



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Larissa Veridiane Coutinho

**A construção do conhecimento acerca do Sistema Aquífero Integrado
Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina entre os anos de 2002-2020**

Florianópolis
2023

Larissa Veridiane Coutinho

**A construção do conhecimento acerca do Sistema Aquífero Integrado
Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina entre os anos de 2002-2020**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe.

Florianópolis
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Coutinho, Larissa Veridiane

A construção do conhecimento acerca do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina entre os anos de 2002-2020 / Larissa Veridiane Coutinho ; orientador, Luiz Fernando Scheibe, 2023.

140 p.

2. Gestão Integrada. 3. Projeto Rede Guarani/Serra Geral. 4. Aquíferos. 5. Linha do tempo. I. Scheibe, Luiz Fernando . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

Larissa Veridiane Coutinho

A construção do conhecimento acerca do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina entre os anos de 2002-2020

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, 01 de setembro de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Profa. Dra. Rosemy Nascimento
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Luciano Augusto Henning
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Jacir Dal Magro
Universidade do Planalto Catarinense

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestra em Geografia

Insira neste espaço a
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe
Orientador

Florianópolis, 2023.

RESUMO

A gestão eficaz de recursos hídricos emerge como peça fundamental na promoção da sustentabilidade ambiental, segurança alimentar, saúde pública e desenvolvimento socioeconômico. O enfrentamento das crescentes pressões, como urbanização, mudanças climáticas e atividades industriais, amplia a urgência de uma gestão eficiente e informada. Diante disso, esta pesquisa concentrou-se nos avanços científicos ocorridos entre 2002 e 2022 no Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina, com ênfase no Projeto Rede Guarani/Serra Geral (RGSG). Nesse contexto, o objetivo central foi elucidar de que maneiras os avanços científicos ao longo do período contribuíram para a compreensão desses aquíferos e para a promoção da gestão sustentável desses recursos. A pesquisa também visou revisar as informações e tendências do RGSG, especialmente no Componente 1 da Meta 1. Diante disso, a metodologia empregada envolveu uma análise qualitativa, selecionando 10 pesquisas. A partir dessa base, foram desenvolvidos resumos e conduzidas análises críticas. Duas entrevistas complementaram a abordagem, oferecendo perspectivas futuras sobre o projeto. Para facilitar a compreensão dos resultados, também foi construída uma linha do tempo. Por fim, dos dez estudos analisados, observou-se que o Projeto RGSG pode desenvolver uma base de dados abrangente na escala 1:250.000 para a área de ocorrência do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG). Além disso, a presente dissertação contou com a produção de sínteses individuais para cada estudo analisado, o que contribuiu para a organização e delineamento dos avanços observados, bem como a linha do tempo. Como conclusão, percebeu-se que o Projeto RGSG teve um impacto positivo na gestão sustentável dos recursos hídricos ao apresentar uma base de dados coerente, que respeita as especificidades dos aquíferos, embora haja a necessidade de investigações adicionais, sobretudo voltadas a detalhes dos poços e análises hidroquímicas. Ademais, foram pontuadas questões sobre a importância do financiamento das pesquisas científicas, uma vez que favorecem o desenvolvimento da gestão integrada e o monitoramento efetivo dos aquíferos, com destaque para o papel fundamental da participação dos pesquisadores na esfera política e na divulgação científica.

Palavras-chave: Gestão Integrada; Projeto Rede Guarani e Serra Geral; Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral; Linha do Tempo.

