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191, p. 1-13, 2019.

RAMGRAB, G. E.; WILDNER, W. **Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Folha SH.22- Y- C. CPRM. Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:250.000 - Brasília, 1999.

ROCHA, C. H. B.; PEREIRA, A. M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, p. 176–187, 2016.

SANTOS, G. B.; VALENTINI, M. H. K.; SILVA, L. A.; FRANZ, H. S.; CORRÊA, B. L.; SILVA, M. A.; CORRÊA, M. G.; VIEIRA, B. M.; NADALETI, W. C.; VIEIRA, B. M. Análise da

qualidade das águas do Arroio Moreira/Fragata (RS) através de métodos estatísticos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 217-226, 2020a.

SANTOS, G. B.; VALENTINI, M. H. K.; SILVA, L. A.; FRANZ, H. S.; CORRÊA, B. L.; VIANA, F. V.; CORRÊA, G. M.; VIEIRA, B. M.; NADALETI, W. C.; LEANDRO, D.; VIEIRA, B. M. Avaliação dos parâmetros e do índice de qualidade de água para o Arroio Moreira/Fragata, Pelotas/RS. **Revista Ibero-Americana De Ciências Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 287–299, 2020b.

SANTOS G. B.; VALENTINI M. H. K.; VIEIRA B. M. Análise de regressão linear aplicada à modelagem de uma nova equação para o monitoramento de qualidade da água: estudo de caso do Arroio Moreira/Fragata. **Revista Ambientale**, v. 13, p. 13-27, 2021.

SHRESTHA, S.; KAZAMA, F. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. **Environmental Modelling & Software**, v. 22, n. 4, p. 464-475, 2007.

SILVEIRA, V. R.; KUNST VALENTINI, M. H.; DOS SANTOS, G. B.; NADALETTI, W. C.; VIEIRA, B. M. Assessment of the Water Quality of the Mirim Lagoon and the São Gonçalo Channel Through Qualitative Indices and Statistical Methods. **Water, Air & Soil Pollution**, v. 232, n. 5, p. 1–13, 2021.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos** - 2015. Brasília: SNSA/MCIDADES, 212p, 2017.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 263- 274, 2014.

TORMAM, M. F.; BORK, C. K.; GUEDES, H. A. S.; MANZKE, J.; FERRÃO, A. L. Variabilidade sazonal da qualidade da água na Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 54-59, 2017.

VALENTINI, M. H. K.; SANTOS, G. B.; DUARTE, V. H.; DROSE, A.; VIEIRA, B. M.; VIANA, F. V.; CORRÊA, M. G.; GUEDES, H. A. S.; NADALETI, W. C.; VIEIRA, B. M. Monitoramento e identificação de grupos de poluentes da Lagoa Mirim. **Revista Ibero-Americana De Ciências Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 228–235, 2020.

VALENTINI, M. H. K.; SANTOS, G. B.; DUARTE, V. H.; FRANZ, H. S.; GUEDES, H. A. S.; ROMANI, R. F.; VIEIRA, B. M. Analysis of the Influence of Water Quality Parameters in the Final WQI Result Through Statistical Correlation Methods: Mirim Lagoon, RS, Brazil, Case Study. **Water, Air & Soil Pollution**, v. 232, p. 1-10, 2021a.

VALENTINI, M. H. K.; SANTOS, G. B.; DUARTE, V. H.; VIEIRA, B. M. Análise da influência de fatores naturais sobre a condição de balneabilidade das praias da cidade de Itapoá (Santa Catarina). **Meio Ambiente (Brasil)**, 3(2), 45–55, 2021b.

VALENTINI, M. H. K.; DOS SANTOS, G. B.; DE LIMA CORRÊA, B.; FRANZ, H. S.; DA SILVA, L. A.; LEANDRO, D. Analysis of the influence of natural factors on the bathing condition

of beaches in the cities of Garopaba, Imbituba and Laguna, in the state of Santa Catarina—Brazil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 6, p. 3449-3460, 2021c.

VALENTINI, M.; SANTOS, G. B.; VIEIRA, B. M. Multiple linear regression analysis (MLR) applied for modeling a new WQI equation for monitoring the water quality of Mirim Lagoon, in the state of Rio Grande do Sul—Brazil. **SN Applied Sciences**, v. 3, p. 1-11, 2021d.

VALENTINI, M. H. K.; SANTOS, G. B.; FRANZ, H. S.; VIEIRA, B. M. Avaliação da qualidade da Lagoa Mirim por meio de métodos estatísticos e índice de violação. **Revista Ambientale**, v. 13, n. 1, p. 28-37, 2021e.

VAN VLIET, M. T.; JONES, E. R.; FLÖRKE, M.; FRANSSEN, W. H.; HANASAKI, N.; WADA, Y.; YEARSLEY, J. R. Global water scarcity including surface water quality and expansions of clean water technologies. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 2, 2021.

WANG, Y.; WANG, P.; BAI, J.; TIAN, Z.; LI, J.; SHAO, X.; MUSTAVICHI, L.F.; LI, B. Assessment of surface water quality via multivariate statistical techniques: a case study of the Songhua River Harbin region, China. **Journal of hydro-environment research**, v. 7, n. 1, p. 30-40, 2013.

WHATELY, M.; CAMPANILI, M. **O século da escassez: Uma nova cultura de cuidado com a Água: Impasses e Desafios**. Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2016.

ZANINI, H. L. H. T.; AMARAL, L. A.; ZANINI, J. R.; TAVARES, L. H. S. Caracterização da água da microbacia do córrego rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 732-741, 2010.

CENTRALIDADE, MARGINALIZAÇÃO E ESPAÇO: UMA PRÁTICA DE CAMPO

Anelize Milano Cardoso

Bacharela, Licenciada e Mestra em Geografia - UFPel

Doutoranda em Geografia – UFSM

E-mail: anelize_milano@hotmail.com

Carlos André Gayer Moreira

Licenciado e Mestre em Geografia – UFPel; Doutor em Geografia – UFRGS

Supervisor Pedagógico e Professor de Geografia da rede municipal de Bagé

E-mail: cazandreh@gmail.com

RESUMO

Este artigo vem de proposição de uma prática de campo durante o “Segundo Seminário sobre Ensino de Geografia na escola e na universidade: metodologias e práticas da docência”, intitulada como Centralidade, marginalização e espaço. O estudo em formato de saída de campo apresentou aos professores e graduandos algumas das questões urbanas e analisou algumas relações de centralidade e marginalidades do município de Pelotas, localizado no Rio Grande do Sul - Brasil. Temos como resultado, sobre a formação de professores, que, conseguiu-se problematizar questões e problemas urbanos, valendo-se das categorias de Território, Região e Paisagem, ao longo do percurso, entretanto, da categoria de Lugar, pois a experiência traz à tona memórias e sentimentos acerca de cada um dos espaços visitados com novos olhares.

PALAVRAS-CHAVE: Prática de campo; Urbanização; Centralidade; Marginalização; Lugar.

CENTRALITY, MARGINALIZATION AND SPACE: A FIELD PRACTICE

34

ABSTRACT

This article comes from the proposition of a field practice during the “Second Seminar on Teaching Geography at school and university: teaching methodologies and practices”, entitled Centrality, marginalization and space. The study in field trip format presented teachers and undergraduates with some of the urban issues and analyzed some relations of centrality and marginality in the municipality of Pelotas, located in Rio Grande do Sul - Brazil. We have as a result, on teacher training, that it was possible to problematize urban issues and problems, using the categories of Territory, Region and Landscape, along the way, however, the category of Place. Because the experience brings up memories and feelings about each of the spaces visited with new perspectives.

KEYWORDS: Field practice; Urbanization; Centrality; Marginalization; Place.

INTRODUÇÃO

Este artigo vem da proposição ocorrida em uma prática de campo durante o evento “Segundo Seminário sobre Ensino de Geografia na escola e na universidade: metodologias e práticas da docência”, intitulada como **Centralidade, marginalização e espaço**. Esta saída foi realizada no dia 03 de setembro de 2019, no turno vespertino, com horário de início às 15h e término às 18h, direcionada para 20 pessoas, contando com a participação de professores da rede municipal de Pelotas e graduandos do curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Os objetivos desse trabalho foram os seguintes: expor a importância do acompanhamento e orientação em saída de campo; dialogar sobre a relação entre a sala de aula e a aula em campo; refletir sobre a questão do espaço vivido do aluno frente à cidade; problematizar algumas das questões urbanas e analisar algumas relações de centralidade e marginalidades do município de Pelotas, localizado no Rio Grande do Sul - Brasil.

O REFERENCIAL TEÓRICO

Tendo em vista que o seminário teve como proposta o ensino da Geografia na escola e na universidade: metodologias e práticas da docência, desenvolvemos uma primeira sensibilização sobre a importância do ensinar/aprender Geografia a partir da categoria de **Lugar**.

35

No caso do conceito de lugar, não é a dimensão do poder que está em primeiro plano ou que é aquela mais imediatamente perceptível, diferentemente do que se passa com o conceito de território; mas sim a dimensão cultural-simbólica e, a partir daí, as questões envolvendo as identidades, a intersubjetividade e as trocas simbólicas, por trás da construção de imagens e sentido dos lugares enquanto espacialidades vividas e percebidas, dotadas de significados, marcadas por aquilo que Tuan 1980 chamou de “topofilia” (e, porque não acrescentar, antes por “topofobia” que por “topofilia” em certos casos...) (SOUZA, 2013, p.115).

Isto se deu principalmente pelo fato de a escolha do trajeto a ser percorrido e as observações se tratarem de um espaço da cidade que faz parte do dia a dia de alunos e professores, perpassando por importantes ruas e avenidas, as maiores escolas, a rodoviária e um shopping popular da cidade, entre prédios, praças e áreas de grande relevância histórica, cultural, arquitetônica e ambiental.

Este tipo de prática, como já mencionado, pode se mostrar então como profícuo momento de aprendizagem. Para Suertegaray (2002), o trabalho de campo é uma parte importante da formação do geógrafo e também do professor, porque na interpretação de uma realidade que não é dele, muitas vezes é necessário o desenvolvimento da capacidade de analisar as diferentes contradições que estão colocadas no espaço geográfico.

Ainda sobre as práticas de campo, Sacramento e Souza (2018) nos indicam a particularidade inerente a cada uma:

A maneira como as práticas em campo são conduzidas e objetivadas varia de proposta para proposta, segundo os referenciais teóricos, conceitual, pedagógico e cultural que regem cada prática de campo, a ser definida pelo professor e/ou pesquisador (SACRAMENTO; SOUZA, 2018. P. 126).

Em outras palavras, significa que devemos preparar e orientar a prática pedagógica de campo para o estudo geográfico do local, refletindo no tipo de trabalho e em uma percepção de ensino e de Geografia. Para Martín (2000, p. 101), “o trabalho de campo deve ser desenvolvido de forma contextualizada com um conjunto de atividades de ensino-aprendizagem articuladas entre si, que contribuam para conectar os conhecimentos dos alunos antes, durante e depois da saída”.

Desta forma, o trabalho de campo, visto como um instrumento ou metodologia, é uma parte inseparável da disciplina, onde se permite que as pessoas possam compreender e criticar a leitura dos diversos lugares. Tendo em vista que a sociedade se modifica ao longo do tempo e essas mudanças demandam renovações nas abordagens dos conteúdos em sala de aula, os alunos passam a reivindicar abordagens mais associadas ao seu cotidiano, fazendo com que haja a necessidade de a Geografia Escolar estar mais próxima do espaço vivido dos educandos e professores.

Neste sentido, a proposta referida aqui foi uma aula que tratasse sobre o espaço urbano de Pelotas *in loco*. A aula em campo é uma prática pedagógica bastante presente no rol das metodologias do ensino de Geografia, mas nem sempre utilizada. Este recurso favorece a construção dos conhecimentos mediante o contato direto do estudante com o objeto estudado. Além disso, durante a aula em campo o aluno visualiza e/ou vivencia aspectos extracurriculares, como a visualização sobre acessibilidade e mobilidade, a segregação espacial, as paisagens urbanas, etc.

Para isso, há que se considerar o contexto da escola pública no Brasil, especificadamente em Pelotas, no Rio Grande do Sul. A baixa remuneração dos professores resulta em uma grande carga horária de trabalho em diferentes escolas, que dificulta processos de qualificação através da formação continuada, bem como, influenciam na própria saúde mental e física dos profissionais. Como um efeito cascata, essa condição material influencia diretamente no planejamento e efetivação do ensino. Além disso, alia-se a esse cenário a condição estrutural das escolas, que necessitam de investimentos para sanar diversas demandas em seu espaço.

Portanto, a partir disso é possível averiguar que a demanda dos alunos se relaciona com o cenário econômico, social e de gerência da educação. A instituição escolar é cerceada pelo direcionamento do Estado, que, em processo de crise econômica, demonstra a falta de recursos

direcionados à educação, deflagrando que qualquer prática pedagógica é, então, eminentemente política.

Sendo considerada uma “grande cidade” (na região), com um processo de urbanização desordenado, marcado pela desigualdade social, Pelotas dispõe de elevada diversidade cultural e paisagística, que podem ser abordadas pelos professores de Geografia de modo a trabalhar variados temas. Doravante, relataremos a experiência de prática de campo em Pelotas, na qual os professores foram guiados a vislumbrar o papel do aluno como agente de produção e transformação do espaço urbano.

PREPARAÇÃO PARA O CAMPO

Toda a proposta apresentada aqui foi realizada no Colégio Municipal Pelotense (CMP), Rua Marcílio Dias, nº 1597, localizado na região central da cidade. A proposta foi direcionada para os professores da rede pública municipal e para graduandos do curso de licenciatura em Geografia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Entendendo que o espaço geográfico é fruto de construção histórico-social, o percurso urbano elencado neste trabalho parte de uma abordagem histórica para a compreensão do mundo atual. Destacando o histórico do espaço urbano, bem como as relações entre centro e margens da cidade, buscou-se explicitar os processos que atuam sobre o seu sítio urbano, compreendendo este espaço como fruto da organização e produção social. Inicialmente, a oficina teve dois momentos, sendo eles uma roda de conversa que trouxe a relevância da prática pedagógica, juntamente do planejamento do momento da saída de campo, destacando a importância de tal planejamento; e a prática de campo em si (Figura 1).

Figura 1 – Roda de conversa com os participantes da oficina.



Fonte: Guilherme Crizel, 2019.

Refletimos então que a aula em campo é como uma “ponte” que liga o conteúdo (generalizante) trabalhado em sala de aula e a realidade, fazendo com que os alunos vislumbrem e vivenciem os conceitos fundamentais da Geografia Urbana. Neste momento, foi alertado aos participantes que era de suma importância carregar consigo uma prancheta ou bloco de notas para, posteriormente, melhor assimilar o que foi visto, ou seja, foi pedido que os participantes fizessem anotações das observações feitas no percurso do campo.

É importante destacar que em todo o momento da prática foi sendo retomada a orientação de quais pontos (Figura 2) e aspectos do percurso devem ser observados e explanados, de acordo com suas relevâncias socioambientais e culturais. Quando os professores estiverem no campo com os seus alunos e sua curiosidade diante da dinâmica espacial irá ocorrer, por exemplo, envolvendo problemas urbanos, circulação de pessoas e veículos, obras importantes e situações citadinas, como ociosidade, segregação socioespacial e marginalização.

As transformações no perímetro urbano dos municípios brasileiros são fruto de processos mais amplos. A atividade exposta na oficina visou então alargar a visão dos educadores – atuantes e em formação – mostrando como as mudanças do tecido urbano da cidade em que vivem foram (im)postas por processos mais largos e, assim, refutando o estereótipo que sempre perseguiu a Geografia escolar, o de matéria decorativa, pautada na memorização, a fim de pensar uma Geografia conectada aos espaços de vivência dos educandos.

Para tanto, a referida saída de campo teve como ponto de partida o Colégio Municipal Pelotense (CMP), iniciando pela Av. Bento Gonçalves, passando pela Av. Presidente João Goulart,

continuando pela Av. Duque de Caxias, passando pela Praça Vinte de Setembro, com retorno pela Rua Santos Dumont, por fim, chegamos na Rua General Argolo, para retornar ao colégio novamente, conforme o mapa do trajeto (Figura 2), totalizando, ao final, um percurso de aproximadamente 4 km de caminhada orientada, que durou em média 2 horas, devido as paradas para as explicações.

O percurso estabelecido para a atividade sobre o qual foram trabalhadas noções de expansão urbana, impactos ambientais e sociais dessa expansão, e o processo de desenvolvimento histórico de Pelotas, foi organizado em cinco diferentes paradas, além do ponto de partida. Para tal abordagem, serão apresentadas as paradas a seguir:

Parada 1 – Rótula de entrada da Vila Castilho (conjunto de habitações em comunidade periférica à região central da cidade).

Parada 2 – Ponte de travessia sobre o canal Santa Bárbara (onde há construções irregulares em áreas de risco às margens), próxima à Estação Rodoviária de Pelotas, com a presença do monumento histórico relativo às antigas pelotas (embarcações).

Parada 3 – Ponto de expansão territorial da cidade de Pelotas, após 1900 (conexão com bairro Fragata).

Parada 4 – Ponto do antigo leito do (então) arroio Santa Bárbara (figura 12), atual “camelódromo” (Popcenter), junto à praça Cipriano Barcelos (“praça dos enforcado”), cotada para tombamento devido sua relevância histórica/cultural.

Parada 5 – Praça Piratinino de Almeida (praça da “caixa d’água”, tombada por sua relevância histórica/cultural), onde há a presença de um mapa informativo sobre pontos importantes daquele entorno contendo dados turísticos.

Figura 2 – Mapa do Trajeto Percorrido.



Fonte: Google Earth (adaptado pelos autores).

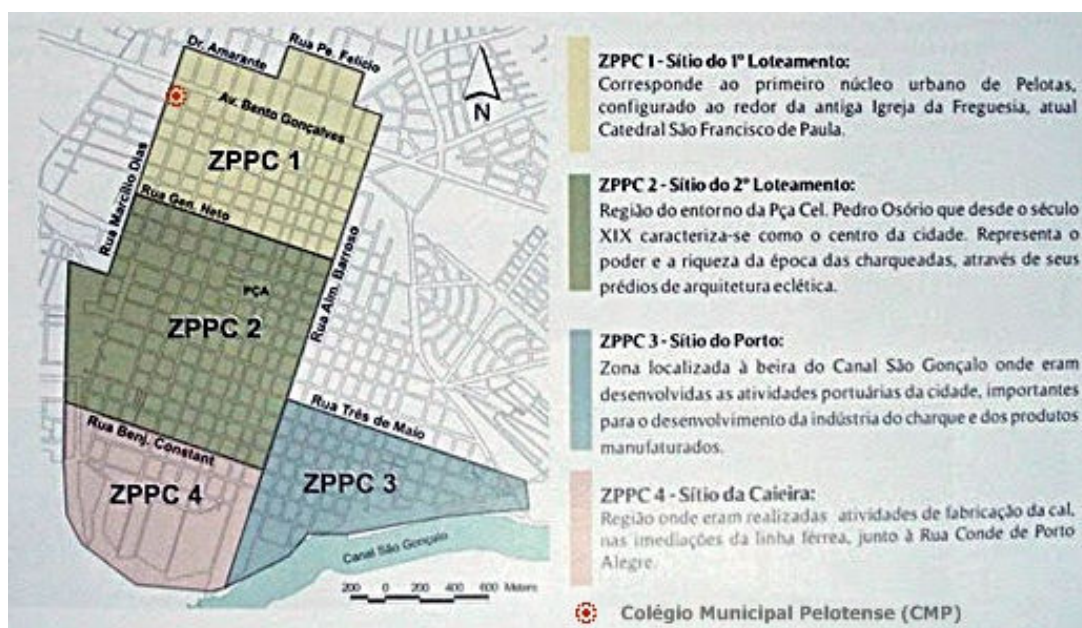
SAÍDA DE CAMPO

No momento inicial de saída de campo, os professores (da rede municipal e em formação) receberam algumas orientações sobre a atividade. Também ocorreu uma pequena explanação sobre a história da cidade e sua expansão ao longo do tempo, justamente pelo local da escola tratar-se de uma zona de limite do primeiro núcleo urbanizado do município.

Como pode ser observado na Figura 3, o ponto de partida (Colégio Municipal Pelotense – CMP), está localizado no limite superior esquerdo da imagem do primeiro loteamento do município de Pelotas. Segundo o site oficial da instituição, trata-se de uma das maiores escolas públicas da América Latina, “Contando com uma área total de aproximadamente 17.500m², [...] um quadro de 270 professores, 92 funcionários e aproximadamente 3.100 alunos”.

A história do Colégio Municipal Pelotense, [...] está presente no livro da escritora Giane Lange do Amaral. Nele, a autora lembra que a escola, então "Gymnásio Pelotense", foi criado pela Maçonaria em 1902, representando uma alternativa de ensino laico primário e secundário, que se contrapunha ao ensino ministrado pelo "Gymnásio Gonzaga", fundado em 1894. Nos primeiros anos, o "Gymnásio" funcionou como uma escola destinada apenas a meninos de classes sociais mais abastadas, pois era pago, sob regime de internato e externato. Mas já em 1913, havia uma aluna, Julieta Teles [...] (COLÉGIO PELOTENSE, 2019).

Figura 3 – Loteamentos da cidade e localização do Colégio Municipal Pelotense.