RESUMEN

La gestión efectiva de los recursos hídricos emerge como una pieza fundamental en la promoción de la sostenibilidad ambiental, la seguridad alimentaria, la salud pública y el desarrollo socioeconómico. El enfrentamiento de las crecientes presiones, como la urbanización, el cambio climático y las actividades industriales, amplía la urgencia de una gestión eficiente e informada. En este contexto, esta investigación se centró en los avances científicos ocurridos entre 2002 y 2022 en el Sistema Acuífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) en Santa Catarina, con énfasis en el Proyecto Red Guarani/Serra Geral (RGSG). El objetivo central fue elucidar de qué manera los avances científicos a lo largo del período contribuyeron a la comprensión de estos acuíferos y a la promoción de la gestión sostenible de estos recursos. La investigación también buscó revisar las informaciones y tendencias del RGSG, especialmente en el Componente 1 de la Meta 1. La metodología empleada involucró un análisis cualitativo, seleccionando 10 investigaciones. A partir de esta base, se desarrollaron resúmenes y se llevaron a cabo análisis críticos. Dos entrevistas complementaron el enfoque, ofreciendo perspectivas futuras sobre el proyecto. Para facilitar la comprensión de los resultados, también se construyó una línea de tiempo. Finalmente, de los diez estudios analizados, se observó que el Proyecto RGSG pudo desarrollar una base de datos integral a escala 1:250.000 para el área de ocurrencia del SAIG/SG. Además, la presente disertación contó con la producción de síntesis individuales para cada estudio analizado, lo que contribuyó a la organización y delineación de los avances observados, así como a la línea de tiempo. Como conclusión, se percibió que el Proyecto RGSG tuvo un impacto positivo en la gestión sostenible de los recursos hídricos al presentar una base de datos coherente, que respetaba las especificidades de los acuíferos, aunque hay necesidad de investigaciones adicionales, especialmente centradas en pozos y análisis hidroquímicos. Además, se señalaron cuestiones sobre la importancia del financiamiento de las investigaciones científicas, ya que favorecen el desarrollo de la gestión integrada y el monitoreo efectivo de los acuíferos, destacando el papel fundamental de la participación de los investigadores en la esfera política y en la divulgación científica.

Palabras clave: Gestión Integrada; Proyecto Rede Guarani e Serra Geral; Sistema Acuífero integrado Guarani/Serra Geral; Línea de Tiempo.

ABSTRACT

Effective water resources management emerges as a fundamental piece in promoting environmental sustainability, food security, public health, and socioeconomic development. Confronting mounting pressures such as urbanization, climate change, and industrial activities enforce the urgency for efficient and informed management. In this context, this research focused on scientific advancements between 2002 and 2022 in the Integrated Guarani/Serra Geral Aquifer System (SAIG/SG) in Santa Catarina, with an emphasis on the Guarani/Serra Geral Network Project (RGSG). The main objective was to elucidate how scientific advancements throughout the period contributed to understanding these aquifers and promoting sustainable resource management. The research also sought to review information and trends from the RGSG, especially in Component 1 of Goal 1. The methodology involved qualitative analysis, selecting 10 studies. Based on this foundation, summaries and critical analyses were developed. Two interviews complemented the approach, providing future perspectives on the project. To enhance comprehension of results, a timeline was constructed. Finally, among the ten studies analyzed, it was observed that the RGSG Project could develop a comprehensive database at a 1:250,000 scale for the occurrence area of the SAIG/SG. Additionally, this dissertation included the production of individual syntheses for each analyzed study, contributing to the organization and delineation of observed advancements, as well as the timeline. In conclusion, it was perceived that the RGSG Project had a positive impact on sustainable water resources management by presenting a coherent database that respected the specificities of the SAIG/SG, although further research is needed, especially focusing on wells and hydrochemical analyses. Furthermore, issues regarding the importance of funding for scientific research were highlighted, as it fosters the development of integrated management and effective monitoring of aquifers, emphasizing the crucial role of researchers' involvement in politics and scientific outreach.

Keywords: Integrated Management; Guarani/Serra Geral Network Project; Integrated Guarani/Serra Geral Aquifer System (SAIG/SG); Timeline.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Localização do SAIG/SG, mapa e perfil hidrogeológico em SC.....
- Figura 2 – Localização do SAIG/SG.....
- Figura 3 – Poços analisados pelo RGSG Agrupados em Ano.....
- Figura 4 – Linha do tempo: publicações científicas selecionadas sobre o RGSG. .
- Figura 5 – Sistema Integrado Aquífero Guarani/Serra Geral (SAIG/SG).....
- Figura 6 – Recomendações pontuadas na publicação "O Contexto Tectônico dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: uma revisão".....
- Figura 7 – Localização da área de estudo – limites e municípios que compõem a Bacia do Rio do Peixe/SC.....
- Figura 8 – Fluxograma da RGSG, desenvolvido por Henning (2013).....
- Figura 9 – Seção hidrogeológica do SAIG/SG no Estado de Santa Catarina.....
- Figura 10 – Mapa da distribuição dos blocos geomorfoestruturais do SAIG/SG no Estado de Santa Catarina.....
- Figura 11 – Modelo potenciométrico das tendências de direção do fluxo das águas subterrâneas do aquífero e vazão dos poços para a área de estudo na região oeste de Santa Catarina.....
- Figura 12 – Mapa de densidade de fraturas com os tipos hidroquímicos dos poços da área de estudo.....
- Figura 13 – Localização dos sistemas de falhas ou falhas interpretadas.....
- Figura 14 – Mapa dos pontos de controle estratigráficos e do resultado dos perfis longitudinais de drenagem com os sistemas de falhas interpretados.....
- Figura 15 – Classes de vulnerabilidade natural para o SAIG/SG.....
- Figura 16 – Classes e índices de risco à contaminação para o SAIG/SG.....
- Figura 17 – Metas principais do SAIG/SG em Santa Catarina.....
- Figura 18 – Classificação das pesquisas analisadas.....

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Aspectos principais da revisão.....	58
Quadro 2 – Aspectos principais da publicação 1.....	117
Quadro 3 – Aspectos principais da publicação 2.....	118
Quadro 4 – Pontos centrais do estudo.....	118
Quadro 5 – Aspectos centrais da publicação 3.....	119
Quadro 6 – Pontos centrais da publicação 4.....	119
Quadro 7 – Síntese da publicação 5.....	120
Quadro 8 – Aspectos centrais da publicação 6.....	120
Quadro 9 – – Aspectos centrais da publicação 7.....	121
Quadro 10 — Aspectos centrais da publicação 08.....	122
Quadro 11 – Aspectos centrais da publicação 9.....	122
Quadro 12 – Aspectos centrais da publicação 10.....	123

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....
1.1	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....
1.2	PROBLEMÁTICA E MOTIVAÇÃO.....
1.3	JUSTIFICATIVA.....
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....
2.1	O CONCEITO DE ESPAÇO A PARTIR DA PERSPECTIVA GEOGRÁFICA.....
2.1.1	O conceito de espaço a partir de Lefebvre (2008) (Publ. 1968).....
2.1.2	O conceito de espaço a partir de Tuan (2001) (Publ. 1974).....
2.1.3	O conceito de espaço a partir de David Harvey (1992).....
2.1.4	O conceito de espaço a partir de Edward Soja (1996).....
2.1.5	O conceito de espaço a partir de Milton Santos (1996).....
2.1.6	Síntese das abordagens.....
2.2	A HIDROGEOGRAFIA E A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....
2.2.1	Hidrologia, Hidrogeologia e Hidrogeografia: aspectos essenciais.....
2.2.2	Os recursos Hídricos: conceito e contexto brasileiro.....
2.2.3	O Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral - SAIG/SG.....
2.2.3.1	O Sistema Aquífero Guarani (SAG).....
2.2.3.2	O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG).....
2.2.4	A gestão e a governança de recursos hídricos em aquíferos.....
3	METODOLOGIA DO ESTUDO.....
3.1	TIPO DA PESQUISA.....
3.2	FONTE DE DADOS.....
3.3	PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS.....
3.4	ORGANIZAÇÃO DA ANÁLISE DE CONTEÚDO.....
3.5	ANÁLISE CRÍTICA.....
3.6	ENTREVISTAS.....
3.7	DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....
3.8	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS E LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA.....
3.9	CONSTRUÇÃO DA LINHA DO TEMPO E ANÁLISE DAS PUBLICAÇÕES.....

4	PRINCIPAIS PROJETOS DO AQUÍFERO GUARANI E SERRA GERAL: PROESC, PSAG, RGSG.....
4.1	O PROJETO REDE GUARANI/SERRA GERAL (RGSG).....
4.2	SITUAÇÃO ATUAL, RESULTADOS E PERSPECTIVAS DO PROJETO REDE GUARANI/SERRA GERAL EM SANTA CATARINA.....
5	DISCUSSÃO E SÍNTESE DOS RESULTADOS.....
5.1	SÍNTESE INDIVIDUAL.....
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....
	REFERÊNCIAS.....

PRELÚDIO

Após concluir meu curso de Geografia na Universidade Federal de Goiás e decidir pela continuidade dos meus estudos, uma oportunidade ímpar se apresentou diante de mim. Através de um estágio informal junto à coordenação do Projeto Rede Guarani/Serra Geral, sediado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), fui capaz de mergulhar nas complexidades do tema e ensaiar um olhar de pesquisadora. Durante esse período, tive o privilégio de me inspirar ao observar a elaboração do "Mapa de Localização das pesquisas efetuadas" e da publicação "Águas Subterrâneas, um Patrimônio Catarinense", disponíveis¹ tanto em formato impresso como em e-book. Esta imersão não apenas expandiu meu horizonte de compreensão sobre as questões hídricas, mas também ressaltou sua conexão com diversas áreas do conhecimento.