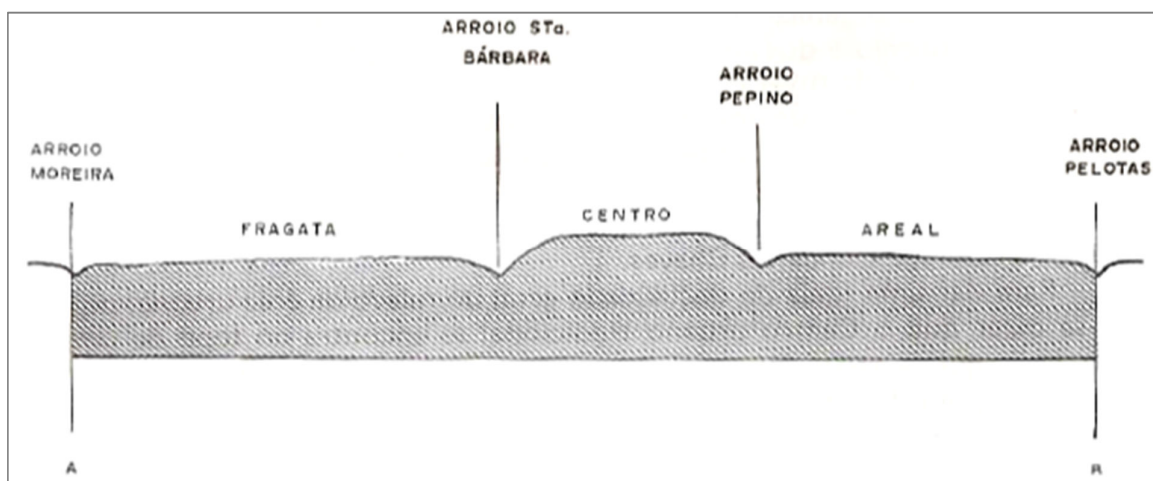


Fonte: Patrimônio Cultura de Pelotas, 2019 (adaptado pelos autores).

Sabendo que a escola representante do ponto de partida está localizada em uma região adjacente a um antigo arroio (Santa Bárbara) que, transformado e transposto posteriormente, corta a malha urbana do município, houve também algumas considerações sobre a topografia da cidade (Figura 4), tendo em vista que essa mesma topografia, assim como em outros sítios urbanos, teve influência sobre seu desenvolvimento e limite para o primeiro loteamento urbano.

41

Figura 4 – Ilustração da topografia da cidade de Pelotas.



Fonte: ROSA, 1985, *apud* CONCEIÇÃO et al, 2009.

A primeira parada oficial do percurso ocorreu em frente a uma rótula localizada na Av. Bento Gonçalves (Figura 5). Neste local os participantes foram orientados a observarem a paisagem urbana ali disposta, em frente à rótula havia um “vazio urbano” que estava sendo aterrado com resíduos de construção civil e lixo doméstico, o que levou os participantes a refletirem sobre as possibilidades de futuras ocupações de tal espaço.

Figura 5 – Registro da Parada 1.



Fonte: Autor desconhecido, 2019.

Outra observação foi quanto ao fato de tal espaço ser sinal de segregação social¹ presente na cidade, tendo em vista que ao fundo podemos perceber aglomeração de residências em situação irregular de moradia e construção, cuja ocupação se deu em área alagadiça, que outrora participava como margem do antigo arroio Santa Bárbara. Essa área é a entrada da chamada “Vila Castilho”, ficando próxima de alguns “espaços ociosos” com prédios abandonados (outro assunto comentado durante a saída), e é localmente conhecida como uma zona de intenso tráfico de drogas e violência urbana. Com urbanização desordenada e carência na oferta de serviços públicos, aproxima-se do conceito de aglomerado subnormal empregado pelo IBGE (2010):

[...] conjunto constituído de, no mínimo, 51 unidades habitacionais carentes, em sua maioria, de serviços públicos essenciais, ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia (pública ou particular) e estando dispostas, em geral, de forma desordenada e densa (IBGE, 2010).

¹ O termo significa separar, marginalizar, isolar, distanciar algo ou alguém. No estudo da Sociologia, a segregação social é definida como uma separação espacial (geográfica) de um grupo, em virtude de diversos fatores, como a raça, classe, religião, etnia, educação, nacionalidade ou qualquer outro fator que possa servir como meio de discriminação.

Ainda segundo dados do IBGE (2010), Pelotas apresenta 82,4% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 84,6% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 34,4% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

Não obstante, em estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil, especialista em saneamento, em seu relatório de 2019, entre as 100 cidades brasileiras mais populosas, Pelotas figura a 80ª posição no ranking sobre saneamento. Em comparação a outras cidades gaúchas, Pelotas aparece depois das cidades de Santa Maria (70ª), Caxias do Sul (54ª) e Porto Alegre (34ª), onde a capital se apresenta como mais bem colocada no cenário sobre saneamento (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2019), mas ainda sim fora dos 30 melhores índices de saneamento das 100 cidades mais populosas do Brasil (termo utilizado pelo instituto).

Após algumas destas explanações em campo, a segunda parada ocorreu em uma ponte sobre o canal Santa Bárbara, que outrora foi em parte aterrado, canalizado e desviado o seu curso original do arroio. Localizada na Avenida Bento Gonçalves, nessa parada os participantes puderam ampliar suas noções acerca do processo de urbanização desordenado, sendo que as margens do canal apresentam muitas ocupações irregulares, com ligações de água e esgoto clandestinas, que são lançadas diretamente em suas águas, tornando visível na paisagem a sua contaminação (Figura 6).

Figura 6 – Registro da vista da ponte localizada na Av. Bento Gonçalves - Parada 2.



Fonte: Autores, 2019

Este mesmo canal, em meio a uma região alagadiça que vem continuamente sofrendo aterramentos durante seu processo de urbanização, de um lado é costeado por uma avenida que representa um prolongamento de rodovia, servindo como um importante fluxo para entrada e saída de veículos na cidade.

Ao percorrer tal trajeto, durante a caminhada refletimos sobre o quão primordial é a etapa de preparação, para o sucesso da aula em campo. Pois, neste sentido, além de considerar o trajeto, a duração e os pontos de parada, o planejamento da aula, deve levar em consideração os problemas de tráfego que a cidade pode apresentar. Como se pode observar na Figura 7, grande parte do trajeto do campo foi executada no acostamento das vias, o que possibilitou aos participantes também refletir um pouco sobre mobilidade urbana.

Figura 7 – Registro do trajeto no acostamento das vias.



Fonte: Autor desconhecido, 2019.

Já na terceira parada pudemos observar o canal de Santa Bárbara sobre a ponte localizada na Avenida Duque de Caxias, na Figura 8, onde foi abordado rapidamente o assunto de eutrofização² de corpos d'água, um problema socioambiental relativamente comum e observado em alguns pontos do trajeto percorrido.

² Na eutrofização, verifica-se um aumento dos nutrientes da água, o que estimula o surgimento de algas e cianobactérias. Esse processo pode levar à morte de várias espécies.

Figura 8 – Registro da vista da ponte localizada na Av. Duque de Caxias - Parada 3.



Fonte: Autor desconhecido, 2019.

Também observamos a ocupação irregular por uma população com baixa renda, com fixação de residências e barracos em uma das margens do canal, se estreitando mais ao longo de seu curso, tornando a situação ainda mais perigosa para o funcionamento do canal e dos próprios habitantes. Tudo isto em contraste com um condomínio fechado/murado de maior poder aquisitivo, localizado praticamente ao lado das ocupações (Figuras 9 e 10).

45

Figura 9 – Vista aérea da Parada 3 localizada na Av. Duque de Caxias.



Fonte: Google Earth, 2019. Adaptado pelos autores.

Alertamos aos participantes para que observassem as diferenças de acessibilidade/mobilidade e a mudança no calçamento e na configuração das vias, ficando evidente que, durante o percurso, ao se dirigir mais no sentido da centralidade do sítio urbano de Pelotas, melhor se apresenta a pavimentação, iluminação e o espaço urbano no sentido das construções e infraestrutura.

Como podemos ver na Figura 9 (área demarcada na cor amarela) há o registro, pela imagem da vista aérea, de uma diferenciação do ordenamento das construções, resultante de um processo de segregação socioespacial e da ocupação à margem do canal.

Este processo de segregação socioespacial, comum em grandes cidades brasileiras, expressa materialmente as diferenças entre classes sociais e muitas vezes também sua participação na produção do espaço público da cidade, bem como, em alguns casos, um processo de privatização do espaço (Figura 10).

Figura 10 – Contraste entre as entradas das ocupações (à esquerda) e condomínio (canto à direita).



Fonte: Google Street View, 2019. Adaptado pelos autores.

A quarta parada foi na recente construção do empreendimento “Pop Center” (Figura 11), um shopping popular (camelódromo), junto à Praça Cipriano Barcelos, conhecida popularmente como “Praça dos Enforcados”. Nesta parada foi explanado sobre o impasse em relação à construção, localizada em frente à Receita Federal, sobre a existência de um sítio arqueológico no local e sobre a impossibilidade de complementação da construção com prédio maior, pois o solo alagadiço (antigo leito do arroio Santa Bárbara) talvez não tivesse capacidade de sustentação, fazendo com que somente um estacionamento fosse designado ao local (MACIEL, 2017).

Figura 11 – Registro da situação do Pop Center e “Praça dos Enforcados” Parada 4.

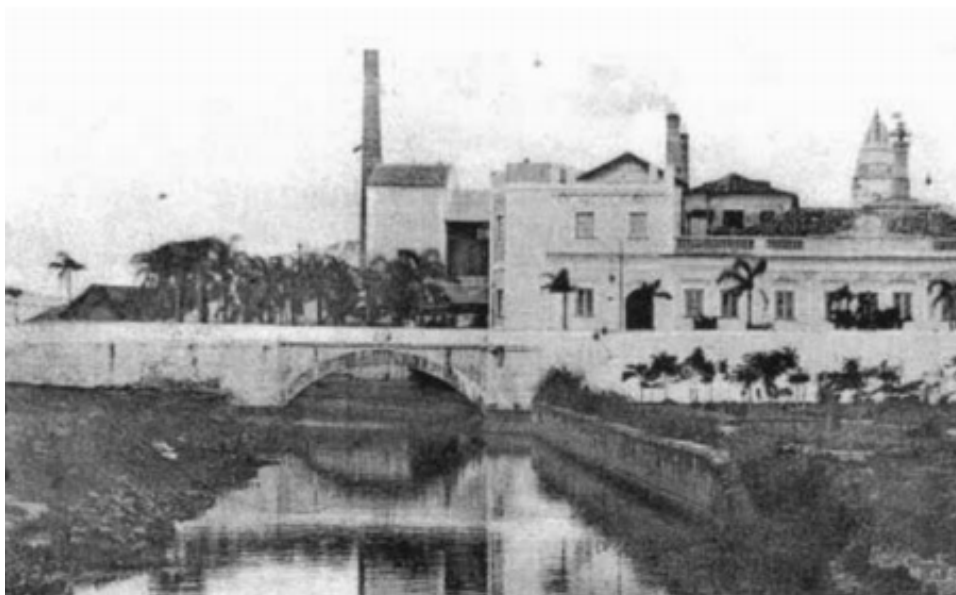


Fonte: Autores, 2019.

Neste ponto também foi comentado que o curso do Arroio Santa Bárbara, antes da sua transposição, passava por debaixo de uma antiga ponte (Figura 12), sobre a qual o grupo estava parado, e que há um século, próximo deste mesmo ponto, as lavadeiras lavavam roupas no curso d'água (Figura 13), sendo que a atual Rua Professor Araújo, durante muitos anos recebeu o nome de Rua das Lavadeiras, por desembocar neste local (MACIEL, 2017).

47

Figura 12 – Antiga ponte sobre o Arroio Santa Bárbara, na década de 1890.



Fonte: Almanaque do Bicentenário de Pelotas, 2012, *apud* MACIEL, 2017.

Figura 13 – Lavadeiras junto ao Arroio Santa Bárbara (1909).



Fonte: Nelson Nobre Magalhães, 1990, *apud* MACIEL, 2017.

A “Praça dos Enforcados”, outrora bastante utilizada para rituais religiosos de matriz africana, recebeu este nome porque, para além de relatos sobre o uso do local para suicídios no século XX, tal espaço fora utilizado anteriormente para castigo e enforcamento público de negros escravizados.

48

É possível que esta proximidade da força com o terreno ocupado pela Praça Cipriano Barcelos e alguns casos de suicídios por enforcamento no século XX na própria praça tenham se fundido no imaginário popular e resultem no nome pelo qual a praça é conhecida: Praça dos Enforcados. É comum encontrar indivíduos que alegam ter sido na Praça Cipriano Barcelos o local em que se localizava a força no século XIX. (MACIEL, 2017)

Uma parte da história que muitos desconhecem, por ser negligenciada, silenciada, em uma tentativa de apagamento de uma face da memória da cidade, diante de todo o seu conhecido passado escravocrata, de referências e remissões à Europa.

Historicamente, Pelotas também passou por um processo de “higienização” de sua região mais central ao longo do tempo, expandindo os limites espaciais da elite e “empurrando” cortiços e populações de baixa renda, para que não acessassem igualmente o centro da cidade (MACIEL, 2017).

Neste sentido, naquele ponto refletimos novamente sobre a produção de centralidade(s) e marginalizações na cidade, assim como a materialidade da segregação espacial e ainda, brevemente, assuntos como: a relevância da população negra e sua história, Memória e Patrimônio, sua importância e compreensão, no município de Pelotas.

A quinta e última parada foi realizada em frente à Praça Piratinino de Almeida (Figura 14). Cercados por edificações históricas de influência europeia, incluindo uma caixa d’água tombada

como patrimônio cultural, e imbuídos de sentimentos e considerações acerca dos lugares observados, conversamos sobre a importância de tal prática na resignificação dos olhares sobre o espaço urbano. Algo possível a partir de práticas educativas orientadas para tal fim, considerando o processo de ensino e aprendizagem, objetiva e subjetivamente.

Figura 14 – Registro da Praça Piratinino de Almeida - Parada 5.



Fonte: Autores, 2019.

Por fim, direcionamo-nos novamente ao colégio e, ao chegar, finalizamos a prática com uma atividade integradora, inspirada na chamada “dinâmica dos privilégios”³, que ocorreu da seguinte maneira: foi solicitado que todos os participantes formassem um círculo, dessem as mãos e que fechassem os olhos enquanto eram feitas perguntas sobre privilégios e desigualdades, pedindo que eles se movimentassem para frente ou para trás, de acordo com cada questão e resposta dada individualmente por cada participante, foi pedido anteriormente que eles respondessem de acordo com sua experiência de vida, sendo assim uma resposta pessoal.

Por exemplo, se a frase era: “Se o seu bairro possui saneamento básico, iluminação, pavimentação e oferta de serviços públicos adequadamente, dê um passo à frente”. Se houvesse

³ Dinâmica adaptada, desenvolvida por um dos autores, Carlos André Gayer Moreira, em 2019.

concordância com as frases, ao movimentarem-se alguns participantes avançavam internamente no círculo, enquanto outros se afastavam, tendo que soltar suas mãos. E este foi o primeiro ato simbólico, de ruptura com a união com a qual haviam começado.

Quando havia alguma frase representando uma desigualdade, como por exemplo: “Se você precisou trabalhar para se manter durante seus estudos na universidade”, a indicação era de que dessem um passo para trás. Tudo isso teve como resultado uma visível diferenciação espacial, a formação de uma centralidade e suas margens, a partir das respostas dadas ao longo das questões.

CONCLUSÃO

Diante de todas as observações dentro da nossa atividade, após o *feedback* dado pelos participantes durante a saída e em seu fechamento, a sensibilização acerca da importância da prática de campo e das constituições dos lugares, nos tornou possível concluir que todos os objetivos propostos foram alcançados muito satisfatoriamente.

As saídas de campo favorecem um maior reconhecimento do aluno no meio em que vive, pois permite que tomem conhecimento da diversidade, complexidade e a multiplicidade de variáveis existentes. Também permitem que os alunos tenham uma atitude de investigação assentada em práticas procedimentais que não podem ser realizadas dentro da escola, em uma sala de aula.

Portanto, para além de expor tal importância da saída de campo, sua relação com a sala de aula e o espaço vivido do aluno na construção da cidade, conseguimos problematizar questões e problemas urbanos, se valendo das categorias de Território, Região e Paisagem, ao longo do percurso, mas principalmente da categoria de Lugar. Pois a experiência traz à tona memórias e sentimentos acerca de cada um dos espaços visitados com novos olhares.

Para concluir, sabemos que existe, sim, uma realidade material que às vezes frustra o exercício profissional em relação a algumas práticas que exigem condições concretas (despesas, transporte/combustível/mão de obra, no caso de saídas de campo) inexistentes em determinados momentos.

Esse fato, porém, não deve impedir o constante movimento de questionamento, reflexão e pesquisa, que acompanha a própria carreira docente. Em meio aos limites materiais, sempre é possível construir ideias que se concretizam, mesmo que no meio do caminho elas se alterem e sejam adaptadas. Pois é também por meio destas intervenções e práticas, muitas vezes alternativas e custosas (no sentido laboral), mas de valor pedagógico inestimável, que crescemos no nosso fazer e pensar

geográfico. Crescemos assim, por fim, especialmente em nossa práxis docente e fazer científico/pedagógico.

REFERÊNCIAS

COLÉGIO PELOTENSE. **História**, 2019. Disponível em <http://www.colegiopelotense.com.br/historia.htm>. Acesso em: 22 out. 2019.

CONCEIÇÃO, J. A.; CARVALHO, M. S.; RAMOS, S. M. P.; VIEIRA, S. G. **Espaço e tempo na formação urbana de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil**. Pelotas: UFPel, 2009.

GAÚCHA ZH. **Municípios gaúchos aparecem entre os piores em ranking de saneamento**. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/ambiente/noticia/2018/04/municipios-gauchos-aparecem-entre-os-piores-em-ranking-de-saneamento-cjg5g8qjz012x01qo392debda.html>. Acesso em: 26 out. 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento**. São Paulo, 2019. Disponível em: http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking-2019/Relat%C3%B3rio_-_Ranking_Trata_Brasil_2019_v11_NOVO_1.pdf. Acesso em: 26 out. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Manual de Delimitação dos Setores do Censo. Disponível em: www.censo2010.ibge.gov.br. Acesso em: 25 out. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Esgotamento sanitário adequado*: Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Disponível em: www.censo2010.ibge.gov.br. Acesso em: 26 out. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Arborização de vias públicas*: IBGE, Censo Demográfico 2010. Disponível em: www.censo2010.ibge.gov.br. Acesso em: 26 out. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Urbanização de vias públicas*: IBGE, Censo Demográfico 2010. Disponível em: www.censo2010.ibge.gov.br. Acesso em: 26 out. 2019.

MACIEL, L. N. **“Tem lamentos desses negros que foram enforcados aqui”: Estudo arqueológico da Praça Cipriano Barcelos (Pelotas, RS)**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Antropologia) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas – UFPel, Pelotas, 2017.

MARTÍN, J. L. Lassalidas de campo: mucho más que una excursión. **Educación en el 2000**: revista de formación del profesorado. Murcia (Espanha), n. 11, novembro, 2000. Disponível em: <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/86311/01820083002682.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 mar. 2023.

Patrimônio Cultural de Pelotas. Disponível em: <https://sites.google.com/site/pcpelotas/3--zonas-de-preservacao-do-patrimonio-cultural-lei-n-4568-00>. Acesso em: 26 out. 2019.

SACRAMENTO, A. C. R.; SOUZA, C. J. O. **O trabalho de campo para formação e atuação docente na Educação Básica: realidade e desafios. Contribuições da Geografia Física para o ensino de Geografia.** 1ª ed. Goiânia: C& Alfa Comunicação, 2018, v.1. p. 121-149.

SOUZA, M. L. **Os conceitos fundamentais da pesquisa sócio-espacial.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2013.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Pesquisa de campo em Geografia. **GEOgraphia**, Niterói, RJ: UFF, v.7, p. 92-99, 2002. Disponível em:
<http://www.uff.br/geographia/ojs/index.php/geographia/article/view/78/76>. Acesso em: 06 out. 2019.

Recebido em: 23/08/2022
Aceito em: 10/05/2023

LEVANTAMENTO SOBRE A DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DA REGIÃO SUL DO RIO GRANDE DO SUL

Larissa Aldrighi da Silva

Técnica em Meio Ambiente, Engenheira Ambiental e Sanitarista – UFPel
Mestranda no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais – UFPel; Pós-graduanda em Engenharia e
Segurança do Trabalho – Anhanguera
E-mail: larissa.aldrighi@gmail.com

Anderson Gabriel Corrêa

Engenheiro Ambiental e Sanitarista - UFPel, Mestre em Ciência e Tecnologia em Biocombustíveis – UFU
Doutorando no Programa de Pós-graduação em Biocombustíveis - UFU
E-mail: anderson.correa@ufu.br

Maiara Moraes Costa

Engenheira Ambiental e Sanitarista – UFPel
Mestranda no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - UFPel
E-mail: maiaraengambientalesanitaria@gmail.com

Victória Duarte

Engenheira Ambiental e Sanitarista – UFPel
E-mail: victoriahduarte@gmail.com

Diuliana Leandro

Engenheira Cartógrafa - UFPR, mestre e doutora em Ciências Geodésicas – UFPR
Professora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e na Engenharia Ambiental e Sanitária - UFPel
E-mail: diuliana.leandro@gmail.com

Afranio Costa Filho

Tecnólogo em Saneamento Ambiental – IFSul; Bacharel em Engenharia Ambiental – UNIVATES; Mestre em Manejo e
Conservação de Solo e da Água - UFPel.
Analista Ambiental - Engenheiro Ambiental da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM)
E-mail: eng.afranio@gmail.com

53

RESUMO:

O presente estudo teve origem durante um levantamento no período de estágio na Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roesler – FEPAM. Dito isso, perante a atual situação que o planeta se encontra, especialmente pós pandemia, a geração de resíduos se tornou ainda maior e mais intensa. Porém, em 2010, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), assim sendo, o objetivo da pesquisa consistiu em verificar a destinação dos resíduos sólidos dos 29 municípios que abrangem a região Sul do Rio Grande do Sul, e se eles cumprem o item de eliminação e recuperação de lixões, e se possuem aterros sanitários. Esse levantamento ocorreu por meio de questionário via telefonemas e/ou e-mails com setores ambientais das respectivas prefeituras, concluindo que a maioria dos municípios não aderiram até o presente momento a implantação de aterros sanitários nos seus respectivos municípios e fazem a destinação ambientalmente correta de seus resíduos para outras localidades.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo sólido, resíduos de saúde, destinação, transporte, PNRS.