Simultaneamente, consciente da necessidade de ampliar minha base de habilidades e oportunidades profissionais, optei por ingressar em um curso de graduação em "Design Gráfico" em outra instituição de ensino. Este percurso acadêmico foi concluído no início de 2023, e ao longo desse trajeto, fui introduzida a novas formas de apresentação de resultados de pesquisa, destacando-se a utilização da "linha do tempo" como uma ferramenta expressiva e difusora no contexto do estudo. A partir dessa jornada e com essa nova base de conhecimento, iniciei minha trajetória com o compromisso de contribuir para o desenvolvimento do saber sobre os recursos hídricos para nossa sociedade.

Disponível em: http://umap.openstreetmap.fr/pt-br/map/rede-guaraniserra-geral_327530#3/9.62/-19.51. Acessado em: 15 de agosto de 2023

Disponível em: https://expressao.com.br/ebooks/aguas_subterraneas/mobile/index.html. Acessado em: 15 de agosto de 2023

1 INTRODUÇÃO

A gestão de recursos hídricos exerce um papel fundamental para a sustentabilidade ambiental, a segurança alimentar, a saúde pública e o desenvolvimento socioeconômico das populações, uma vez que a água é um recurso essencial para a vida, a produção de alimentos, a geração de energia e a manutenção dos ecossistemas. A crescente pressão sobre os recursos hídricos devido ao aumento populacional, urbanização, mudanças climáticas e atividades industriais e agrícolas ressalta a necessidade urgente de uma gestão eficaz e equitativa. Desenvolvida em consonância com estratégias de conservação, distribuição equitativa, monitoramento e cooperação social, a gestão adequada dos recursos hídricos não apenas assegura a disponibilidade de água limpa e segura para as gerações presentes e futuras, mas também promove a estabilidade econômica, a resiliência dos ecossistemas e a paz entre as nações (Porto-Gonçalves, 2008).

No Brasil, um dos principais instrumentos que ampara a gestão dos recursos hídricos é a Lei nº 9.433/97. Nela, tem-se as diretrizes e princípios para uso de tais recursos. Importante enfatizar que a presente lei é resultado de legislações anteriores que foram se adaptando no decorrer dos anos de acordo com os diferentes contextos históricos. Conforme trazido por Henning (2013), anteriormente à constituição de 1988, o amparo legal priorizava disciplinar o uso e a propriedade dos recursos hídricos: afinal, em tal época, preocupações ambientais e de sustentabilidade não eram uma demanda nacional. Principalmente a partir da 1ª Conferência Internacional da Água (em 1977) e da Eco-92, é que a legislação brasileira passa a entender a água como um recurso de direito universal e que, portanto, exige cuidados.

Nesse sentido, em consequência de mudanças de perspectivas, somadas a avanços dos conhecimentos científicos sobre o assunto, surge a necessidade de novas atualizações sobre leis que amparem a governança dos recursos hídricos, culminando, assim, na Lei nº 9.433/97. Sendo uma legislação complementar, ela acrescentou diretrizes referentes às águas subterrâneas e, por conseguinte, o gerenciamento dos aquíferos, com olhar sobre a preservação de tais recursos.

Uma adequada gestão de recursos hídricos desempenha um papel fundamental na mitigação de conflitos e na promoção da cooperação entre as nações. Muitas bacias hidrográficas são compartilhadas por diversos países, o que também pode levar a disputas sobre o uso e distribuição equitativa da água. Uma abordagem colaborativa e baseada em princípios de governança pode ajudar a evitar tensões e conflitos, promovendo uma distribuição justa e sustentável dos recursos hídricos. A gestão adequada também contribui para a adaptação às mudanças climáticas, uma vez que os padrões de disponibilidade e distribuição da água estão sendo impactados por fenômenos climáticos extremos, como secas e inundações. Ao implementar medidas de conservação, armazenamento e uso eficiente da água, os países podem aumentar sua resiliência e capacidade de enfrentar os desafios emergentes (Wolkmer *et al.*, 2008; Facco, 2020; Villar, 2022)

Tal temática transcende fronteiras geográficas e desafios locais. Ela é um componente essencial para a sustentabilidade global, com impactos significativos nas esferas ambiental, social e econômica. A colaboração internacional, a implementação de políticas eficazes e a adoção de práticas sustentáveis são fundamentais para garantir a preservação desse recurso vital para as gerações presentes e futuras (Wolkmer *et. al.*, 2013; Zeni, 2018).

Frente ao desafio acima exposto, é necessário considerar a relevância do avanço do conhecimento sobre o tema por meio de estudos, uma vez que as pesquisas científicas impulsionam a fronteira do saber humano, explicando questões e revelando conexões complexas, bem como, colaborando com percepções sobre as mais diversas áreas da sociedade. A busca incessante por descobertas não apenas enriquece nossa compreensão do universo, mas também desencadeia avanços tecnológicos, médicos, ambientais e sociais que moldam positivamente o curso da humanidade. O conhecimento científico não só nos permite resolver desafios prementes e responder a perguntas fundamentais, mas também nos capacita a tomar decisões informadas e fundamentadas, fomentando a educação, a tomada de decisões embasadas.

Com a finalidade delineada, explora-se a temática das águas subterrâneas e seu papel intrínseco na preservação dos ecossistemas naturais e na

sustentabilidade da vida no planeta. No entanto, é pertinente destacar a apreensão diante dos desafios relativos à disponibilidade e qualidade, revelando os impactos da intervenção humana (Porto-Gonçalves, 2012; DeVincenti et al., 2021). A interação complexa desses fatores configura um cenário dinâmico, ressaltando a importância contínua da pesquisa científica e da implementação de diferentes abordagens para a gestão eficaz.

Desse modo, a presente dissertação debruça-se sobre a contribuição dos avanços científicos em estudos realizados no período de 2002 a 2020 sobre o Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral em Santa Catarina, considerando, para tal, que a pesquisa científica é um processo dinâmico e interconectado, no qual cada descoberta constrói uma base sólida para investigações subsequentes, impulsionando uma progressão contínua que enriquece e aprofunda nosso entendimento.

1.1 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

A compreensão do papel dos sistemas aquíferos no ciclo da água é de fundamental importância para o gerenciamento e a preservação dos recursos hídricos. No contexto macro, observa-se que a gestão sustentável dos recursos hídricos tem sido uma preocupação global, em face dos desafios impostos pela crise ambiental, acentuada pelo crescimento do consumo numa perspectiva de aceleração das mudanças climáticas.

No contexto do presente estudo, destaca-se o papel do projeto REDE GUARANI/SERRA GERAL na promoção do avanço científico sobre os sistemas aquíferos na região Sul do Brasil, e em especial, no estado de Santa Catarina, ao lado de outras importantes iniciativas. Esses projetos contribuem para a produção de conhecimentos específicos sobre a estrutura hidrogeológica, a qualidade da água, a movimentação das águas subterrâneas e outros aspectos relevantes para a compreensão e gestão desses aquíferos. Avaliar o impacto desses estudos ao longo do tempo é essencial para verificar seu papel para o avanço científico e para a formulação de políticas públicas adequadas para a gestão desses recursos.

Para tal, partimos do entendimento de que o tempo é um atributo fundamental quando se trata da evolução do conhecimento. A organização e a

interpretação das descobertas acumuladas ao longo de anos de pesquisa constroem um panorama claro e coerente. Assim, esta pesquisa traz, em essência, um mapeamento do conhecimento; uma tentativa de reunir informações dispersas em artigos, teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso, transformando-as em um corpo coeso de entendimento. Por meio de uma seleção criteriosa de pesquisas dedicadas a esse tema, buscamos não apenas entender a evolução das descobertas, mas também abraçar a interconexão entre os aquíferos e os ambientes nos quais estão inseridos, incluindo sua relação intrincada com a sociedade.

Dentro desse contexto, identificamos um portfólio diversificado de informações que buscam abordar de forma holística a dinâmica dos aquíferos, suas interações complexas e até mesmo a sua influência na sociedade circundante. Além disso, essa análise não se limitou apenas às características físicas e hidrogeológicas dos aquíferos, mas se estendeu ao mapeamento das falhas e sua interação com as vulnerabilidades naturais, proporcionando uma visão mais completa e integrada do sistema.

Assim, a metodologia adotada para esta revisão envolveu uma análise qualitativa e uma seleção criteriosa das pesquisas mais pertinentes. A partir disso, desenvolvemos resumos abrangentes e conduzimos análises críticas aprofundadas. Além disso, complementamos nossa abordagem com duas entrevistas, que ofereceram visões sobre o futuro do projeto e as perspectivas que se delineiam no horizonte.