SURVEY ON THE DISPOSAL OF WASTE FROM THE SOUTHERN REGION OF RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT:

The present study originated during a survey during the internship period at the State Foundation for Environmental Protection Henrique Luis Roesler – FEPAM. That said, given the current situation the planet is in, especially after the pandemic, waste generation has become even greater and more

intense. However, in 2010, the National Solid Waste Policy (PNRS) was instituted, therefore, the objective of the present study was to verify the destination of solid waste from the 29 municipalities that cover the southern region of Rio Grande do Sul, and whether they comply with the item for closing the dumps and have sanitary landfills. This survey took place through a questionnaire via phone calls and/or e-mail with environmental sectors of the respective city halls, concluding that most municipalities do not adhere to the implementation of sanitary landfills in their municipalities and transport their waste to another location.

KEYWORDS: Solid waste, health waste, destination, transport, PNRS

INTRODUÇÃO

O crescimento exponencial da população associado ao processo de industrialização deu origem a vários problemas ambientais em todo o mundo, como a rápida urbanização, recursos naturais limitados e a geração massiva de resíduos sólidos, especialmente resíduos sólidos urbanos (RSU) (RAMOS *et al.*, 2017). Ainda segundo Ramos *et al.* (2017), entre 1979 e 1990, a taxa de produção dos RSU cresceu em 25 %, assim, sendo superior ao crescimento populacional em nível mundial, que foi de 18% para o mesmo período. Ao abordar o Brasil, constata-se que, entre os anos de 2019 e 2020, essa geração teve um aumento considerável, passando de 67 milhões para 79 milhões de toneladas, aumentando a geração per capita de 348 para 379 kg/ano (ABRELPE, 2020).

Diante dessa situação, foi instituída no Brasil a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que prevê a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos em até quatro anos após sua data de publicação, acarretando para a remediação e eliminação dos lixões, para que ocorra remoção ou contenção de contaminantes em áreas degradadas. Mas o processo de disposição ambientalmente correta em aterros sanitários não se concretizou no país, pois segundo panorama do Programa Lixão Zero, o número de lixões em território brasileiro reduziu em 17 % em 2020, passando de 3.257 para 2.707 lixões ativos, dados levantados pela Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Afluentes (ABETRE, 2020).

Para atingir a meta proposta pela ABETRE, é necessário realizar periodicamente levantamentos a respeito da atual situação dos RSU, verificar se os municípios estão cumprindo as medidas previstas na Lei nº 12.305/2010, que dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, e ainda apresenta as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Esses levantamentos, ocorrem por meio de monitoramento, realizado por parte do estado e município, visando que esses lixões parem de operar, e caso desativados não voltem a funcionar e prejudicar o meio ambiente, e sim sejam substituídos por aterros sanitários. Esse controle normalmente ocorre por

meio de um órgão fiscalizador com emissões de licenças para dar o aval da desativação desses lixões e instituição de aterros baseadas nas normativas vigentes.

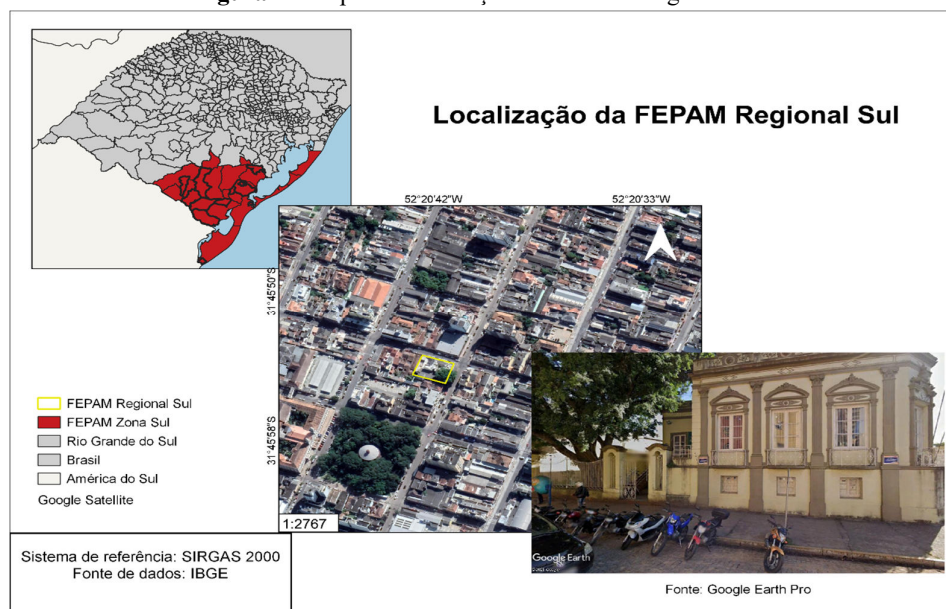
O documento, conhecido como licença ambiental, é uma ferramenta para proteger os ecossistemas e melhorar a qualidade ambiental, incluindo a obrigatoriedade de os órgãos ambientais autorizarem previamente a implantação e operação de atividades que possam causar poluição. O licenciamento não é apenas a emissão de documentos, mas um conjunto de atividades que inclui a análise técnica inicial, abertura de espaços e facilitação do debate público e posterior verificação do cumprimento dos termos da licença ambiental (FEPAM, 2021).

O órgão fiscalizador ambiental responsável pelo Rio Grande do Sul desde 1999 é a FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. A fundação é um dos órgãos executivos do Sistema Estadual de Proteção Ambiental (SISEPRA, Lei nº 10.330 de 27/12/94), que a partir de 1999 passou a ser coordenado pela SEMA - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (Lei nº 11.362 de 29/07/99). O SISEPRA prevê a ação integrada dos órgãos ambientais do estado em articulação com o trabalho dos municípios, sua origem vem da coordenadoria de controle do equilíbrio ecológico do Rio Grande do Sul e no antigo departamento de meio ambiente da secretaria de saúde e meio ambiente, a atual secretaria estadual da saúde.

Cabe a FEPAM as funções de atuar na fiscalização, licenciamento, desenvolvimento de estudos, pesquisas e execução de programas e projetos voltados a assegurar a proteção e preservação do meio ambiente do estado do Rio Grande do Sul, de modo que os municípios são responsáveis pelo licenciamento ambiental das atividades de impacto local (Código Estadual de Meio Ambiente, Lei nº 11.520/2000).

Sua estrutura conta com um cargo de presidência, assessoria de comunicação, jurídica e técnica, além das regionais (secretarias), através dos gerentes e servidores, possui estagiários em diversas áreas, como engenharias e biologia. É composta por oito regionais instaladas em todas as regiões do estado, sendo a sede da FEPAM Zona Sul localizada na cidade de Pelotas, apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização da FEPAM Regional Sul.



Fonte: a autoria (2021).

O objetivo do presente estudo consistiu-se em realizar um levantamento da destinação dos RSU gerados pelos 29 municípios da região sul do estado do RS que fazem parte da FEPAM Regional Sul, bem como verificar o cumprimento da desativação dos lixões existentes nessa região, com suas respectivas remediações.

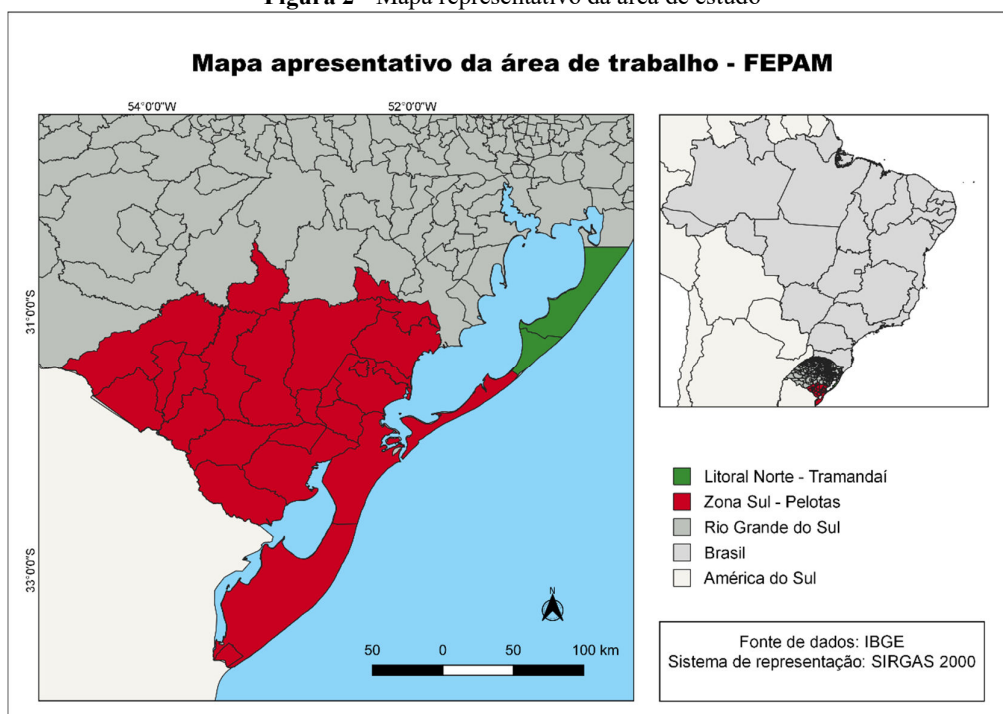
56

METODOLOGIA

A pesquisa exploratória descritiva desenvolveu-se em pesquisas a bases de dados municipais abertos visando compilar informações quantificáveis e qualificáveis, com aplicação de um questionário elaborado pelo grupo de estudo no ano de 2021, fundamentado em legislações sobre o tema, utilizando conceitos importantes da área ambiental e da PNRS (2010).

A área de estudo englobou os municípios da Regional Sul da FEPAM, com a inclusão dos municípios de Tavares e Mostardas, pertencentes a FEPAM do Litoral Norte. Os municípios em questão são: Aceguá, Amaral Ferrador, Arroio do Padre, Arroio Grande, Bagé, Candiota, Canguçu, Capão do Leão, Cerrito, Chuí, Cristal, Herval, Hulha Negra, Jaguarão, Morro Redondo, Pedras Altas, Pedro Osório, Pelotas, Pinheiro, Machado, Piratini, Rio Grande, Santa Vitória do Palmar, Santana da Boa Vista, São José do Norte, São Lourenço do Sul, Turuçu. Os mesmos podem ser visualizados na Figura 2.

Figura 2 - Mapa representativo da área de estudo



O questionário (Quadro 1) contou com 9 questões de respostas rápidas, aplicados através do contato com as secretarias de planejamento e meio ambiente das prefeituras de cada um dos municípios por telefone e/ou e-mail.

Quadro 1 - Questionário referente ao levantamento da destinação dos resíduos municipais pelo poder público municipal

Pergunta:
1. O município possui PMGIRS ¹ ?
2. O município possui aterro sanitário?
3. O que é feito com resíduos de podas e varrição?
4. O que é feito com os RCC ² ?
5. O que é feito com os RSS ³ ?
6. O que é feito com os RSU ⁴ ?

Fonte: a autoria (2021)

¹ Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

² Resíduos de Construção Civil.

³ Resíduos de Serviço de Saúde.

⁴ Resíduos Sólidos Urbanos.

A primeira questão aborda o PMGIRS (Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos), que é um documento que deve abranger o diagnóstico da situação dos RSU gerados na área municipal, contendo a origem, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final adotadas, além da identificação de áreas favoráveis para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos e a identificação das possibilidades de implantação de soluções consorciadas com os municípios, dentre outras informações (BRASIL, 2010).

A importância deste documento é explicada pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos, na qual, em seu conteúdo, aborda que a elaboração do PMGIRS é condição para que os municípios tenham acesso aos recursos da união, destinados a empreendimentos e serviços de limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Pois é com esses recursos que os municípios conseguem desenvolver e manter seus serviços relacionados a coleta e destinação correta dos RSU.

A segunda questão tratada no questionário averiguou se os municípios possuem aterros controlado e/ou sanitário em seus territórios. Os aterros controlados são áreas que não possuem a infraestrutura necessária para a disposição final dos resíduos sólidos, causando problemas, como a poluição atmosférica, do ar e de corpos hídricos, além da proliferação de vetores, e intensa degradação ambiental nas regiões que sofrem influência (SISINNO; MOREIRA, 1996). Já o aterro sanitário, apresenta a forma de disposição final que segue normas técnicas de construção, pois possui sistema de drenagem do chorume, canalização dos gases gerados, coleta das águas superficiais, impermeabilização do terreno, dentre outras técnicas que garantem a disposição final segura (ENSINAS, 2003).

A terceira questão tratou qual destino era dado para os resíduos de poda e varrição gerado nos municípios, já que esse tipo de resíduos orgânico é gerado em grandes quantidades pelas cidades, e são considerados resíduos de limpeza urbana (BRASIL, 2010), sendo de responsabilidade a gestão ambientalmente correta desse material das secretarias municipais.

A quarta questão abordou o caso dos Resíduos de Construção Civil (RCC), onde investigou se os municípios possuem coleta para tal. Estes resíduos são provenientes da construção, reformas, reparos, demolições, tais como blocos cerâmicos, tijolos, concreto, dentre outros (BRASIL, 2002). Já a quinta e penúltima questão tratou de qual a empresa responsável pela coleta dos Resíduos de Serviço de Saúde (RSS), nos municípios, que são responsáveis pelos RSS gerados dentro das unidades de saúde municipais, os gerados nas demais unidades são de responsabilidade do gerador. Estes resíduos são aqueles gerados em atividades relacionadas a atenção à saúde humana ou animal, inclusive em serviços de assistência domiciliar, drogarias e farmácias, salões de beleza e estética (BRASIL, 2018).

Por fim, o último tópico analisou a destinação correta dos RSU dos municípios, composto pelos resíduos domiciliares e de limpeza urbana (BRASIL, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Compilou-se as informações qualiquantitativas das bases abertas das prefeituras (sites) e documentos oficiais referentes a gestão dos RSU de cada município, como o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), Plano de Saneamento Básico Municipal (PSBM), Lei Orgânica, entre outras. O primeiro parecer levantado foi a ausência das informações pesquisadas na grande maioria dos sites visitados, sendo que essas se existem são dispostas em meio analógico ou não dispostas em formato digital para acesso da população em geral (Quadro 2).

Ao implementar uma Lei de Acesso à Informação (Lei nº 12.527/2011), o Estado passou da posição de detentor do monopólio de “documentos oficiais” para guardião de “informações públicas” (MICHENER; CONTRERAS; NISKIER, 2018), no entanto, os gestores precisam ser adeptos da transparência passiva, que exige que as informações sejam cedidas em função de demanda e não ativa (conteúdo divulgado em sites). Sarlet e Fensterseifer (2018) comentam em sua pesquisa sobre o Princípio 10 da Declaração do Rio (1992), no qual faz uma análise pontual da “tríade” de direitos conformadora da dimensão procedimental do direito-dever fundamental ao ambiente, e nesse estudo lembra que muitas vezes o acesso à informação ambiental existente no âmbito dos órgãos públicos tomadores da decisão (e, em algumas circunstâncias, também as informações ambientais em poder de particulares).

Quadro 2 - Municípios da região Sul do RS e documentação relacionada a resíduos sólidos disponível.

MUNICÍPIO	DOCUMENTO	MUNICÍPIO	DOCUMENTO
Aceguá	Plano Diretor	Morro Redondo	Nenhuma Informação
Amaral Ferrador	Nenhuma Informação	Pedras Altas	Lei Orgânica
Arroio do Padre	Nenhuma Informação	Pedro Osório	Nenhuma Informação
Arroio Grande	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	Pelotas	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
Bagé	Lei Orgânica	Pinheiro Machado	Lei Orgânica
Candiota	Nenhuma Informação	Piratini	Nenhuma Informação
Canguçu	Nenhuma Informação	Rio Grande	Nenhuma Informação
Capão do Leão	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	Santa Vitória do Palmar	Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo
Cerrito	Nenhuma Informação	Santana da Boa Vista	Nenhuma Informação
Chuí	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	São José do Norte	Nenhuma Informação
Cristal	Lei Orgânica	São Lourenço do Sul	Nenhuma Informação
Herval	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	Turuçu	Nenhuma Informação
Hulha Negra	Nenhuma Informação	Tavares	Nenhuma Informação
Jaguarão	Nenhuma Informação	Mostardas	Nenhuma Informação

Fonte: a autoria (2021).

Sabe-se que, após a implantação da PNRS, os lixões e aterros controlados deveriam deixar de existir, e para auxílio das ações de fechamento foi elaborado o PMGIRS. Esse tipo de disposição utilizado pós PNRS não está mais sendo licenciado pela FEPAM, visto que sua operação não garante um controle ambiental seguro, considerando que estes não dispõem de impermeabilização de base, sistema de tratamento de lixiviado ou de drenagem dos gases gerados.

Mesmo que considerada uma forma inadequada de disposição dos resíduos, os lixões ainda estão em operação em diversos municípios do país, a região sul possui 28 lixões, o que corresponde a apenas 1,8% da quantidade total de unidades desse tipo cadastradas no SNIS. Vale ressaltar que a

região Nordeste é onde a maioria dos lixões são encontrados, com 899 unidades, 58,2% do total de lixões existentes no país (SNIS, 2022).

Em relação à distribuição de aterros sanitários no Brasil, estão presentes em maior quantidade na região sudeste, com 323 unidades, que corresponde a 49,5% dos aterros existentes no país, seguido pela região sul, que apresenta 31,4%, e possui 205 unidades (SNIS, 2022). Juntas essas regiões apresentam mais de 80% das áreas de destinação ambientalmente corretas no país, é a tecnologia de disposição final de rejeitos adequada e licenciada pelos órgãos de fiscalização e controle.

Questionado aos municípios sobre as áreas inativadas de destinação (inadequada) de resíduos, dos 29 municípios em análise, apenas 17 apresentaram dados referente a remediação dessas áreas. Sendo que, a remediação, independente da técnica utilizada, é uma etapa fundamental para a área após o processo de fechamento. Por exemplo, Morita e Moreno (2022) levantam que a fitorremediação é um processo interessante para a remoção dos contaminantes nessas áreas, dependendo da sua natureza, podem ser utilizadas as técnicas de fitoextração, fitoestabilização, fitovolatilização e fitodegradação. Ainda, os autores comentam que estudos nessa área são justificados pela imensa biodiversidade do território brasileiro, onde o desenvolvimento de técnicas de fitorremediação que utilizam espécies nativas são extremamente importantes para reduzir os impactos provocados por lixões ou aterros inativos.

Dito isso, foi indagado aos municípios sobre estes possuírem PMGIRS, aterro sanitário e a forma a qual realiza a destinação dos seus resíduos. Essas respostas estão dispostas através do Quadro 3 e discutidos posteriormente.

Quadro 3 - Representação dos resultados obtidos via questionários.

Município	PMGI RS ⁵	Aterro Sanitário	Resíduo de Varrição e Poda	RCC ⁶	RSS ⁷	RSU ⁸
Aceguá	N	N	Pátio da prefeitura	Não existe coleta	Stericycle	Meioeste
Amaral Ferrador	N	N	Não existe coleta	Não existe coleta	Stericycle	Meioeste
Arroio do Padre	S	N	Não existe coleta	Não existe coleta	Stericycle	Meioeste
Arroio Grande	N	N	Não existe coleta	Coleta da prefeitura	Stericycle	Meioeste

⁵ PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

⁶ RCC – Resíduos de Construção Civil

⁷ RSS – Resíduos de Serviços de Saúde

⁸ RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

Bagé	S	N	Pátio da prefeitura	Coleta da prefeitura	Conesul	Meioeste
Candiota	N	S	Pátio da prefeitura	Coleta da prefeitura	Stericycle	Meioeste
Canguçu	N	N	Pátio da prefeitura	Coleta da prefeitura	Ambientuus	Meioeste
Capão do Leão	S	N	Não existe coleta	Não existe coleta	Stericycle	Meioeste
Cerrito	S	N	Não existe coleta	Não existe coleta	Stericycle	Meioeste
Chuí	S	N	Aterro	Não existe coleta	Ambientuus	NR
Cristal	S	N	Zona rural	Zona rural	Ambientuus	CRVR
Herval	S	N	Pátio da prefeitura	Pátio da prefeitura	Stericycle	Meioeste
Hulha Negra	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Jaguarão	S	N	Meioeste	Responsabilidade do gerador	Stericycle	Meioeste
Morro Redondo	S	N	Não existe coleta	Não existe coleta	Stericycle	Meioeste
Pedras Altas	S	N	Zona rural	Reaproveitado	Ambientuus	Meioeste
Pedro Osório	S	S	Bota fora	Bota fora	Ecolog	Meioeste
Pelotas	S	N	Aterro de inertes	Aterro de inertes	Aborgama	Meioeste
Pinheiro Machado	N	N	Meioeste	Pátio da prefeitura	Ambientuus	Meioeste
Piratini	S	N	Transbordo	Responsabilidade do gerador	Ecolog	CRVR
Rio Grande	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Santa Vitória do Palmar	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Santana da Boa Vista	S	N	Áreas de erosão	Áreas de erosão	Stericycle	Meioeste
São José do Norte	S	N	Aterro sanitário	Reutiliza	Servioeste – essencys	Meioeste
São Lourenço do Sul	S	N	Aterro de inertes	Aterro de Inertes	Ambientuus	Meioeste
Turuçu	S	N	Zona rural	Reutiliza	Ambientuus	Meioeste
Tavares	S	N	Zona rural	Em partes reutilizado	Ambientuus	CRVR
Mostardas	S	N	Terceiriza	Terceiriza	Koletar	CRVR

Fonte: a autoria (2021).

Em relação à existência de aterro sanitário nos municípios, apenas Candiota e Pedro Osório contam com o aterro, sendo denominado Aterro Sanitário Metade Sul, localizado em Candiota, o mais significativo em relação a quantidade de resíduo comportado, e é administrado pela empresa Meioeste Ambiental. O aterro da Meioeste é responsável por receber resíduos de mais de 25 cidades das regiões da Campanha, Sul e Fronteira Oeste do estado gaúcho. Tanto, que dentre os 29 municípios estudados, 20 encaminham seus resíduos para ele.

Dados apresentados no relatório do SNIS (2022) apontam que hoje em dia muitos municípios brasileiros praticam exportação de RSU. Em torno de 2.000 desses municípios encaminham seus resíduos para disposição final em outros municípios. Tal prática representa um elevado fluxo intermunicipal de resíduos, que já está consolidado no país. Com destaque para região sul, onde 951 municípios declaram fluxo de RSU, considerando 64 importadores e 847 exportadores. O relatório ainda destaca como exemplo o município de Minas do Leão/RS, que possui um aterro sanitário privado, e é o destino dos resíduos de 91 outros municípios do estado (SNIS, 2022).

A cidade de Bagé, por exemplo, possui um aterro sanitário que está fechado para recebimento de resíduos, por apresentar vários problemas estruturais, que estão sendo reparados, pois ele encontra-se em construção da sexta célula e manutenção da área para voltar a operar, seguindo as condicionantes estabelecidas pelo Ministério Público e FEPAM. A retomada das atividades do aterro municipal representa uma economia de R\$ 300 mil por mês para o município, segundo informações apresentadas no contato via questionário. Com isso, observa-se a importância de um órgão licenciador no estado, que fiscaliza e atua para os aterros do estado operem de forma adequado e não venham ocasionar nenhum dano ambiental.

Os responsáveis pelo gerenciamento de RSU no país, destaca-se o poder público, as prefeituras junto com as secretarias de meio ambiente, em 3.014 municípios, 937 esse serviço é realizado por empresas privadas, seguidas pelas associações de catadores com 893 unidades, outros operadores, sem uma identificação específica, com 131 unidades, e por consórcios, 43 unidades (SNIS, 2022). Sabe-se que os setores passam por dificuldades na destinação e valorização dos resíduos, no entanto, a região Sudeste seguida do Sul apresentam maiores índices positivos em relação às etapas adotadas por alguns municípios quanto aos RSU antes da destinação final nos aterros sanitários. São essas: o armazenamento em galpões de triagem e usinas e transbordo, com o intuito de melhor segregação e aproveitamento dos materiais, diminuindo custos de transporte para destinação final e uma renda extra para os catadores. Esses pontos representam 613 e 435 unidades, respectivamente entre as regiões (SNIS, 2022).

Nesse contexto, para uma melhor valorização seria o ideal e para isso, a PNRS institui um esquema com ordem de prioridade na gestão de resíduos (Figura 3). E uma das opções é a de reciclagem, seja qual for o material, por exemplo, que auxiliaria a redução de despesas para os municípios seria a coleta de resíduos orgânicos, o qual carrega a prática da compostagem. O estudo de Da Rosa *et al.* (2021) apresenta como ideia aos municípios um projeto piloto para a implementação de ações de compostagem em nível municipal, onde a pesquisa aborda sobre a utilização da prática de compostagem realizada em condomínios verticais, realizando a segregação diretamente na fonte e utilização do composto orgânico produzido para a produção de alimentos orgânicos do próprio condomínio.

Figura 3 - Esquema de ordem de prioridade na gestão de resíduos.



Fonte: Adaptado de PNRS (2010).

Estudos como esse de Da Rosa (2021) podem influenciar e motivar que as prefeituras municipais adotem programas que promovam a prática de compostagem, uma vez que recicla os resíduos sólidos orgânicos, que são os mais pesados e, portanto, custam mais para a disposição final em aterro sanitário, aumentando a economia mensal para a disposição final dos RSU, bem como promover maior vida útil do aterro sanitário e utilização de práticas sustentáveis.

Já ao que diz respeito aos RSS, todos os municípios possuem contratos ativos com empresas terceirizadas para realizar a coleta, transporte, tratamento e destinação desses resíduos. A empresa CONESUL Soluções Ambientais LTDA é a responsável pelo recolhimento dos resíduos do serviço de saúde de Bagé, já a empresa Ambientuus Tecnologia Ambiental Ltda. do município de Canguçu, e, nos demais sete municípios, a responsável por prestar esse serviço é a STERICYCLE.

Os RCC, que são restos de obras, resíduos de demolição, são recolhidos pelas secretarias de obras e infraestrutura nas cidades de Arroio Grande, Bagé, Candiota e Canguçu, já os restantes não prestam esse serviço para população. Mas só é recolhido uma quantidade pequena (máximo 10 m³), visto que uma geração elevada desse tipo de resíduo é de responsabilidade do gerador de contratar um serviço de coleta, transporte e destinação ambientalmente correta do material.

Após analisar os dados encontrados, foi possível perceber que, na maioria dos municípios pequenos, com menos de dez mil habitantes, não são atendidos pela coleta de RSU, geralmente moradores da zona rural, que não possuem recolhimento frequente de resíduos, apenas de quinze em quinze dias ou até mesmo uma vez por mês. Diante de tal situação, segue Quadro 4, com os dados a respeito do número de habitantes que não são atendidos por coleta de resíduos em seus respectivos municípios e a porcentagem de moradores da zona rural, obtidos via Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, no Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2019.

Quadro 4 - Habitantes sem coleta de RSU e percentual da zona rural.

Município	Habitantes sem Coleta de RSU	Moradores Zona Rural
Aceguá	1.225	75,9%
Amaral Ferrador	1.459	70,6%
Arroio do Padre	728	83,3%
Arroio Grande	-	-
Candiota	1.998	70,3%
Canguçu	13.060	63,0%
Capão do Leão	-	-
Cerrito	534	41,5%

Fonte: SNIS, 2019.

O município de Bagé não está no Quadro 4, porque, segundo dados do SNIS, toda população é atendida com coleta de resíduos domiciliares, já o município de Canguçu, mesmo tendo uma população maior que dez mil habitantes, apresenta mais de 13.000 habitantes sem a coleta de resíduos, tal questão pode estar relacionada à parcela de habitantes da zona rural, cerca de 63%, assim como Aceguá, Amaral Ferrador, Arroio do Padre com parcela de moradores acima de 70% da zona rural.

O descarte de resíduos em áreas impróprias é um problema enfrentado por diversas prefeituras, como a de Candiota, que, segundo dados obtidos com a Secretaria do Meio Ambiente, na cidade existiam três áreas consideradas lixão clandestino (ano de referência 2021), localizadas próximas a bairros mais afastados do centro da cidade, como na Vila Operária, locais que serviam de depósito de resíduos domiciliares tanto sólidos como orgânicos, restos de obras (resíduos da construção civil), resíduos de podas, pneus e móveis usados. Todos dispostos de forma irregular, implicando em impactos ambientais negativos, como poluição visual, proliferação de doenças, dependendo do tipo de resíduo, contaminação do solo e lençol freático, desencadeando em gastos adicionais pelo poder público com a limpeza desses locais.

Desde janeiro de 2021, as áreas encontradas com descarte irregular no município de Candiota estão sendo limpas e reparadas pela prefeitura (Secretaria do Meio Ambiente e de Obras e Infraestrutura) em parceria com a empresa responsável pelo aterro sanitário do município, Meioeste, que, segundo dados da limpeza realizada em 18/06/2021, foram recolhidas mais de 107 toneladas de resíduos, que foram encaminhadas ao aterro sanitário do município. Com isso, nota-se o quão é positivo parcerias entre público e privado para ações voltadas à limpeza urbana, pois esse tipo de iniciativa envolve o comprometimento maior da comunidade.

Uma ação necessária nesses locais seria a instalação de placas informativas, proibindo o depósito de RSU, e também disponibilizar o contato da prefeitura nos bairros para a população entrar em contato para saber onde pode depositar esses tipos de resíduos. Se ainda persistir a destinação inadequada nessas áreas, o cercamento é uma opção para retrain esse problema, além de ser necessário a fiscalização de áreas próximas, que podem ser novos locais de descarte incorreto de resíduos.

Mas para que esses locais não voltem a ser pontos de descarte de RSU é preciso que a prefeitura apresente espaços e ações para o descarte correto desses resíduos, como os dias de descarte de determinados tipos de resíduos (eletrônicos, móveis usados, entre outros), também é necessário que a coleta convencional de RSU seja eficiente, e que a prefeitura busque formas de atrair o maior número de habitantes nos dias de recolhimento de resíduos, seja nos melhores dias e horários para determinada área do município.

Um estudo desenvolvido por Da Silva *et al.* (2019), mostra o caso para três municípios do estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Passo Fundo e Santa Maria, o qual utilizando um conjunto de indicadores de sustentabilidade com viabilidade de aplicação em cidades do mundo como ferramenta para a gestão de RSU. Os resultados apresentados pelos autores a respeito da coleta de resíduos foi de 0,38; 0,31 e 0,23 t/hab/ano para Porto Alegre, Passo Fundo e Santa Maria, respectivamente. As três cidades apresentaram valores de coleta de RSU abaixo da média nacional que é de 0,39 ton/pessoa/ano. Em relação ao envio dos resíduos para aterros sanitários e controlados, os municípios apresentaram índices acima de 95%, com alto nível de destinação ambientalmente adequada. Por outro lado, a taxa de reciclagem desses municípios ficou abaixo da taxa média global, que é de 5%, apresentando, com 3,44% para Porto Alegre, 1,66% para Passo Fundo e 4,0% Santa Maria, essa baixa adesão está relacionada diretamente a falta de investimentos em coleta seletiva.

Desse modo, conforme já mencionado a respeito do Artigo 9 da PNRS, uma ideia é a valorização dos materiais que são descartados, bem como seu aproveitamento energético desses resíduos. Rebehly *et al.* (2023), em seu estudo identificaram os fatores que influenciam a recuperação de

materiais e as melhores ações adotadas pelos municípios brasileiros, e observaram que dos 5.570 municípios que compõem o país 3.468 deles reportam as informações ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico (SNIS), seguindo esse valor foi identificado que há 1.558 municípios pequenos, com menos de 20.000 habitantes, os quais são responsáveis por gerar 0,599 kg/hab/dia e recuperam apenas 4,88% de resíduos considerados materiais recicláveis. No entanto, existem 34 municípios de grande porte, com população superior a 750 mil habitantes que geram 1.003 kg/hab/dia e recuperam apenas 1,15% do total de resíduos coletados. Com isso, os autores destacaram que muitos resíduos recicláveis ainda são despejados em aterros e lixões, o que inviabiliza e prejudica toda a gestão municipal dos RSU.

O que leva a pensar nas seis rotas de destinação de RSU, como: envio para aterro sanitário, reciclagem, digestão anaeróbia e incineração, com foco na geração de energia. E após um extenso levantamento de dados e seguindo metodologias renomadas, os autores obtiveram que a rota 5, a qual utiliza a incineração como geração de energia se destacou com o maior potencial de geração de energia, 890 kW/h, com essa técnica mais de 70% dos RSU são incinerados. No entanto, essa é uma das rotas de geração de energia com custos muito altos, necessitando incentivos por parte do governo, e mais atrativa para municípios maiores (PADILHA *et al.*, 2022).

Ainda sobre a valorização dos materiais segregados e destinados inadequadamente, e agora associado as rotas de destinação dos RSU, Leite *et al.* (2022) avaliaram o potencial de geração de eletricidade através de RSU, por exemplo, em Minas Gerais – Brasil, em diversos cenários e observaram que o maior potencial de geração de energia elétrica no estado de MG é alcançado no cenário que considerou as tecnologias de incineração de papéis e plásticos (26%), reciclagem dos vidros e metais (2,6%), digestão anaeróbia da fração orgânica (51,4%) e para aterro sanitário a fração destinada seria de 19,4% dos resíduos considerados rejeitos. Com essa configuração de gestão dos RSU gerados o estudo apresenta que seria possível gerar 5.057.648 MWh/ano de eletricidade, o que permitiria suprir o consumo de eletricidade de 3.404.448 residências.

Outra aplicação e exemplo referente a temática da valorização é apresentada no estudo de Azevedo *et al.* (2021), onde investigaram por meio de análises documental e entrevistas sobre as práticas de gerenciamento de RSU em Münster, cidade localizada no norte da Alemanha, e Macaé, município brasileiro do estado do Rio de Janeiro. Em Münster o sistema de coleta cobre 100% da cidade, e nenhuma relação com problemas de saúde pública foi citada, e as ações desenvolvidas são: as roupas, eletrônicos e móveis são recolhidos para serem reaproveitados e/ou desmontados, os resíduos biológicos são utilizados para gerar energia e composto orgânico, e todos os outros materiais,

sem valor agregado são encaminhados para usinas de incineração gerando eletricidade. Além disso, o sucesso de tais ações se deve as leis claras no país, campanhas públicas regulares e a cobrança de taxas, que foi desenvolvida para sustentar o sistema integralmente.

Segundo mesmo estudo de Azevedo *et al.* (2021), as informações referentes ao gerenciamento de RSU no município de Macaé possuem falhas. A empresa responsável pela coleta dos resíduos não possui *site* e as informações não são de fácil acesso, o plano municipal de gerenciamento está desatualizado, e desde 2014 o município não informava seus números ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Os dados levantados junto a empresa responsável e a secretaria municipal de infraestrutura afirmaram que a coleta de RSU cobre 100% da cidade, mas em alguns locais é possível encontrar terrenos com disposição irregular de resíduos. Observaram ainda que a violência, falta de ruas adequadas para circulação dos caminhões coletores são alguns problemas enfrentados pelos prestadores de serviço. E o resíduo gerado pelos moradores, em sua maior parte é todo misturado, tanto pelo gerador como por catadores informais que coletam materiais recicláveis, e a cidade não possui cooperativa de catadores, ou seja, um sistema com muitas falhas que precisa urgente de melhorias e adequações (AZEVEDO *et al.*, 2021).

Outro ponto importante a ser discutido é a relação do transporte dos RSU aos municípios fronteiriços (Chuí e Santa Vitória do Palmar), isso porque a via principal de acesso é única corta e tangencia em 17 km a Unidade de Conservação (UC), nomeado Estação Ecológica do Taim (ESEC Taim) através da BR-471. A mesma possui uma extensão de 32.979 hectares e situada entre os municípios de Rio Grande e Santa Vitória do Palmar e a Lagoa Mirim e o Oceano Atlântico (ICMBio, 2021).

O Plano de Manejo (2021) do local apresenta que a ESEC é de extrema importância por ser reconhecida mundialmente como uma das mais importantes áreas de conservação, isso, pelo fato de possuir uma enorme diversidade de espécies de animais e vegetais, além de preservar matas, campos, dunas, banhados e lagoas. Além de apresentar normas que devem ser seguidas para o bem-estar da estação, dentre elas, existem 3 sobre estradas e rodovias:

Em todas as estradas no interior da UC as cargas vivas e perigosas (fertilizantes, combustíveis, materiais tóxicos e afins), bem como aquelas que soltam resíduo no trajeto (sementes, areia, materiais de construção e afins), somente poderão transitar com a devida cobertura. (ICMBio, 2021, p.51. 31.)

É importante também salientar que o transporte de resíduos no território brasileiro deve ocorrer seguindo de identificação e cautela a vasta e oriunda legislação dos diferentes órgãos de

fiscalização e controle (VG RESÍDUOS, 2018). Dentre as principais a serem seguidas temos a NBR 13.221 de 2003, que dispõe sobre o transporte terrestre de resíduos e a NBR 7.500 de 2017 que dispõem sobre a identificação para transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos.

Ao se referir a NBR 13.221, essa apresenta os requisitos gerais para o transporte dos resíduos, afim de preservar a qualidade do meio ambiente. Isso é possível, acarretando em um transporte realizado por meio de equipamentos adequados em estado de conservação, para que não ocorra vazamentos e/ou derramamento do mesmo na via pública, além de que deve ser protegido e transportado separadamente de produtos destinados ao consumo humano ou animal (ABNT, 2003).

Sendo assim, os municípios de Santa Vitória do Palmar e Chuí merecem uma atenção devido ao transporte dos seus resíduos passarem por essa área. Ao entrar em contato com esses municípios através de telefonemas e/ou e-mail sobre a destinação dos RSU, ambos não foram capazes de responder qual o destino que eles possuíam. Porém, através de consulta ao Plano de Saneamento algumas dúvidas foram obtidas.

O município de Chuí atualmente transporta sobre a ESEC apenas os RSS, que são encaminhados para a empresa Ambientus Tecnologia Ambiental LTDA localizada em Cachoeirinha/RS, já a destinação final dos demais resíduos é o aterro sanitário municipal, que consta em fase de regularização do licenciamento ambiental juntamente ao Órgão Estadual (FEPAM). O município ainda consta com uma área de disposição final de resíduos utilizada como lixão, área essa que se encontra coberta por vegetação, porém sem processo de licenciamento e remediação (PMGIRS, 2020).

Por vez, os dados obtidos para Santa Vitória do Palmar ocorreram por acesso ao Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo de Santa Vitória do Palmar (PMSB, 2010), onde apresenta que o município realiza a coleta dos resíduos sólidos pela Prefeitura Municipal, que conta com o auxílio de 5 caminhões que transportam aproximadamente 50 m³ de resíduos por dias ao aterro sanitário. Esse aterro consta uma unidade de triagem para reciclagem na chegada e o restante do resíduo é disposto em uma célula.

Atualmente os objetivos sustentáveis (ODS) da Agenda 2030 da ONU vem se mostrando dia a dia mais significativos e importantes para melhorar a qualidade de vida da população e seu local de estadia. A plataforma ODS Brasil é o resultado do trabalho colaborativo, que reúne os indicadores ODS globais construídos com dados oficiais nacionais, como os oriundos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. Com objetivo de construir os indicadores relacionados ao

tema de resíduos sólidos, o IBGE estabeleceu uma parceria com a equipe do SNIS para a confecção do indicador 11.6.1 “Proporção de resíduos sólidos urbanos coletados e gerenciados em instalações controladas pelo total de resíduos urbanos gerados, por cidades” (Objetivo 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis).

Ele busca tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, e para isso estabeleceram-se sete metas cujo alcance é medido por treze indicadores. A meta 11.6 consiste em até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros. Foram estabelecidos dois indicadores para esta meta, o 11.6.1 - Proporção de resíduos sólidos urbanos coletados e gerenciados em instalações controladas pelo total de resíduos urbanos gerados, por cidades e o 11.6.2 - Nível médio anual de partículas inaláveis (ex.: com diâmetro inferior a 2,5 µm e 10 µm) nas cidades (população ponderada).

Figura 4 - Ilustração dos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU.



Fonte: ODS Brasil (2023).

A Figura 4 carrega os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável apresentado pela ONU, e além da meta/objetivo 11 já citado anteriormente, com a segregação adequada dos resíduos, bem como o transporte, reaproveitamento e descarte ambientalmente adequados, a população pode ainda de beneficiar de outras metas, tais quais: (1) erradicação da pobreza; (4) educação de qualidade; (6) água potável e limpa, e saneamento; (8) trabalho descente e crescimento econômico; e (10) redução de desigualdade. Isso pois, uma vez o município conte com unidade de transbordo e parceria com

cooperativas de catadores, é possível tirar várias pessoas das ruas e áreas impróprias e fornecer apoio e sustento através do aproveitamento de matérias, bem como um trabalho descente e reduzir a desigualdade, e com isso, possibilitar que os próprios ou seus filhos consigam desfrutar de educação de qualidade e um meio ambiente mais limpo e sustentável.

CONCLUSÃO

Posto isso, o presente trabalho se configura como uma importante fonte de dados atualizada para os municípios que compreendem a FEPAM Regional Sul, no estado do Rio Grande do Sul, uma vez que permitiu a identificação de como ocorre a destinação e disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Com este panorama, é possível compreender as particularidades de cada município pesquisado e identificar as principais medidas que deverão ser adotadas para adequar a gestão de resíduos sólidos no âmbito municipal. Nesse contexto, a identificação da presença de lixões e aterros controlados que não realizam a remediação da área nos municípios é extremamente relevante, uma vez que estas áreas podem estar contribuindo para a contaminação do solo e do lençol freático, além de estimular a identificação de alternativas para que o processo de remediação tenha início nos municípios que ainda não realizam, mas também verificar a adequação do processo nos municípios que já realizam, juntamente com o trabalho da FEPAM.