No contexto micro, a identificação das principais metodologias utilizadas nos estudos sobre os sistemas aquíferos é fundamental para compreender a abordagem científica adotada, os instrumentos de análise utilizados e os resultados obtidos. A variedade de metodologias empregadas permite uma compreensão mais abrangente dos sistemas aquíferos, contemplando aspectos físicos, químicos e geológicos, bem como a interação desses sistemas com o meio ambiente e a sociedade.

No cenário contemporâneo, o desenvolvimento científico e o monitoramento das águas subterrâneas representam uma abordagem proativa para a gestão responsável deste recurso essencial. Nesse contexto, a presente dissertação se propõe a elucidar, sistematizar e revisar as informações e tendências que emergiram ao longo da jornada do Projeto Rede Guarani Serra Geral. Especificamente, nosso foco recai sobre o Componente 1 da Meta 1 (M1C1) deste projeto, se propõe a

compreender em profundidade a dinâmica dos sistemas aquíferos e sua interação com o meio ambiente.

Diante disso, o presente trabalho tem como **objetivo geral** analisar os avanços científicos sobre o conhecimento do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina no período de 2002 a 2020. Para alcançar esse objetivo, foram estabelecidos três objetivos secundários:

- i) identificar e sintetizar as informações essenciais coletadas nos estudos pré-determinados sobre o SAIG/SG em Santa Catarina.
- ii) apresentar as principais contribuições científicas das pesquisas analisadas de modo a guiar futuras proposições acerca da temática; e
- iii) elaborar uma linha do tempo dos principais estudos científicos derivados do Projeto RGSG;

A elaboração de uma linha do tempo permitirá visualizar a evolução dos estudos científicos no decorrer do projeto, identificando marcos importantes, descobertas significativas e lacunas de pesquisa. A análise do impacto dos estudos do Projeto RGSG que poderá proporcionar uma compreensão mais precisa da contribuição desse projeto em si, para o avanço científico sobre os sistemas aquíferos em Santa Catarina.

1.2 PROBLEMÁTICA E MOTIVAÇÃO

Este estudo tem como objetivo reforçar de maneira enfática a importância do conhecimento e da investigação científica para a preservação e gestão sustentável dos aquíferos, contribuindo, por conseguinte, para uma utilização mais eficaz e responsável desses preciosos recursos subterrâneos. Apesar das restrições orçamentárias que frequentemente tolhem os investimentos destinados ao desenvolvimento da pesquisa científica e à proteção desses aquíferos, vale destacar que, quando ocorrem aportes em projetos como o RGSG, o comprometimento incansável dos pesquisadores frequentemente culmina na criação de bases de dados e informações inestimáveis, que reverberam de maneira positiva tanto na sociedade quanto no âmbito estatal.

Conforme salientado por DeVincentis et al. (2021), o Brasil se destaca de forma louvável na produção de pesquisas abrangentes relacionadas à água,

erguendo-se como um farol de referência para toda a América Latina. Entretanto, se faz relevante reconhecer que, mesmo diante deste destaque positivo, a volatilidade das políticas públicas aliada aos entraves provocados pela falta de continuidade e os cortes no financiamento podem representar sérios entraves à manutenção de uma gestão calcada em conhecimentos científicos sólidos no que tange à gestão hídrica em toda a região.

É necessário considerar que a limitação de recursos financeiros e de incentivos para o monitoramento, infelizmente restringe a produção de conhecimento científico atualizado, minando, por consequência, a capacidade de avaliar de forma precisa e abrangente os impactos das atividades humanas sobre esses aquíferos subterrâneos cruciais. Em vista da crescente necessidade de compreendermos plenamente o potencial e as limitações de uso desses recursos em constante evolução, ressalta-se a urgência da promoção de novas investigações concernentes à recarga das águas subterrâneas, incluindo a análise de incertezas em diferentes aquíferos, tipos de cobertura do solo e condições hidrometeorológicas (Oliveira et al., 2021).

Adicionalmente, é fundamental reconhecer a disseminação do conhecimento científico no aumento da conscientização acerca da preservação dos aquíferos e da compreensão de seus impactos na segurança hídrica. Tornar os avanços científicos acessíveis ao público em geral desempenha a promoção de uma visão mais holística das questões inerentes aos aquíferos e ao abastecimento de água. Artigos, relatórios e mapas, quando adequadamente disponibilizados, capacitam tomadores de decisão e a sociedade em geral a entenderem plenamente as implicações desses recursos hídricos essenciais.