O trabalho permitiu identificar a possibilidade de adoção de ações alternativas de reciclagem dos resíduos sólidos orgânicos, juntamente com os resíduos de poda e varrição, como a técnica de compostagem. A adoção do processo de compostagem nesses municípios possui grande potencial de economia para os municípios, considerando que a fração orgânica é a mais pesada dentre os resíduos sólidos urbanos, e o custo de envio para aterro sanitário é calculado por quilogramas. A transformação destes resíduos em adubo orgânico contribuirá para o aumento da vida útil dos aterros sanitários, para a nutrição de solos e plantas, bem como para a contribuição de geração de emprego para os munícipes responsáveis pelo processo de compostagem.

E por fim, considerando que a FEPAM não está mais licenciando a operação de aterros controlados, os municípios que utilizam esta forma de destinação de RSU (Santa Vitória do Palmar e Chuí) deverão readequar seus procedimentos. Atualmente, a maioria dos municípios da região que apresentam antigos lixões e aterros encerrados se encontram em processo de recuperação de áreas degradadas junto à FEPAM.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.221: 2003**. Transporte terrestre de resíduos.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7.500:2017**. Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos.

ABRELPE - ABRELPE. PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>. Acesso em: mai. 2021.

ABRETE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS. Disponível em: <https://abrete.org.br/cai-numero-de-municipios-que-enviam-residuos-a-lixoes-diz-associacao/> Acesso em: mai. 2021.

AZEVEDO, B. D.; SCAVARDA, L. F.; CAIADO, R. G. G.; FUSS, M. Improving urban household solid waste management in developing countries based on the German experience. *Waste management*, 120, 772-783, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.11.001>

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2002). **Resolução CONAMA nº 307**, 05 de julho de 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução ANVISA nº 222**, de 28 de março de 2018. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2018.

BRASIL. **Ministério do Meio ambiente LEI Nº 12305**. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Planalto, 2010. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/> Acesso em: ago. 2020.

DA ROSA, L. O. *et al.* Tecnologia social e compostagem na disseminação de saberes na valoração dos resíduos orgânicos de um condomínio de baixo custo na cidade de Pelotas-RS. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 17, n. 49, p. 188-200, 2021.

DA SILVA, L., PRIETTO, P. D. M.; KORF, E. P. Sustainability indicators for urban solid waste management in large and medium-sized worldwide cities. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117802, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117802>

DE OLIVEIRA LEITE, F. F., PALACIO, J. C. E., BATISTA, M. J. A., & RENÓ, M. L. G. Evaluation of technological alternatives for the treatment of urban solid waste: A case study of Minas Gerais, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129618, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129618>

ENSINAS, A. V. Estudo da geração de biogás no aterro sanitário. Delta em Campinas/SP. **Dissertação de mestrado**. v.35, n.1, p. 21-25, 2003.

FEPAM. **Fepam Institucional**: Principais funções da FEPAM. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/institucional/funcoes.asp>. Acesso em 01 jul. 2021.

ICMBio. **Plano de Manejo da Estação Ecológica do Taim**. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/marinho/lista-de-ucs/esec-do-taim/arquivos/PM_ESEC_Taim_vs.11.pdf Acesso em: out. 2022.

MICHENER, G.; CONTRERAS, E.; NISKIER, I. Da opacidade à transparência? Avaliando a Lei de Acesso à Informação no Brasil cinco anos depois. **Revista de Administração Pública**, v. 52, p. 610-629, 2018.

MORITA, A. K. M.; MORENO, F. N. Fitorremediação aplicada a áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, p. 377-384, 2022.

ODS BRASIL. Objetivos do desenvolvimento sustentável – Brasil. Indicadores. (2023). Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/relatorio/sintese>. Acesso em: mai. 2023.

ONU - Organização das Nações Unidas. Agenda 2030: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS – da ONU. 2023. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: mai. 2023.

PADILHA, J. L.; MESQUITA, A. L. A. Waste-to-energy effect in municipal solid waste treatment for small cities in Brazil. *Energy Conversion and Management*, 265, 115743, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115743>

PMGIRS. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Chuí**. Diagnóstico e Prognóstico. 2020. Disponível em: https://www.chui.rs.gov.br/uploads/norma/18511/LEI_1991_071220.pdf Acesso em: out. 2022.

PMSB. **Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo de Santa Vitória do Palmar**, Rio Grande do Sul. 2010. Disponível em: https://www.ufrgs.br/planomsb/legislacao/PMS_SVP_2010_03_03.pdf Acesso em: out. 2022.

RAMOS, N. F. *et al.* Desenvolvimento de ferramenta para diagnóstico ambiental de lixões de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 1233-1241, 2017.

REBEHY, P. C. P. W., JUNIOR, A. P. S., OMETTO, A. R., DE FREITAS ESPINOZA, D., ROSSI, E.; NOVI, J. C. Municipal solid waste management (MSWM) in Brazil: Drivers and best practices towards to circular economy based on European Union and BSI. **Journal of Cleaner Production**, 401, 136591, 2023.

SARLET, I. W.; FENSTERSEIFER, T. Direitos ambientais procedimentais: acesso à informação, a participação pública na tomada de decisão e acesso à justiça em matéria ambiental. **Novos Estudos Jurídicos**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 417–465, 2018. DOI: 10.14210/nej.v23n2.p417-465.

SISSINO, C. L. MOREIRA, J. C. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu. **Cadernos de saúde pública**, v.12, p. 515-523, 1996.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS Brasília, setembro de 2022.

Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos Infraestrutura. 51 p. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS, 2022. Disponível em: <http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos>. Acesso em: mai. 2023.

VG Resíduos. **Blog. Quais leis determinam o procedimento para transporte de resíduos?** 2018. Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.br/blog/quais-leis-determinam-o-procedimento-para-transporte-de-residuos/>. Acesso em: out. 2022.

PROSPECÇÃO DE AMETISTAS: UTILIZAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO DE ÁREAS POTENCIAIS DE MINERAÇÃO NO SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Breno Mello Pereira

Técnico em Geoprocessamento - IFRS
Graduando em Engenharia Geológica - UFPel
E-mail: brenomello178@gmail.com

Miguel da Guia Albuquerque

Graduação em Geografia Bacharelado – UECE; Mestre em Oceanografia Física, Química e Geológica – FURG; Doutor em Geociências – UFRGS
Professor do IFRS – Campus Rio Grande
E-mail: migueldaguia@gmail.com

Jean Marcel de Almeida Espinoza

Graduação em Física e Física Médica – FURG; Mestre e Doutor em Sensoriamento Remoto – UFRGS
Professor do IFSC – Campus Caçador
E-mail: espinoza.almeida@gmail.com

RESUMO

Esse estudo teve como objetivo a utilização do sensoriamento remoto baseado na coleta de imagens do sensor orbital ASTER/Terra, na prospecção de potenciais áreas de mineração de ametistas no sudoeste do Rio Grande do Sul. A localidade de estudo foi escolhida tendo em vista as descobertas feitas pelo Serviço Geológico do Brasil em 2021, o qual tratava da busca de novas áreas propícias à formação de ametistas ao longo da extensão da região de *Los Catalanes*, no Uruguai, a qual é adjacente à fronteira sudoeste do Rio Grande do Sul com os municípios de Quaraí e Santana do Livramento. A metodologia fundamentou-se na aplicação do método de classificação *Spectral Angle Mapper* (SAM) em imagens do sensor ASTER, o qual verifica a semelhança entre as assinaturas espectrais de alvos de referência e dos *pixels* de uma imagem. O método SAM foi selecionado dentre as opções disponíveis, a exemplo da transformação MNF, *Linear Spectral Unmixing*, *Spectral Information Divergence*, dentre outros métodos, por se tratar de um algoritmo de solução robusta e fácil aplicação, com resultados reconhecidos na literatura. Os valores do SAM são expressos em ângulos, a fim de que quanto menor for o ângulo para o pixel classificado, maior será sua similaridade espectral com a amostra de referência e, por conseguinte maior a possibilidade de o *pixel* conter aquele mineral em foco. Como resultado foi observado que 13,275 hectares de área apresentaram probabilidade de ocorrência de ametista entre 66,66% e 72,52%. Em relação ao padrão espacial para identificação das maiores probabilidades de ocorrência de ametistas, estas ocorrem pela sobreposição do basalto, malaquita e quartzo, materiais os quais sua presença é associada diretamente à ametista, e que se encontram em percentuais acima de concentrações médias já encontradas em outras jazidas. A metodologia empregada neste estudo se mostrou como uma excelente alternativa no apoio à prospecção geofísica de ametistas. Por fim, a partir dos produtos gerados ao final deste estudo espera-se produzir subsídios a outros projetos acerca da prospecção de ametistas no Rio Grande do Sul.

PALAVRAS-CHAVE: Prospecção geológica; imagens ASTER; técnica SAM.

AMETHYST PROSPECTION: USE OF REMOTE SENSING IN THE STUDY OF POTENTIAL MINING AREAS IN THE SOUTHWEST OF RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT

This study aims to use remote sensing based on the collection of ASTER orbital sensor images, in the prospection of potential amethyst mining areas in the southwest Rio Grande do Sul. The study location was chosen in view of the discoveries made by the Brazilian Geological Survey in 2021, which dealt with the search for new areas conducive to the formation of amethysts along the extension of Los Catalanes region, in Uruguay, which is adjacent to the border of southwest Rio Grande do Sul with the municipalities of Quaraí and Santana do Livramento. The methodology is based on the Spectral Angle Mapper (SAM) classification in ASTER sensor images, which verifies the similarity between the spectral signatures of reference targets and the pixels of an image. The SAM method was selected among the available options, such as MNF transformation, Linear Spectral Unmixing, Spectral Information Divergence, among other methods, because it is an algorithm with a robust solution and easy application, with results recognized in the literature. The SAM values are expressed in angles, so that the smaller the angle for the classified pixel, the greater its spectral similarity with the reference sample and, therefore, the greater possibility that the pixel contains that mineral in focus. As a result, it was observed that 13,275 hectares of area had a probability of amethyst occurrence between 66.66% and 72.52%. Regarding the spatial pattern for identifying the highest probability of amethysts occurrence, these occur due to overlapping of basalt, malachite and quartz, materials whose presence is directly associated with amethyst, and which are found in percentages above the average concentrations already found in other deposits. The methodology used in this study proved to be an excellent alternative to support the geophysical prospecting of amethysts. Finally, from the products generated at the end of this study, it is expected to produce subsidies for other projects about the prospection of amethysts at Rio Grande do Sul.

76

KEYWORDS: Geological prospecting; ASTER images; SAM technique.

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é considerado um dos mais importantes produtores de ametistas do Brasil, sendo que a maior parte das ocorrências está concentrada na região do Médio Alto Uruguai (ALBERTI *et al.*, 2003). No restante do estado as jazidas são pouco conhecidas sob o ponto de vista geológico, tendo como consequência o baixo grau de aproveitamento econômico. Em agosto de 2021, o Serviço Geológico do Brasil - SGB, por meio de pesquisas de campo e da aplicação de métodos de prospecção geofísica, divulgou a pesquisa “Projeto Ametista”. O informativo tratava dos jazimentos do distrito gemológico de *Los Catalanes*, no Uruguai, os quais se estendem para as áreas de municípios que fazem fronteira com a região oeste do estado do Rio Grande do Sul.

Os municípios da fronteira gaúcha não exploram o potencial econômico da região, enquanto que, do outro lado da fronteira, os vizinhos uruguaios já exploram as jazidas há mais de 50 anos. Dados do Serviço Geológico do Brasil apontam uma produção de 1.689 toneladas de ametista por

ano no lado uruguaio da fronteira (BERGMANN *et al.*, 2020). Tendo em vista que a geologia desconhece limites territoriais políticos, estima-se que o potencial prospectivo seja semelhante ao do lado gaúcho (BERGMANN *et al.*, 2020).

Segundo Zeinelabdein *et al.* (2020), as atividades de prospecção mineral têm aumentado nas últimas décadas. Cada vez mais o setor tem demandado por ferramentas e técnicas que auxiliam na rápida identificação de uma jazida, de forma rápida e com custos reduzidos. Nesse sentido, o sensoriamento remoto tem sido visto como uma ferramenta capaz de auxiliar essas demandas provenientes da mineração.

Nos últimos anos, imagens obtidas por sensores remotos tem se constituído em uma ferramenta poderosa, sendo usadas para exploração mineral em duas aplicações: (1) mapear a geologia e as falhas e fraturas que localizam os depósitos de minério; (2) reconhecer rochas alteradas hidrotermicamente por suas assinaturas espectrais (SABINS, 1999). No que se refere ao sensoriamento remoto, parte da consolidação desta abordagem, como ferramenta de prospecção mineral, se deu com o advento do sensor orbital ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), a bordo da plataforma orbital Terra.

O sensor ASTER representou um avanço, em termos de resolução espectral, quando comparado ao instrumento *Thematic Mapper* (e.g., sensor multiespectral da plataforma LANDSAT-5). Esse avanço se firmou pelo sensor ASTER ser um sistema desenvolvido especificamente para a pesquisa geológica, possuindo bandas espectrais no infravermelho médio e termal devidamente posicionadas nas faixas espectrais de resposta dos principais alvos minerais da Terra.

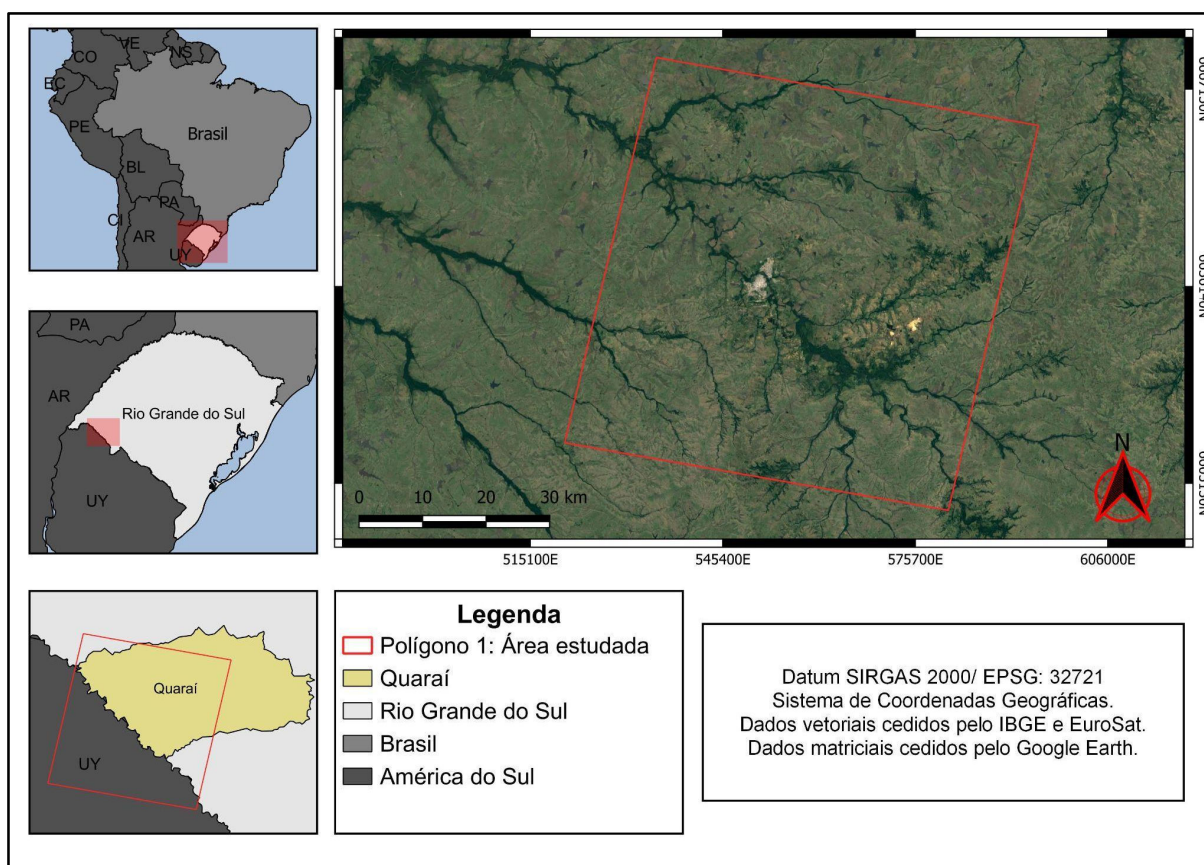
Em termos de aplicações práticas, Crósta *et al.* (2002) empregaram imagens ASTER na classificação da probabilidade da presença de alterações hidrotermais, associada a depósitos de ouro. Espinoza *et al.* (2015) destacam que outros estudos têm trabalhado em função da aquisição da resposta espectral do conjunto rocha-solo-água, no contexto de alterações que caracterizem áreas aptas à exploração mineral.

O declínio do número de depósitos minerais recém-descobertos e o aumento da demanda por diferentes minerais nos últimos anos levaram os geólogos de exploração a buscar métodos mais eficientes e inovadores para o processamento de diferentes tipos de dados em cada etapa da exploração mineral (SHIRMARD *et al.*, 2022). Nesse contexto, o objetivo deste estudo é a utilização do sensoriamento remoto no auxílio a identificação de áreas com elevado potencial de prospecção de ametistas no sudoeste do Rio Grande do Sul.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 1) inclui-se no contexto geológico da Bacia Paraná, sendo localizada em uma porção da Formação Serra Geral e de idade Cretácea (BERGMANN *et al.*, 2020). A localidade é caracterizada por derrames basálticos e andesíticos de afinidade toleítica, incluindo o distrito mineiro de Quaraí e o distrito gemológico de *Los Catalanes*. Esta província vulcânica é amplamente reconhecida como uma das maiores manifestações de vulcanismo de caráter continental do mundo, sendo associada diretamente à produção de ametistas (BERGMANN *et al.*, 2020).

Figura 1 - Mapa da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Bacia Paraná é uma extensa unidade geotectônica distribuída entre os continentes Sul-Americano e Africano, formada por um espesso pacote de rochas vulcânicas e sedimentares, depositadas sobre o Escudo Brasileiro do Paleozóico ao Cretáceo (ZALÁN *et al.*, 1991). Sua formação deu-se na forma de depressões alongadas de direção NE-SW, segundo a trama do substrato

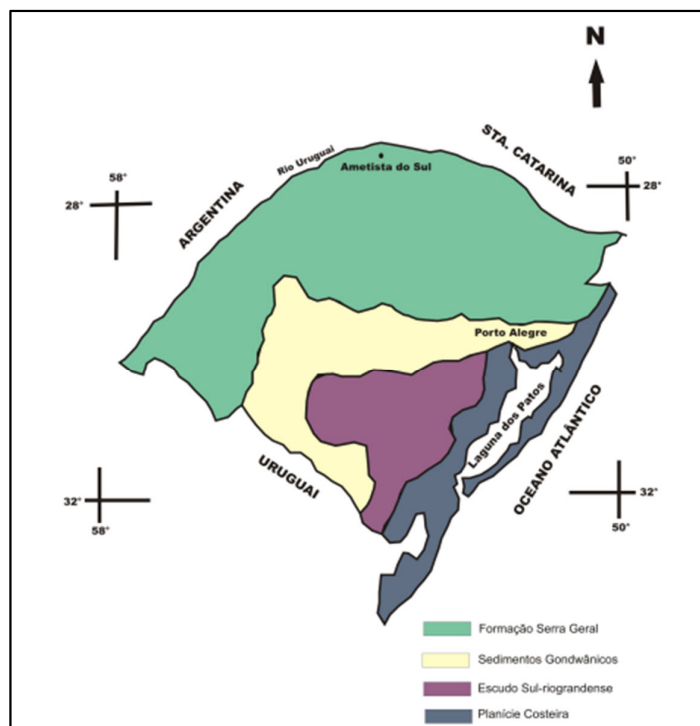
pré-cambriano (MILANI, 1997).

De forma geral, de acordo com Milani (1997) a Bacia do Paraná foi desenvolvida no interior do Gondwana, sendo composta por seis unidades, denominadas por “Supersequências”: Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo). As três primeiras têm decorrências sedimentares que definem ciclos transgressivo-regressivos ligados às variações do nível relativo do mar no Paleozóico, enquanto as outras quatro correspondem a pacotes continentais com rochas vulcânicas geradas após o fechamento do Gondwana para as incursões marinhas.

As rochas que formam a Bacia do Paraná apresentam uma composição mineralógica pouco variada, sendo compostas principalmente por Plagioclásios, Clinopiroxênios, Ti-magnetitas e Olivinas, envoltas em uma composição ácida (ESPINOZA *et al.*, 2015). Segundo Gomes (1996), A mineralogia dos derrames basálticos do Tipo I apresentam uma textura micro-porfirítica com a presença de microfenocristais de Plagioclásios e augita, apresentando alivina completamente alterada nas proximidades dos geodos (i.e., cavidade oca no interior do corpo de uma rocha, geralmente preenchido por cristais).

No caso da evolução geológica da Bacia do Paraná (Figura 2), esta foi complexa e controlada por fatores tectônicos e climáticos. Enquanto na Era Paleozóica houve a deposição de três seqüências sedimentares de caráter transgressivo-regressivo, a primeira controlada por variações do nível do mar, a segunda pela glaciação e a terceira por movimentações tectônicas, no Mesozóico ele foi ditado por duas seqüências sedimentares continentais, uma de ambiente desértico e outra de ambiente fluvial/eólica intercaladas por espesso pacote de rochas basálticas (AMORIM, 2007). A origem desses derrames basálticos está diretamente relacionada à Formação Serra Geral e aos processos tectônicos responsáveis pela ruptura do Gondwana, o que gerou intenso vulcanismo fissural (MILANI *et al.*, 1997).

Figura 2 - Mapa do Rio Grande do Sul com suas principais unidades geológicas.



Fonte: AMORIM (2007).

Em termos gerais, a estratigrafia química das rochas vulcânicas basálticas no Rio Grande do Sul apresenta predominância de rochas com baixo Ti (GOMES, 1996). Para a região de Santana do Livramento e Quaraí, Gomes (*Op cit.*) destaca a presença de magmas característicos com teores intermediários de Ti, classificados como do tipo Pitinga e Paranapanema, com estratigrafia fortemente correlacionada a processos físicos de evolução.

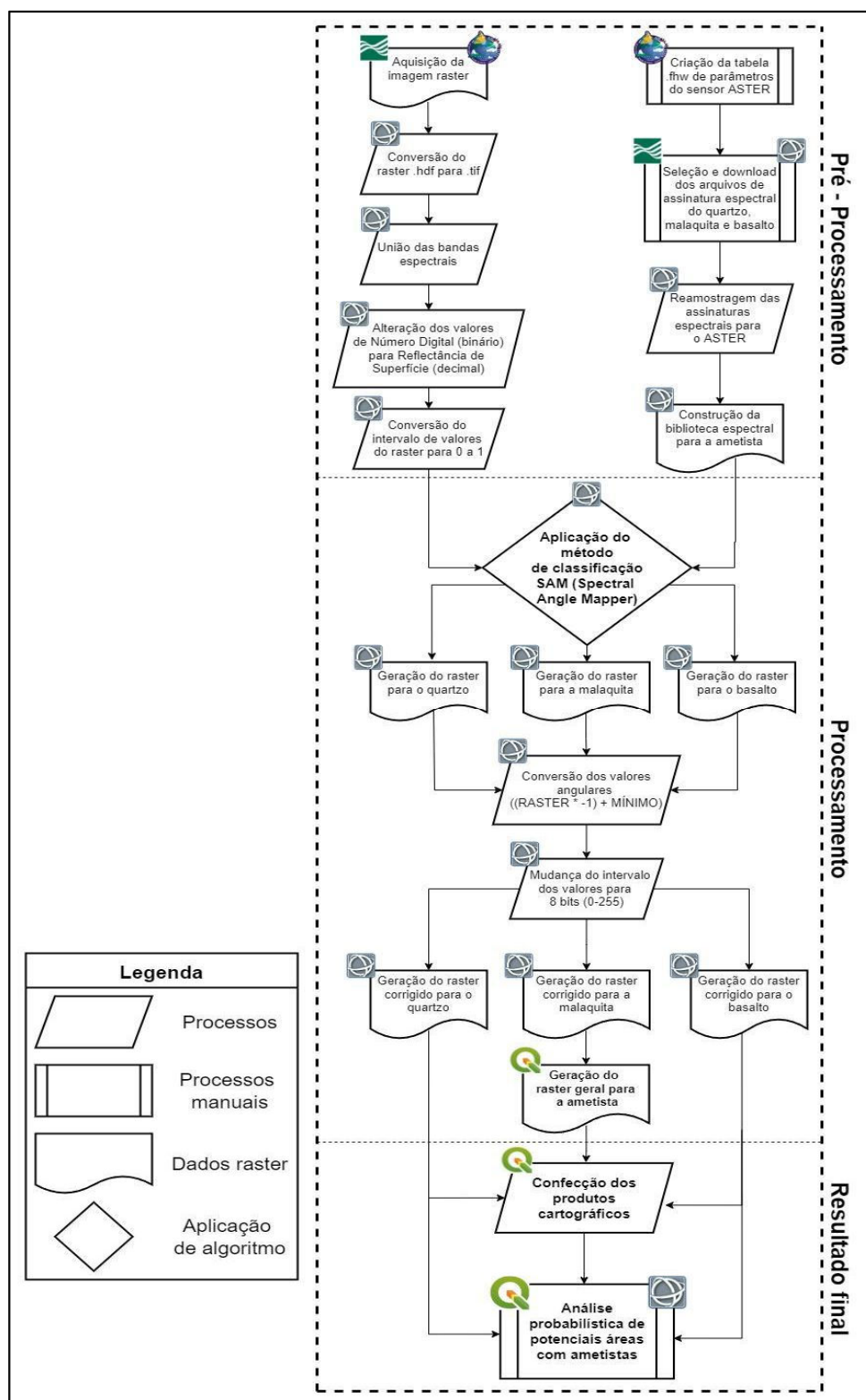
MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia deste estudo fundamentou-se na abordagem da identificação automática das áreas de maior probabilidade de ocorrência de mineralização de Ametistas. Isso foi feito pela aplicação da classificação *Spectral Angle Mapper* (SAM) para os minerais e rochas associados a presença de Ametistas: quartzo, malaquita e basalto. Esse método se baseia na comparação entre o padrão de interação da radiação eletromagnética de um dado alvo de interesse com as leituras da interação da radiação eletromagnética presentes em cada unidade de uma imagem coletada por um sensor. Com isso, se verifica a semelhança entre as assinaturas espectrais de alvos de referência, e as assinaturas espectrais dos pixels de uma imagem, definindo a presença (por probabilidade) de um

dado alvo (KRUSE, 1993).

Em relação ao tratamento das imagens coletadas pelos sensores a bordo de satélites aqui utilizados, foram executados o pré-processamento e o processamento dos dados com o *software* ENVI 5.0, que é um *software* com foco em ferramentas para processamento e análise de imagens multiespectrais e hiperespectrais coletadas por sensores satelitais. A seguir é apresentado um fluxograma metodológico (Figura 3), descrevendo todos os procedimentos realizados para o desenvolvimento deste estudo.

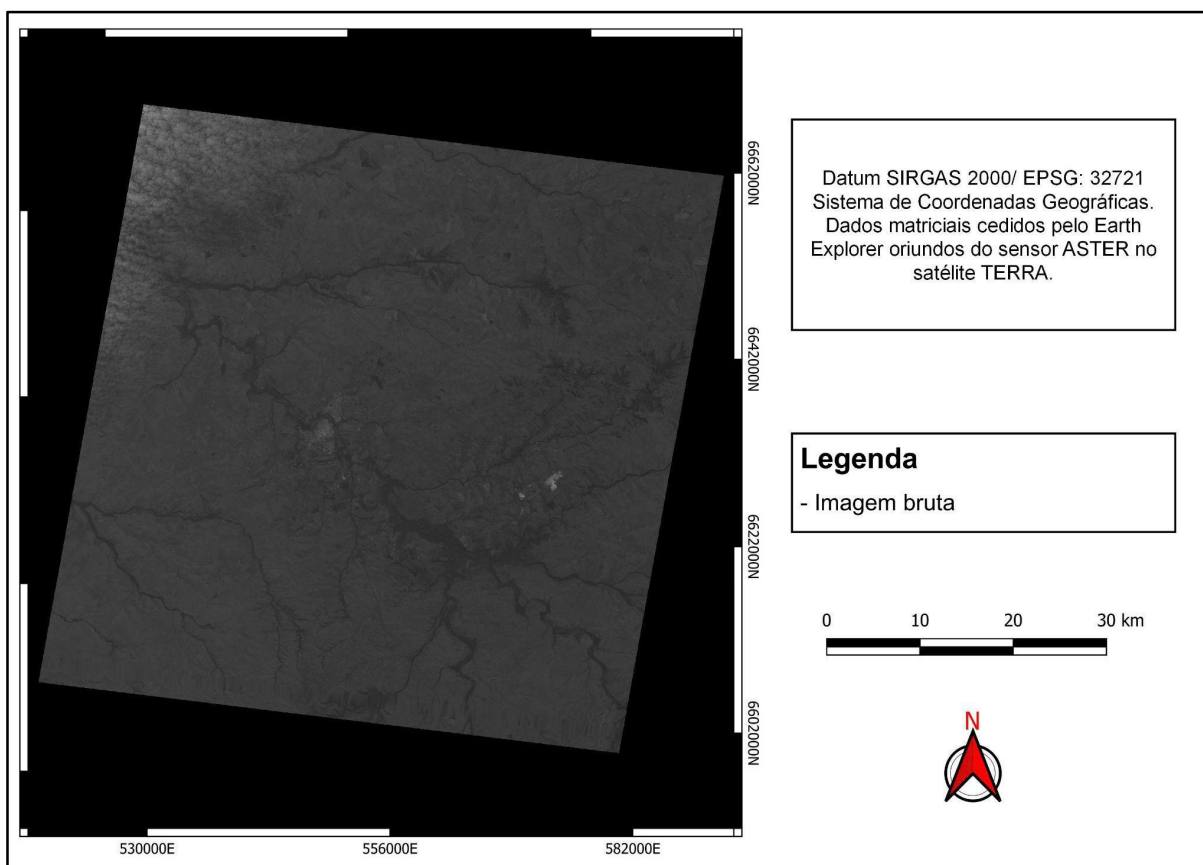
Figura 3 - Fluxograma metodológico.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A aquisição da imagem proveniente do sensor ASTER (Figura 4), presente no satélite TERRA (EOS-AM1), se deu pelo repositório eletrônico mantido pelo USGS (i.e.: <https://www.usgs.gov/labs/spectroscopy-lab/science/spectral-library>) da *United States Geological Survey*, que é uma instituição científica multidisciplinar com foco em estudos de topografia, geologia e recursos naturais, subordinada ao governo dos Estados Unidos. Quando são obtidas no nível de processamento L1T, as imagens vêm codificadas em valores de Número Digital (DN). No caso do satélite Terra, o sensor ASTER captura imagens de resolução radiométrica de 8 bits, o que significa que esse DN tem valores de 0 a 255.

Figura 4 - Imagem bruta proveniente do sensor ASTER sem pré-processamentos aplicados.



Fonte: Elaborado pelos autores.

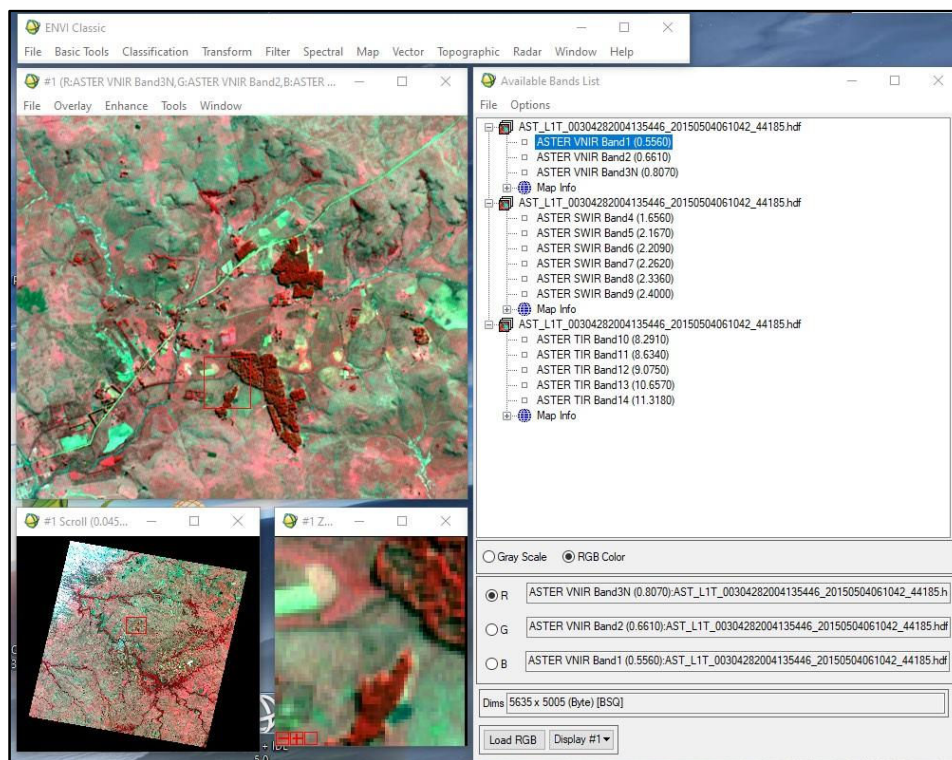
A imagem foi pré-processada com uso das ferramentas do *software* ENVI 5.0, na qual de posse dos dados do momento da coleta da cena a mesma foi convertida para reflectância de superfície, mas representada em um intervalo de 0 a 10.000 como *default* da ferramenta utilizada. Em detalhe,

para essa realização de correção atmosférica, foi aplicado o modelo de transferência radioativa (MODTRAN) a partir da ferramenta FLAASH, presente no *software* ENVI.

Para o uso dessa ferramenta, primeiramente, foi necessário que a imagem estivesse com a codificação dos contadores digitais no formato binário – BIL. Então, realizou-se essa conversão. Esse procedimento se deu através da opção *Convert File Input File*. Em seguida, selecionou-se o método de correção atmosférica adequado aos dados ASTER – a ferramenta FLAASH, baseada no modelo de transferência radiativa – MODTRAN.

Iniciou-se o procedimento, com as informações de metadados da imagem, pois nele estão as informações necessárias para resposta dos parâmetros do método ligados à coleta da cena. Além dessas informações, informações, foram usados parâmetros atmosféricos do local e data da aquisição, obtidos da estação meteorológica (estação INMET A-804 – Santana do Livramento). Em seguida, foi realizada a união de suas bandas espectrais (Figura 5) em um único arquivo. Então esse *raster* foi convertido do formato de dados *.hdf* para o formato *.tif*, mais comumente utilizado em *softwares* de Sistemas de Informações Geográficas para manipulação de dados espaciais contínuos do tipo *raster*.

Figura 5 - União das bandas espectrais.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com isso, a cena original foi convertida de: (1) contadores digitais para radiância espectral, (2) de radiância espectral para reflectância espectral em topo de atmosfera e, por fim, (3) para reflectância de superfície, com multiplicador *default* de 10.000 adotado pela ferramenta.

Após a união das bandas espectrais, por meio da ferramenta “*data stretching*”, para fins de uso das cenas no algoritmo SAM, essa imagem em reflectância de superfície foi reescalada para o intervalo decimal entre 0 e 1 no intervalo específico do VNIR e SWIR. Esse procedimento possibilitou a se fazer uma correspondência dos valores da assinatura de cada mineral adicionado.

Na sequência foi feita uma tabela de extensão *flw* (Tabela 1), com as informações do sensor ASTER, de comprimento de onda mínimo, comprimento de onda máximo, largura de banda e comprimento de onda central. Estes dados serviram de parâmetro para execução das etapas consecutivas de caracterização da resposta espectral dos minerais e rochas de interesse, adequando-as à resolução espectral do sensor ASTER. Com isso, vale ressaltar que para as etapas posteriores foram utilizadas apenas as bandas das regiões do espectro refletido.

Tabela 1 - Tabela *flw*.

Número da banda	Comprimento de onda mínimo (µm)	Comprimento de onda máximo (µm)	Largura de banda (µm)	Comprimento de onda central (µm)
1	0.520	0.600	0.080	0.560
2	0.630	0.690	0.060	0.660
3	0.760	0.860	0.100	0.810
4	1.600	1.700	0.100	1.650
5	2.145	2.185	0.040	2.165
6	2.185	2.225	0.040	2.205
7	2.235	2.285	0.050	2.260
8	2.295	2.365	0.070	2.330
9	2.360	2.430	0.070	2.395
10	8.125	8.475	0.350	8.300
11	8.475	8.825	0.350	8.650
12	8.925	9.275	0.350	9.100
13	10.250	10.950	0.700	10.600
14	10.950	11.650	0.700	11.300

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

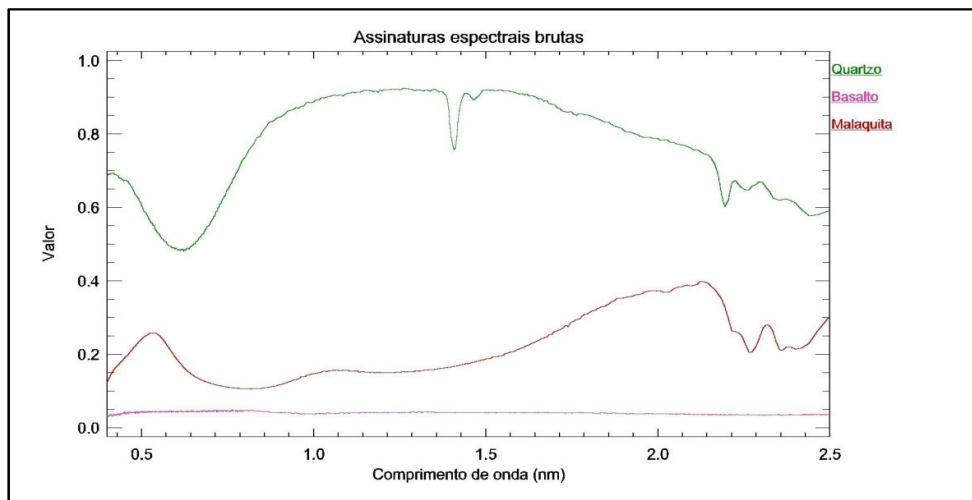
As rochas e minerais compõem uma grande variedade de distintos padrões de interação com a radiação eletromagnética, formando comportamentos espectrais específicos e distintos para cada mínima variação química da composição mineral em questão (ESPINOZA *et al.*, 2015). Essa

distinção espectral permite em sensoriamento remoto a sua identificação detalhada, baseando-se no padrão da interação radiação-matéria. Em geologia, considerando a grande variedade de classes minerais que formam a crosta terrestres, é fundamental que se tenha uma caracterização detalhada do comportamento espectral de um dado alvo geológico de interesse, permitindo, assim, sua identificação a partir da busca desse padrão em observações realizadas em campo, seja localmente ou a partir de dados de sensoriamento remoto.

Essa necessidade de se caracterizar a resposta espectral de rochas e minerais se dá, segundo Crósta (1993), para viabilizar as aplicações de sensoriamento remoto na geologia. Pesquisadores do USGS *Spectroscopy Laboratory* mediram a refletância espectral de milhares alvos minerais em laboratório, e os compilaram na USGS *Spectral Library*. Esta biblioteca contém as assinaturas espectrais e características de 160 minerais diferentes, no intervalo espectral de 0,4 até 2,5 μm . A biblioteca espectral da USGS foi feita para facilitar a espectroscopia laboratorial e de campo a fim de facilitar as práticas de sensoriamento remoto em geologia na interpretação, identificação e mapeamento de minerais, vegetação e materiais artificiais.

Para a aplicação da técnica SAM, foi necessário a criação de uma biblioteca espectral (Figura 6) específica para o enfoque desta pesquisa. Para esse estudo foram trabalhadas as assinaturas espectrais da USGS *Spectral Library*, importadas para o *software* ENVI 5.0, do quartzo, malaquita e do basalto, materiais cuja presença é associada diretamente à ametista.

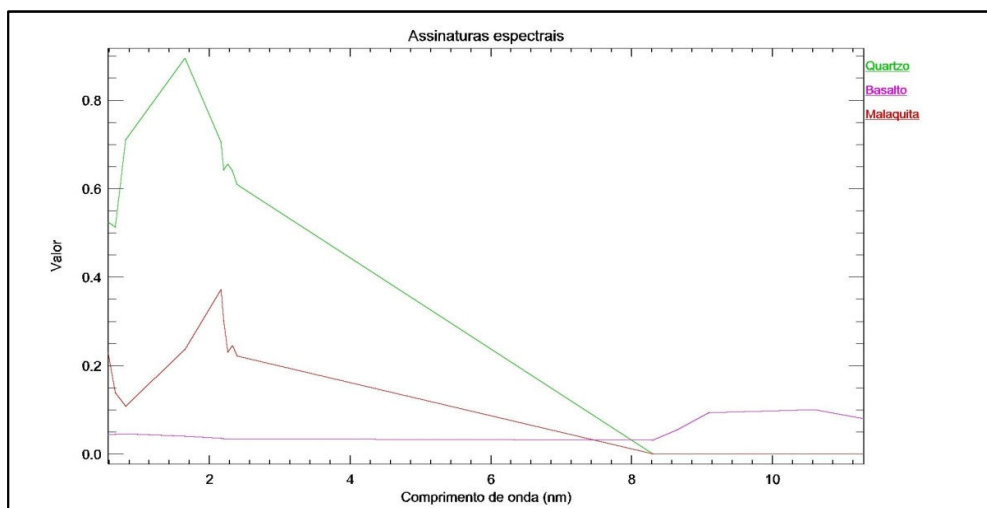
Figura 6 - Biblioteca espectral.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação aos comprimentos de onda, enquanto o sensor ASTER mede em intervalos (bandas espectrais), os valores das assinaturas espectrais das tabelas dos minerais são medidas de meio em meio nanômetro. Para resolver este problema, foi feita a reamostragem (Figura 7) desses valores para o mesmo intervalo de comprimento de onda, como forma de compatibilizar esses dados para a aplicação dos processamentos das etapas posteriores.

Figura 7 - Biblioteca espectral reamostrada para o sensor ASTER.

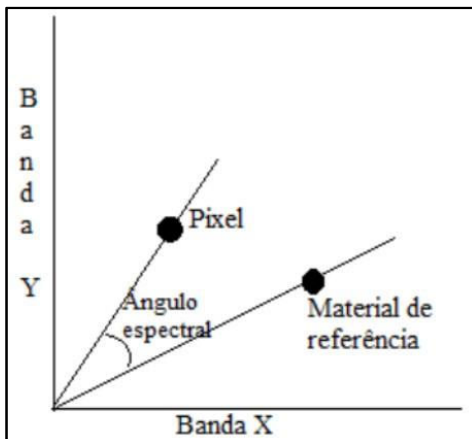


Fonte: Elaborado pelos autores.

Nesta etapa, tendo a biblioteca espectral para a ametista, a tabela *.fhw* do sensor ASTER e a imagem pré-processada, foi aplicada o método de classificação *Spectral Angle Mapper* (SAM). A classificação supervisionada foi a utilizada na análise quantitativa dos dados de sensoriamento remoto. O princípio de classificação supervisionada é baseado no uso de algoritmos, em que o analista importa as amostras, para determinar os *pixels* que representam valores de reflexão característicos para uma determinada classe.