A utilização de uma linha do tempo emerge como uma ferramenta inestimável para visualizarmos a progressão da pesquisa científica relacionada aos aquíferos. A identificação de marcos e descobertas ao longo do tempo oferece uma perspectiva histórica essencial, a qual contribui significativamente para a compreensão do desenvolvimento do conhecimento sobre os aquíferos.

Ademais, a linha do tempo esclarece as inter-relações entre diferentes descobertas e eventos científicos, evidenciando possíveis conexões e sinergias entre pesquisas conduzidas por diversos grupos e instituições. Essa representação

visual não apenas estimula novas colaborações e abordagens interdisciplinares, mas também impulsiona a busca por soluções inovadoras e abrangentes para a gestão sustentável dos aquíferos. Por último, a linha do tempo permite identificar lacunas na pesquisa, assinalando áreas que carecem ainda de investigações aprofundadas e, assim, contribui para a formulação de futuras direções e prioridades na pesquisa referente aos recursos hídricos subterrâneos.

Mediante o emprego eficiente da divulgação científica e da utilização da linha do tempo como ferramentas de análise e planejamento, podemos intensificar nosso entendimento e capacidade de proteção e gestão responsável dos inestimáveis aquíferos, assegurando, desta maneira, a segurança hídrica para as gerações presentes e futuras.

Isto posto, o presente estudo trabalhou sobre a seguinte problemática: **como os avanços científicos sobre os Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina, no período de 2002 a 2020, contribuíram para o conhecimento desses aquíferos e para a gestão sustentável dos recursos hídricos?**

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O CONCEITO DE ESPAÇO A PARTIR DA PERSPECTIVA GEOGRÁFICA

O conceito de espaço é central no campo da geografia, fornecendo a base teórica e conceitual para a compreensão das relações entre os seres humanos e o ambiente em que vivem. Frente a esse fato, este capítulo dedica-se a apresentar o conceito a partir da perspectiva de autores clássicos, tais como Henry Lefebvre (2019 – Publ. 1968), Y FuTuan (2001 – publ.1974), David Harvey (1992), Edward Soja (1993), e Milton Santos (2001).

2.1.1O conceito de espaço a partir de Lefebvre (2019) (Publ. 1968)

Lefebvre (1968) propõe uma abordagem dialética do espaço, enfatizando a interação entre as práticas cotidianas e as estruturas sociais na produção e reprodução do espaço geográfico. Em sua obra, ele argumenta que o espaço não é apenas um produto das relações sociais, mas também um meio pelo qual as relações sociais são constituídas e reproduzidas.

Para esse autor, o espaço é um campo de lutas e contradições, onde diferentes grupos sociais e interesses entram em conflito. Deste modo, é destacada a importância das práticas cotidianas, das atividades e interações diárias das pessoas, na transformação do espaço (Carlos, 2019). Essas práticas são influenciadas por estruturas sociais, como o sistema econômico, as relações de poder e as ideologias dominantes.

Ao mesmo tempo, Lefebvre argumenta que o espaço é um meio de reprodução dessas estruturas sociais. Ele aponta para a existência de espaços dominantes, controlados por grupos poderosos que moldam o ambiente conforme seus interesses. Esses espaços dominantes podem reforçar relações de poder, desigualdades sociais e exclusões, perpetuando a ordem estabelecida.

No entanto, ele também ressalta a possibilidade de resistência e transformação do espaço. Ele propõe a ideia de “espaço vivido” como um espaço subversivo, onde as práticas cotidianas podem desafiar as estruturas dominantes e

criar novas formas de sociabilidade. Esse espaço vivido é caracterizado pela apropriação criativa do espaço pelos grupos marginalizados, que buscam reivindicar seu direito à cidade e à produção do espaço.

Ademais, Lefebvre introduz o conceito de “espaço representado”, referindo-se às imagens e significados atribuídos ao espaço por meio de símbolos, discursos e representações. Essas representações influenciam a forma como as pessoas percebem e se relacionam com o espaço, podendo ser utilizadas tanto para legitimar as estruturas de poder quanto para contestá-las.

2.1.2O conceito de espaço a partir de Y FuTuan (2001) (Publ. 1974)

Tuan (2001) explora as dimensões humanas do espaço, argumentando que o espaço adquire significado por meio das experiências individuais e coletivas, destacando as percepções, emoções e relações afetivas no modo como as pessoas constroem e se relacionam com o espaço.