O SAM é um método de classificação supervisionada que utiliza o ângulo entre as amostras de treinamento no espaço de n-dimensões para determinar os pixels para uma determinada classe de interesse (no caso desta pesquisa as ametistas), determinando a similaridade entre dois espectros (SULSOFT, 2006). Os valores do SAM (Figura 8) são expressos em ângulos, a fim de que quanto menor for o ângulo para o *pixel* classificado, maior será sua similaridade espectral com a amostra de referência e, por conseguinte, maior a possibilidade de o *pixel* conter aquele mineral em foco (SULSOFT, 2006).

Figura 8 - Método de classificação Spectral Angle Mapper.



Fonte: SULSOFT (2006).

Os ângulos são tratados como vetores no espaço n-dimensional, o que resulta em uma grande vantagem a este método, o de não ser sensível aos efeitos de iluminação e albedo. Este método considera apenas a direção dos vetores, e não o seu módulo, o que significa que todas as iluminações possíveis são tratadas da mesma maneira, em que a reflectância de um material é definida pelo seu vetor próprio. A Figura 9 destaca a equação matemática utilizada no método SAM.

88

Figura 9 - Equação matemática do *Spectral Angle Mapper*.

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{\sum_{i=1}^b R E_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^b (E_i)^2 \sum_{i=1}^b (R_i)^2}}$$

Fonte: KRUSE *et al.* (1993).

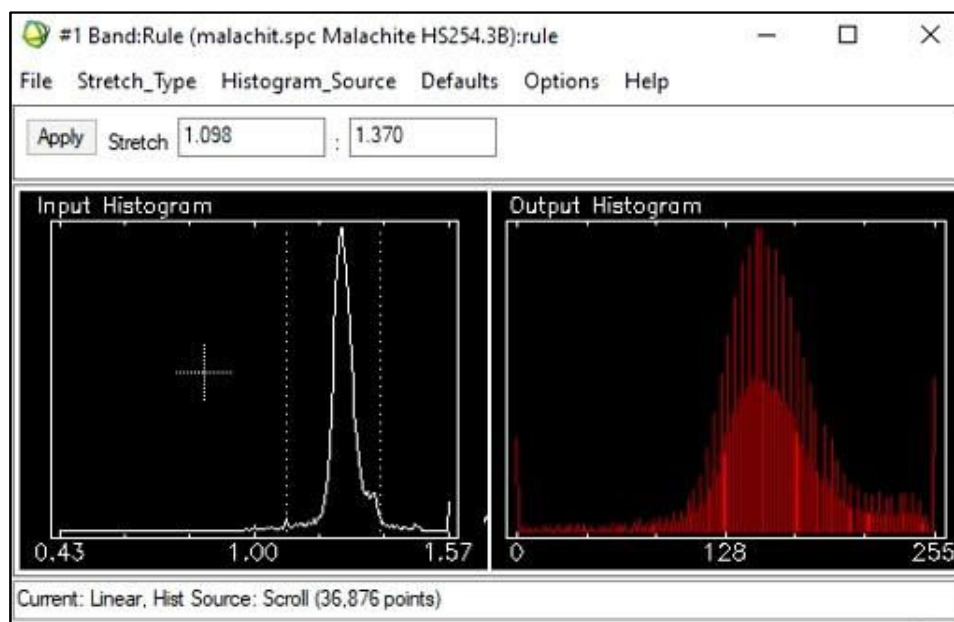
Em que:

- R= Espectro de referência;
- E= Espectro teste;
- α = Função do arco-cosseno; quanto menor for α , maior será a similaridade entre as curvas;

Para valores de angulação menores é onde se tem a maior probabilidade de ocorrência de um mineral. Para a confecção dos produtos cartográficos, os três rasters gerados a partir das curvas do quartzo, malaquita e o basalto foram multiplicados por -1 e somados com seu valor mínimo, a fim do

intervalo dos valores ficar de 0 a um valor positivo, em que maiores valores representam maiores probabilidades da ocorrência daquele mineral. Para facilitar na visualização dos produtos cartográficos, o histograma foi modificado (Figura 10) para valores entre 0 e 255, a fim de ser compatível com imagens 8 *bits*.

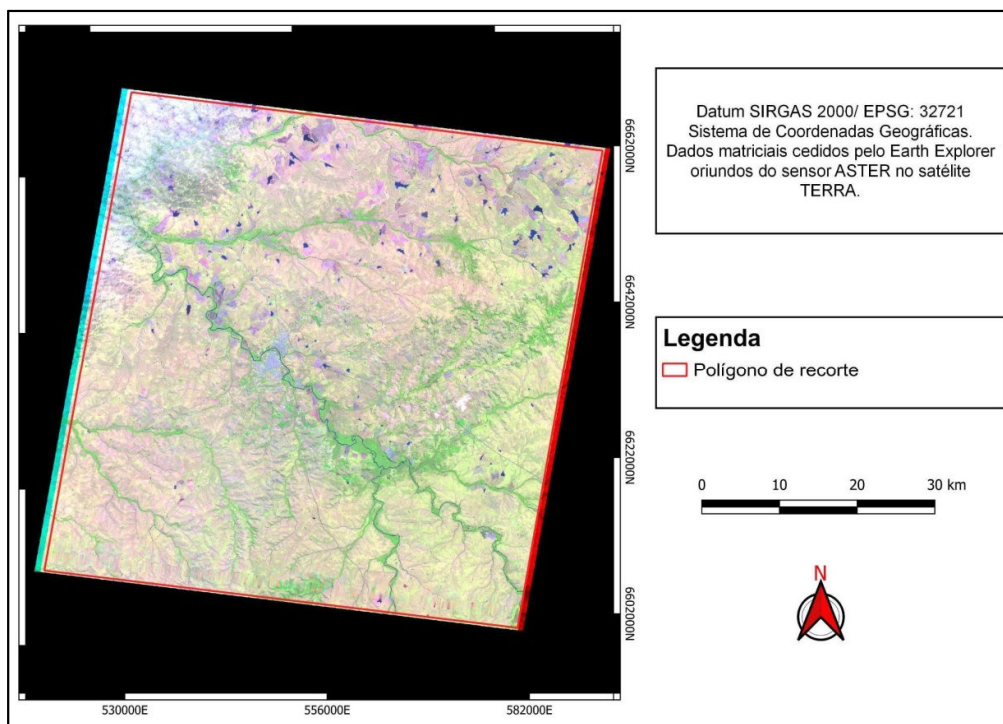
Figura 10 - Mudança do histograma para valores 8 *bits*.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A fim de excluir possíveis *pixels* com valores anômalos, devido ao efeito de distorção das bordas da imagem de sensores satelitais, foi criado um polígono de recorte (Figura 11) no *software* QGIS 3.16.16 que eliminou os cantos do *raster*, o que torna a classificação mais fiel ao real intervalo dos valores obtidos pelo SAM evitando *pixels* sem dados (i.e., *no data value*).

Figura 11 - Polígono de recorte utilizado.

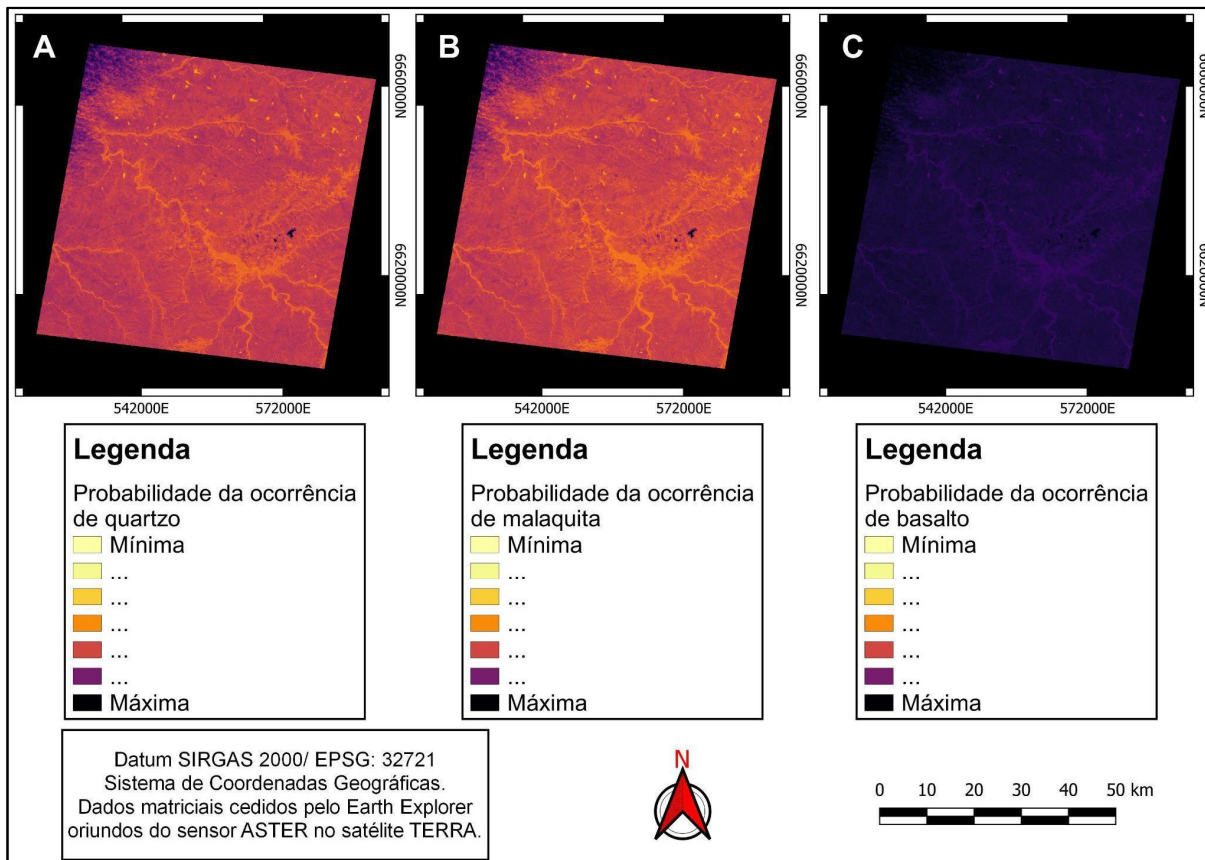


Fonte: Elaborado pelos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado da aplicação do método SAM, foi produzido um mapa probabilístico individual da ocorrência do quartzo, da malaquita e do basalto (Figura 12), respectivamente. Nota-se que a incidência de basalto é elevada em toda a área estudada, de modo que isso se dá pela própria formação geológica do Rio Grande do Sul na localidade, a qual é caracterizada pela Formação Serra Geral de derrames basálticos do Período Cretáceo, enquanto os resultados para o quartzo e a malaquita se assemelham, justificando a semelhança de suas assinaturas espectrais nos intervalos de comprimento de onda estudados.

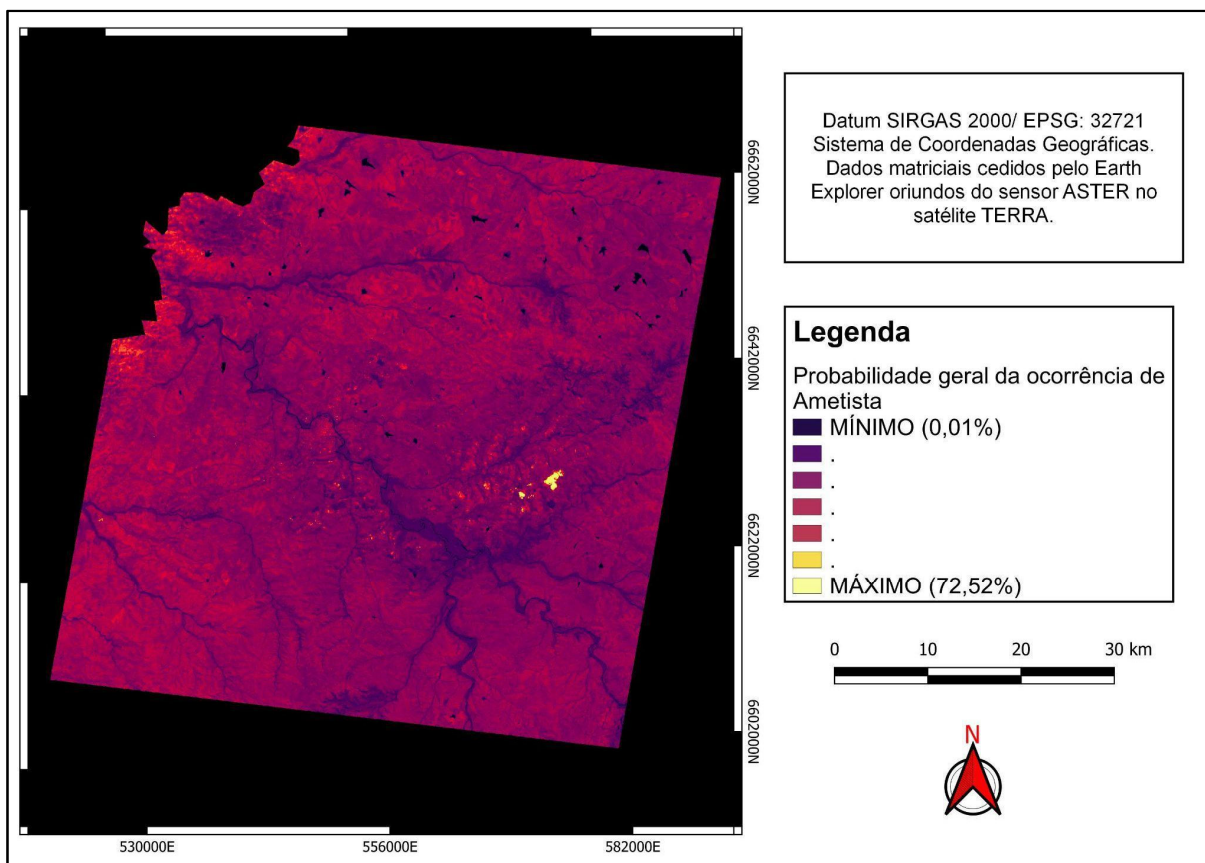
Figura 12 - Mapa probabilístico da ocorrência do quartzo, malaquita e do basalto.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dos três planos de informação representativos para as incidências desses minerais, os quais são fortemente associados à presença da ametista, foi feita uma média harmônica entre eles para a geração de um mapa final para a probabilidade de ocorrência de ametista (Figura 13), de modo a atenuar os efeitos da ocorrência das nuvens na porção NW do *raster*, foi feito uma máscara de extensão para essa região. Vale ressaltar que, para o mapa probabilístico geral da ocorrência de ametista, a fim de destacar o contraste das áreas com maior ocorrência, foi invertido a paleta de cores, de forma que as cores mais claras representam as maiores probabilidades da presença deste mineral.

Figura 13 - Mapa probabilístico geral da ocorrência de ametista.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores finais brutos obtidos do método SAM variaram de 0 a 255 (i.e., um *raster* de 8 *bits*), em que 0 indica 0% da probabilidade da ocorrência de ametistas e 255 indica 100% de probabilidade dessa ocorrência (i.e., presença confirmada). Com a aplicação de uma transformação linear simples, obteve-se essas porcentagens para os intervalos probabilísticos dos valores angulares do SAM (Tabela 2) e seus indicadores. Em relação ao padrão espacial para identificação das maiores probabilidades de ocorrência de ametistas, estas se apresentam pela sobreposição do basalto, malaquita e quartzo que se encontram em percentuais acima de concentrações médias já presentes em outras jazidas.

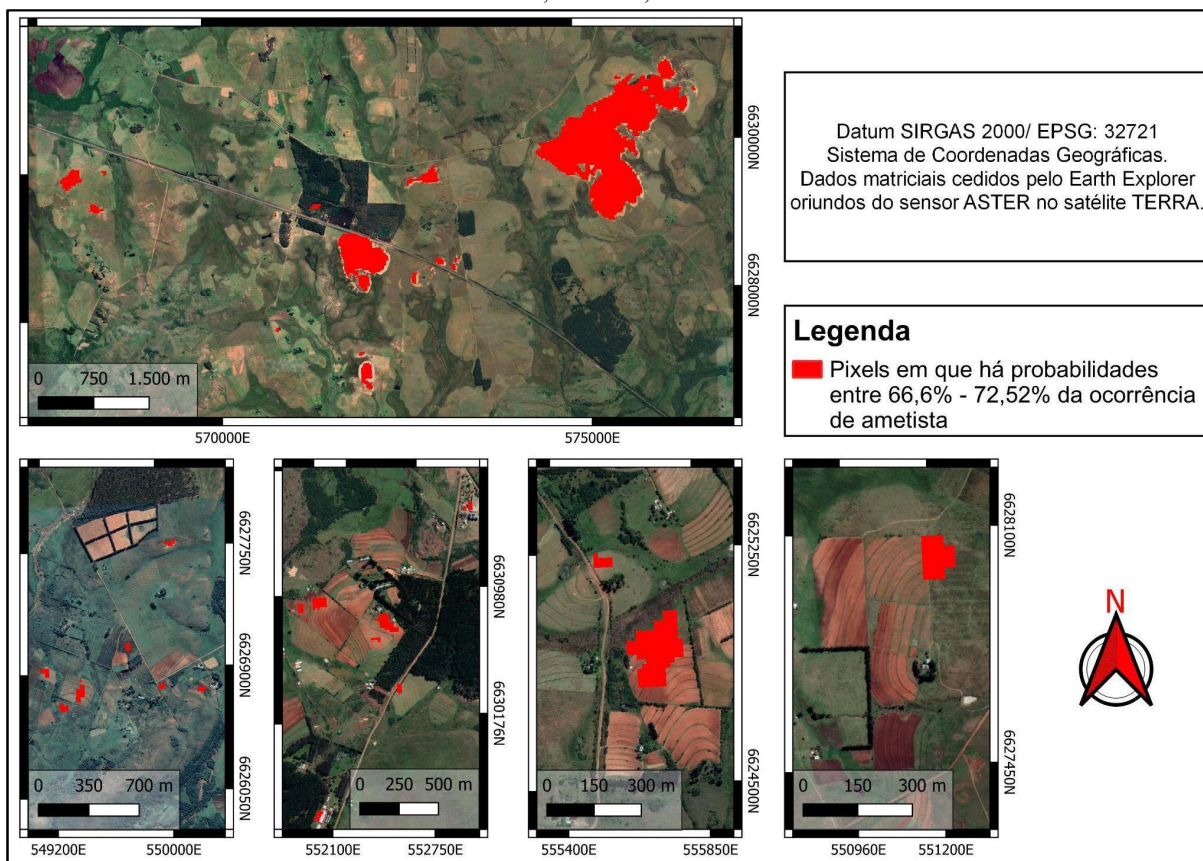
Tabela 2 - Tabela dos indicadores.

Valor obtido no SAM	Porcentagem correspondente	Número de pixels
0,018 - 10	0,01% - 19,60%	6715418
10 - 70	19,60% - 27,45%	98331
70 - 90	27,45% - 35,29%	2046841
90 - 110	35,29% - 43,13%	13680321
110 - 130	43,13% - 50,98%	803805
130 - 150	50,98% - 58,82%	241848
150 - 170	58,82% - 66,6%	39123
170 -184,946	66,66% - 72,52%	590

Fonte: Elaborado pelos autores.

Levando em consideração que a imagem do sensor ASTER possui tamanho de *pixel* 15x15 metros, foi possível aferir a área abrangente para cada intervalo de porcentagem correspondente a partir da contagem de seus *pixels*. Para o mapa probabilístico geral da ocorrência de ametista, os resultados mostraram que 13,28 hectares de área apresentaram probabilidade de ocorrência entre 66,66% e 72,52%. Em 880,27 hectares de área foi evidenciada uma probabilidade entre 58,82% e 66,66%. Por fim, para 5441,58 hectares de área, as probabilidades foram de 50,98% a 58,82%. O mapa da Figura 14 indica as áreas correspondentes que apresentaram probabilidades de ocorrência de ametista entre 66,66% e 72,52%.

Figura 14 - Mapa apresentando os *pixels* que denotam os valores de porcentagem de ocorrência de ametistas entre 66,66% e 72,52%.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As áreas de alto potencial de jazimentos de ametistas são bem restritas em relação à área total analisada. Segundo Espinoza *et al.* (2015), tal configuração era esperada em virtude das condições peculiares necessárias para a formação desse achado, formações magmáticas vesiculares de rápido resfriamento e com a presença de cobre e água para potencializar a mineralização das ametistas.

CONCLUSÃO

O sensoriamento remoto com base em metodologias de mapeamento e prospecção de minerais, tem contribuído de forma significativa para o mapeamento de recursos minerais, firmando-se como uma ferramenta importante no apoio à prospecção mineral. A metodologia empregada neste estudo se mostrou como uma excelente alternativa no apoio à prospecção de ametistas. O uso do sensoriamento remoto e os demais conceitos apresentados possibilitou a geração de resultados não somente qualitativos, mas também quantitativos, onde foi possível fazer mapas probabilísticos, de

litologias, jazidas e dos próprios minerais que estão em foco no processo prospectivo.

Os resultados aqui apresentados, produziram uma orientação às fases de campo, reduzindo as áreas de interesse e permitindo maior efetividade das equipes em campo. O método apontou uma área de aproximadamente 13 hectares com altíssimo potencial de mineralização de ametistas (probabilidade acima de 70%), reduzindo de forma significativa a área foco a ser analisada em campo.

A experiência obtida no decorrer deste estudo mostrou que as informações fornecidas pelo método *Spectral Angle Mapper* permitem aprofundar o conhecimento sobre as áreas de maior probabilidade de ocorrência de ametistas da região sudoeste do Rio Grande do Sul. Nessas condições, pretende-se dar continuidade a essa pesquisa, cruzando os resultados com os futuros dados obtidos em campo pelos autores e ampliando a cobertura para outras regiões do estado.

O uso de métodos não invasivos na identificação de áreas potenciais à exploração mineral auxilia num processo de prospecção mais sustentável. Essas técnicas podem limitar impactos negativos da atividade de prospecção mineral ao meio ambiente, bem como produzir soluções eficientes e eficazes na diminuição de custos oriundos dessa atividade. Por fim, a partir dos produtos gerados ao final deste estudo espera-se produzir subsídios a outros projetos acerca da prospecção de ametistas no Rio Grande do Sul. Além disso, essa mesma abordagem metodológica pode ser empregada na prospecção de outros achados de interesse, considerando as devidas adaptações quanto aos *endmembers* a serem utilizados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul - FAPERGS, e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - IFRS pela concessão da bolsa de iniciação tecnológica durante o período de realização do projeto.

REFERÊNCIAS

ALBERTI, E. A.; DA SILVA, G. S.; REIS, J. T.; PIRES, C. A. F. O caráter dicotômico da produção de ametista no estado do Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, 25: 189-210. 2003

AMORIM, V. A. **Modelagem geológica e controle dos depósitos em geodos no distrito mineiro de Ametista do Sul**. 2009. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Brasil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

BERGMANN, M.; ROCHA, P. G.; SANDER, A.; PARISI G. N. Modelo prospectivo para ametista e ágata na fronteira sudoeste do Rio Grande do Sul. **Avaliação dos recursos Minerais do Brasil, Áreas de relevante interesse mineral - ARIM**. Porto Alegre: CPRM, 2020.

CRÓSTA, A. P. Caracterização espectral de minerais de interesse à prospecção mineral e sua utilização em processamento digital de imagens. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7. Curitiba. **Anais**. Curitiba: INPE. p. 202-210, 1993.

CRÓSTA, A. P.; SOUZA FILHO, C. R.; AZEVEDO, F. Caracterizando halos de alteração hidrotermal em depósitos auríferos epitermais com os sensores multiespectrais orbitais LANDSAT/TM e ASTER: o caso do Distrito de Los Menucos, Argentina. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 41, João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Geologia. 2002.

ESPINOZA, J. M. A.; ALVES ROLIM, S. B.; ORTIZ, M. S.; WESTPHALEN, A. B. Identificação de áreas de garimpo de Ametista com o uso de imagens ASTER e processamento digital de imagens. **Scientia Plena**, 11(2). 2015.

GOMES, M. E. B. **Mecanismos de resfriamento, estruturação e processos magmáticos em basaltos da Bacia do Paraná - região de Frederico Westphalen-RS Brasil**. P. Alegre, 264 p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, UFRGS, 1996.

KRUSE, F. A.; LEFKOFF, A. B.; DIETZ, J. B. Expert System-Based Mineral Mapping in northern Death Valley, California/Nevada using the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS): **Remote Sensing of Environment, Special issue on AVIRIS**, v. 44, p. 309 - 336. 1993.

MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozoica do Gondwana sul-ocidental**. Porto Alegre, 225p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1997.

SABINS, F. F. Remote sensing for mineral exploration. **Ore Geology Reviews**, 14 (3-4): 157-183. 1999.

SHIRMARD, H.; FARAHBAKHS, E.; MÜLLER, R. D.; CHANDRA R. A review of machine learning in processing remote sensing data for mineral exploration. **Remote Sensing of Environment**, 268: 112750. 2022

SULSOFT. ENVI guide: **Sulsoft**, 2006.

ZALÁN, P. V.; WOLF, S.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; APPI, V. T.; NETO, E. V. S.; CERQUEIRA, J. R.; MARQUES, A. The Paraná Basin, Brazil. **Interior cratonic basins. American Association of Petroleum Geologists Memoir**, 51: 681–708, 1991.

ZEINELABDEIN, K. A. E.; EL-NADI, A. H. H.; BABIKER, I. S. Prospecting for gold mineralization with the use of remote sensing and GIS technology in North Kordofan State, central Sudan. **Scientific African**, 10: e00627. 2020.

Recebido em: 01/09/2022
Aceito em: 25/04/2023

NOTAS TÉCNICAS

O SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL: UM NOVO MARCO PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Fernando Comerlato Scottá

Geógrafo, Doutor em Geociências
Analista Ambiental no Departamento Hídricos e Saneamento da Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul
E-mail: fernando-scotta@sema.rs.gov.br

Raíza Cristovão Schuster

Engenheira Ambiental, Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
Chefe da Divisão de Planejamento e Gestão no Departamento Hídricos e Saneamento da Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul
E-mail: raiza-schuster@sema.rs.gov.br

Aline Duarte Kaliski

Geógrafa, Especialista em Geoprocessamento
Analista Ambiental no Departamento Hídricos e Saneamento da Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul
E-mail: aline-kaliski@sema.rs.gov.br

Walter Lorenzo Zilio Motta Souza

Engenheiro Ambiental
Chefe da Divisão de Saneamento no Departamento Hídricos e Saneamento da Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul
E-mail: walter-souza@sema.rs.gov.br

Sumirê Da Silva Hinata

Geógrafa, Doutora em Geografia
Analista Ambiental no Departamento Hídricos e Saneamento da Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul
E-mail: sumire-hinata@sema.rs.gov.br

Luciano Brasileiro Cardone

Geógrafo e Geólogo, Mestre em Geociências
Diretor do Departamento Hídricos e Saneamento da Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul
E-mail: luciano-cardone@sema.rs.gov.br

Carolina Menegaz

Engenheira Ambiental
Analista Ambiental no Departamento Hídricos e Saneamento da Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul
E-mail: carolina-menegaz@sema.rs.gov.br

RESUMO

Esta Nota Técnica tem por objetivo apresentar o Sistema de Informações (SI) de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul (SIRH/RS). As fontes de dados consultadas foram disponibilizadas no próprio *site* da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul (SEMA/RS) ou nos *sites* que hospedam dados de interesse para a gestão de recursos hídricos no Estado. O SI foi organizado segundo os principais temas de interesse em recursos hídricos (ex.: usos da água - superficial e subterrânea, saneamento, etc.), com o foco na reunião, integração e disponibilização dos dados. Além disso, cada tema teve uma descrição básica para facilitar ao usuário o acesso e a compreensão sobre os temas. Espera-se que a unificação do sistema de recursos hídricos forneça o acesso a dados e informações com celeridade aos usuários e forneça um novo marco na gestão de recursos hídricos do RS baseada na governança de dados, tornando-a mais interativa e participativa. Recomendações de manutenção e atualizações para os gestores e usuários são indicadas para que o Sistema de Informações (SI) possa ter melhorias periódicas.

PALAVRAS-CHAVE: gestão pública, gestão de dados, acesso à informação, consulta expedita; governança de dados.

THE WATER RESOURCES INFORMATION SYSTEM OF RIO GRANDE DO SUL STATE: A NEW BOUNDARY FOR WATER RESOURCES MANAGEMENT BASED ON DATA GOVERNANCE

ABSTRACT

This Technical Note aims to present the Water Resources Information System of the State of Rio Grande do Sul State. All queried data sources were made available e on both websites of the Secretariat of Environment and Infrastructure of Rio Grande do Sul State (SEMA/RS) and other related hostwater resources management. The system was organized by the main topics of interest in water resources management (eg: water use – surface and groundwater sanitation, etc.), focusing on data collection, integration and availability. In addition, each subject had a basic description to make it easier for the user's comprehension. It is expected that the unification of the water resources system will provide quickly data and information access to users of interest and provide a new milestone in water resources management of RS based on data governance, making it more interactive and participative. Maintenance and updates recommendations were made to managers and users so that the Information System (IS) can have periodic improvements.

KEYWORDS: public management, data management, water resources management, information systems, data governance.

INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Informação (SI) são componentes inter-relacionados que trabalham de forma articulada para coletar, processar, armazenar e disseminar informações para apoiar a tomada de decisões, coordenação, controle, análise e visualização em uma organização (LAUDON; LAUDON, 2012). No Brasil, o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) é um dos instrumentos de gestão previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997). Dentre os objetivos da lei está a preocupação de atender às necessidades de diferentes usuários, fornecer dados relevantes e dar subsídios à geração de modelos que possam representar a realidade de forma mais precisa possível, favorecendo assim a tomada de decisão em relação às questões hídricas (FRANTZ; CRUZ; SCHMITT, 2005).

No âmbito da gestão das águas do Rio Grande do Sul, sob competência no Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS), as tarefas realizadas envolvem uma ampla gama de dados relacionados a recursos hídricos, tais como: usos da água (superficial e subterrânea), saneamento, estações hidrometeorológicas, qualidade da água, etc. Além disso, os dados possuem natureza distinta: como dados geoespaciais, dados tabulares, etc. Alguns dados são gerados e tratados em SI instituídos para a gestão de recursos hídricos, como exemplo o Sistema de Outorga de Água

do Rio Grande do Sul (SIOUT RS), enquanto outros dados (*e.g.* fiscalizações) são desenvolvidos sem um SI propriamente dito. Diversas vezes esses dados não são publicados ou possuem publicação em relatórios técnicos, o que dificulta seu acesso e a aquisição.

Dessa forma, uma questão importante que vem à tona trata da fragmentação dos dados, bastante comum em informações sobre recursos hídricos e em diversas áreas do conhecimento (*e.g.* HIDALGO-MAZZEI *et al.*, 2016). Atualmente, o uso de dados é uma combinação de diversas fontes, alguns controlados pela própria organização, outros controlados por organizações parceiras (JANSSEN *et al.*, 2020).

Os SI para o gerenciamento de recursos hídricos apresentam diferentes estágios quando comparados aos dados em território nacional. Frantz, Cruz e Schmitt (2005) destacam:

a necessidade de inúmeros estudos e investimentos em pesquisa, em ferramentas como bancos de dados, gerenciamento de imagens e mapas, modelagem hidráulica, hidrológica, climatológica, e que incorporem técnicas de tratamento de incertezas inerentes aos processos relacionados a disponibilidade hídrica e variáveis socioeconômicas. Os investimentos, necessários inclusive onde os sistemas já estão em implantação, visam a constante evolução e aprimoramento para acompanhar o amadurecimento e aperfeiçoamento dos sistemas de gerenciamento dos recursos hídricos (FRANTZ; CRUZ; SCHMITT, 2005, p. 12).

Freitas (2003) ressalta a aleatoriedade dos processos hidrológicos, ou a incerteza hidrológica, que estabelece a disponibilidade de água, e também a incerteza intrínseca aos processos socioeconômicos, sociais e ambientais, que determinam a demanda de água, sendo fatores que dificultam a tomada de decisão quando a questão envolve recursos hídricos.

Conforme indicado no Relatório Anual de Recursos Hídricos 2021 (SEMA/RS, 2021), no Rio Grande do Sul não existe um SI unificado ou um portal ou um repositório que concentre todos os SI disponíveis. Em pesquisa nas Resoluções do Conselho de Recursos Hídricos (CRH), órgão deliberativo superior e de regulamentação do Sistema de Recursos Hídricos do RS, verificou-se que nenhuma Resolução possui o termo “Sistema de Informação” desde 2001. Dessa forma, não existem fluxos de trabalhos e gerenciamento de processos sobre os dados de forma integrada. Atualmente existem iniciativas individuais de cada analista para solucionar determinada tarefa ou projeto que envolvem dados ou ainda um sistema de informação. Porém, não existe uma cultura de gestão baseada na governança de dados.

Nesse contexto, o corpo técnico do DRHS começou a planejar novas formas e ferramentas que possibilitam a criação de um SI unificado e que viabilize melhorias significativas para o alcance

da governança de dados de recursos hídricos no Rio Grande do Sul. Portanto, o objetivo desta Nota Técnica é apresentar o SI de recursos hídricos para o RS.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Levantamento dos SI disponíveis no DRHS e órgãos relacionados

Inicialmente, um mapeamento básico foi realizado sobre os SI disponíveis no DRHS e órgãos relacionados à gestão de recursos hídricos estaduais. Foram pesquisados dados que possam ser de interesse para integração do SI. As plataformas utilizadas e conhecidas foram listadas. Também foi realizada uma pesquisa interna de todos os dados do DRHS disponíveis e que podem ser disponibilizados ao público.

A unificação e disponibilização dos dados

O passo seguinte foi de unificação da disponibilização dos dados. O SIRH/RS foi organizado pelas principais temáticas de recursos hídricos, como usos da água (superficial e subterrânea), segurança de barragens, saneamento, etc. Cada tema possui subtemas de interesse sobre os quais foram feitas descrições sucintas com o foco na orientação sobre o acesso aos dados.

Para dados internos, isto é, àqueles gerados ou hospedados pelo DRHS, foram criados *links* para seus acessos. Quando se julgou necessário fornecer maiores informações e detalhes sobre os dados, foi disponibilizado para *download* um documento explicativo, em geral, em formato de Nota Técnica.

Para dados hospedados em fontes de instituições externas, um *link* com o endereço foi disponibilizado para redirecionamento ao local de acesso. Além disso, painéis interativos e outros documentos do DRHS (relatórios, notas técnicas, etc.) foram integrados ao SIRH/RS.

RESULTADOS

A primeira etapa consistiu em levantar os SI estaduais relativos a recursos hídricos disponíveis e mantidos pelo Estado, conforme descrito a seguir:

- Sistema de Outorga do Rio Grande do Sul (SIOUT RS): é o sistema oficial de concessão de outorgas de direito de uso de água do Estado do Rio Grande do Sul. Sua operação teve início em 2015 e a sua obrigatoriedade para os procedimentos administrativos relacionados ao uso dos recursos hídricos sob a gestão do estado foi instituída em 2018. Através desse sistema é possível que os responsáveis técnicos por usos de água façam todo o processo de outorga pela

plataforma, e não mais por meio de processos físicos (em papel). O SIOUT RS inovou, dinamizou e revolucionou o modo de trabalho no que tange à análise dos processos de outorga de uso de água, aprimorou o atendimento aos usuários de água, possibilitou maior agilidade e transparência aos procedimentos de regularização e qualificou a gestão dos recursos hídricos, com uma gestão mais segura e sustentável dos usos de água. A espacialização dos usos dos recursos hídricos disponível em: www.siou.rs.gov.br;

- Sistema de Informações Hidrometeorológicas: a SEMA/RS conta com um banco de dados hidrometeorológicos implementado em dezembro de 2015, a partir de contratação de empresa especializada, e entrou em operação no sistema da Sala de Situação da SEMA/RS em março de 2016. Para o atual contrato de execução da Sala de Situação, iniciado em março de 2018, estavam previstos a operação e o aperfeiçoamento do banco de dados. Com isso, foi criada uma rotina de sincronização para que as bases de dados se mantivessem atualizadas, além do cadastro de mais estações hidrometeorológicas e da atualização do Portal da Sala de Situação disponível em <http://saladesituacao.rs.gov.br/>;
- Sistema de Divulgação dos Dados de Monitoramento da Qualidade da Água Superficial do Rio Grande do Sul (RS Água): é um sistema de gerenciamento e disponibilização *online* de dados do monitoramento da qualidade da água superficial do Estado do Rio Grande do Sul, disponível em: <https://gis.fepam.rs.gov.br/RSAgua/>. Permite a consulta e *download* de dados do monitoramento da qualidade da água superficial, oferece análises gráficas e estatísticas, possibilita a geração de planilhas de dados por atributos e por período definidos, a visualização e consultas em *webmap*. A Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM) é a instituição responsável pelo sistema de forma integral, desde os dados da Rede Básica de Monitoramento, até a plataforma de disponibilização dos dados;
- Base de dados Geoespaciais de Recursos Hídricos e integração com a Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais (IEDE/RS): O DRHS possui um acervo de dados geoespaciais, sendo um dos principais produtos a Base Cartográfica do RS na escala 1:25.000 (BCRS25), construída para atender primordialmente o projeto de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE). Além disso, dados foram confeccionados durante o desenvolvimento dos Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, que contemplam dados espaciais e tabulares de diversas temáticas da gestão de recursos hídricos. Atualmente o DRHS está trabalhando na integração desses dados geoespaciais com a Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado do Rio Grande

do SUL (IEDE/RS), um portal que permite a disponibilização, visualização e *download* de dados espaciais para diversos temas disponível em <https://iede.rs.gov.br/>.

Os Componentes do Sistema de Informações de Recursos Hídricos

Além dos quatro SI mantidos pelo Estado, outros dados se encontram fragmentados em sites (incluindo dados da página da SEMA) ou não foram disponibilizados ao público. Dessa forma, o SIRH/RS foi organizado nos principais temas (Figura 1).

Figura 1 - Principais temáticas do SIRH/RS.



Fonte: os autores

A seguir são listadas as descrições básicas de cada tema:

- **Dados Geoespaciais:** Dados para uso em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Estão disponíveis a Base Cartográfica do Rio Grande do Sul (BCRS25) e os arquivos geoespaciais criados pelo DRHS (*Shapefiles* e *Kmz*);
- **Dados Gerais das Bacias Hidrográficas:** Dados gerais das bacias hidrográficas, como população, municípios, comitês, etc., e acesso aos Planos de Recursos Hídricos (PRHs);
- **Monitoramento Hidrometeorológico:** Dados das estações pluviométricas (de chuvas) e fluviométricas (dos rios);
- **Monitoramento da qualidade da água:** Dados de qualidade da água dos rios;
- **Disponibilidade hídrica superficial:** Dados, informações e materiais de consulta da quantidade de água disponível nos cursos hídricos;

- **Água Subterrânea:** Dados, informações e materiais referentes à água subterrânea;
- **Usos da Água:** Panorama geral sobre os usos das águas;
- **Outorgas e Cadastros:** Dados sobre as outorgas e cadastros do SIOUT, outorgas da Agência Nacional de Águas (ANA) e dados das fiscalizações. Tem características mais específicas sobre as outorgas e cadastros comparados com a seção “Usos da Água”;
- **Saneamento:** Dados de saneamento básico;
- **Painéis Interativos:** Painéis interativos realizados na plataforma Power BI para fins de consulta expedita e dinâmica de dados e informações sobre recursos hídricos;
- **Documentos:** Documentos relacionados à gestão estadual de recursos hídricos, como relatórios, PRHs, Plano Estadual de Recursos Hídricos, Notas Técnicas, artigos, Resoluções do CRH, etc.;
- **Fale conosco:** aba de comunicação para sugestões e contribuições dos usuários.

A manutenção e atualização do SIRH/RS

O SIRH/RS pode receber complementações de dados e ser editado na página da SEMA periodicamente, o que facilita o processo de melhorias do sistema. A proposta é que o SI seja estruturado em fases, com objetivos delineados e entregas periódicas. Atividades futuras, como modernização do *site* e atualização de dados do DRHS são previstas para o desenvolvimento do SI.

O SI deverá ter manutenção permanente, com atualização dos endereços ocorrendo trimestralmente para que o sistema esteja sempre em pleno funcionamento. Um *e-mail* de suporte (dipla-drh@sema.rs.gov.br) foi disponibilizado em <https://sema.rs.gov.br/recursos-hidricos> para que os usuários possam relatar eventuais problemas e sugerir melhorias do SI.

SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento do site do SIRH/RS possibilita a unificação de dados oriundos das mais diversas fontes em um único portal. Facilita o acesso à informação gerada e armazenada no órgão gestor de recursos hídricos e conferem maior celeridade no consumo, engajamento e difusão dos dados sobre recursos hídricos.

O SIRH/RS foi criado principalmente com o objetivo de acesso aos dados sobre temas de interesse de recursos hídricos, com descrições sucintas e orientativas sobre cada tema. O foco não consiste em apresentar integralmente os conteúdos sobre os temas, fato que poderia gerar descrições maçantes e dificultar o acesso aos dados aos usuários.

Recomendações futuras incluem a permanente manutenção e atualização do sistema. Além disso, visa manter o crescimento e aprimoramento do SIRH/RS, como também a prática de trabalho do corpo técnico do DRHS baseada na gestão e governança de dados.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União de 08 janeiro de 1997. Brasília, 1997.

FRANTZ, L. C.; CRUZ, J. C.; SCHMITT, C. M. Sistemas de informações no gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e Rio Grande do Sul: breves considerações. I AGUASUL – I SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. **Anais...** Santa Maria, 2005.

FREITAS, M.A.S. Análise de Risco e Incerteza na Tomada de Decisão na Gestão Hidroambiental. XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 2003, Associação Brasileira de Recursos Hídricos. **Anais...** Curitiba, 2003, p.175.

JANSSEN, M.; BROUS, P.; ESTEVEZ, E.; BARBOSA, L. S.; JANOWSKI, T. Data governance: organizing data for trustworthy artificial intelligence. **Government Information Quarterly**, v.37, n. 3, p. 101493, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.giq.2020.101493>.

HIDALGO-MAZZEI, D.; MURRU, A.; REINARES, M.; VIETA, E.; COLOM, F. Big Data in mental health: a challenging fragmented future. **World Psychiatry**, v. 15, n. 2, p. 186-187, jun. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/wps.20307>.

LAUDON, K.C.; LAUDON, J. P. **Management Information Systems**, 12. ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 2012. 656p.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA DO RIO GRANDE DO SUL (SEMA/RS). **Relatório Anual sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul**, 2021. Porto Alegre: DRHS/SEMA/RS, 2022.