Uma das principais ideias apresentadas por Tuan é a noção de espaço vivido. Ele enfatiza que o espaço não é apenas um conceito abstrato, mas uma realidade concreta que é vivida e experimentada pelos seres humanos. As experiências individuais e coletivas moldam a forma como percebemos e nos relacionamos com o espaço ao nosso redor.

As percepções desempenham um papel fundamental na construção do espaço vivido. Tuan argumenta que as pessoas não veem o espaço de maneira objetiva e neutra, mas interpretam e atribuem significados a partir de suas experiências pessoais, memórias, valores culturais e interações sociais. Dessa forma, o espaço se torna subjetivo e individualizado, refletindo as perspectivas únicas de cada pessoa.

Além disso, o autor ressalta a importância das emoções no modo como nos relacionamos com o espaço. As emoções, como o medo, a alegria, o amor e a tristeza, influenciam nossa percepção e nossa maneira de nos engajar com o ambiente. Por exemplo, um espaço pode ser associado a sentimentos de segurança e pertencimento, enquanto outro pode evocar desconforto e ansiedade. As emoções

desempenham um papel fundamental na forma como nos movemos e interagimos no espaço.

Tuan também destaca a importância das relações afetivas no modo como construímos e nos apegamos ao espaço. Os lugares que frequentamos e habitamos ao longo de nossas vidas adquirem um valor simbólico e emocional, tornando-se parte integrante de nossa identidade e de nossas memórias. Essas relações afetivas podem criar laços profundos entre as pessoas e o espaço, gerando um senso de pertencimento e de conexão emocional.

Ao enfatizar as dimensões humanas do espaço, ele também destaca a importância de considerar as experiências subjetivas, as percepções, as emoções e as relações afetivas na compreensão do espaço geográfico. Ele nos convida a ir além das análises objetivas e quantitativas, valorizando as experiências e as narrativas individuais e coletivas.

2.1.30 conceito de espaço a partir de David Harvey (1992)

Para David Harvey (1992), a relação entre o espaço e o capitalismo se dá examinando as formas contemporâneas de segregação e fragmentação espacial. Para tal, o autor introduz o conceito de "espaço-tempo" que diz respeito à interação dinâmica entre a dimensão espacial e a dimensão temporal na organização e reprodução do sistema capitalista.

Segundo Harvey, o espaço não é apenas um contêiner neutro onde as atividades humanas ocorrem, mas é fundamentalmente moldado pelas forças econômicas e políticas do capitalismo. O espaço é um produto social e é produzido e transformado pela dinâmica das relações de poder, acumulação de capital e lutas sociais.

O conceito de espaço-tempo de Harvey destaca a importância da dimensão temporal na compreensão do espaço. O capitalismo, como sistema econômico, requer a rápida circulação e troca de mercadorias, informações e pessoas. Isso implica a compressão do tempo e o encurtamento das distâncias através do desenvolvimento de infraestruturas, como rodovias, ferrovias, portos e aeroportos, bem como avanços tecnológicos nas comunicações.

Essa compressão do tempo-espaço tem implicações profundas na organização e na vida das cidades e regiões. Ela resulta na criação de áreas privilegiadas e excluídas, segregação socioespacial e desigualdades territoriais. Por exemplo, a construção de grandes projetos de infraestrutura frequentemente leva à expulsão de comunidades locais e à gentrificação de áreas urbanas, favorecendo grupos sociais mais privilegiados.

Além disso, o capitalismo também gera uma lógica de aceleração e obsolescência constante, onde o tempo é percebido como uma mercadoria escassa e valorizada. Isso se reflete na busca pela eficiência, produtividade e velocidade em todos os aspectos da vida cotidiana, desde a produção industrial até o consumo e a comunicação.

Harvey argumenta que a compreensão dessa dinâmica espaço-tempo é essencial para analisar as contradições e desafios do capitalismo contemporâneo. Ao examinar as formas de segregação e fragmentação espacial, é possível entender como o capitalismo reconfigura o espaço de maneiras desiguais e contraditórias, criando divisões socioeconômicas e espaciais que perpetuam a desigualdade.

2.1.4O conceito de espaço a partir de Edward Soja (1993)

Edward Soja (1993) apresenta o conceito de "terceiro espaço" como uma perspectiva alternativa para compreender o espaço geográfico, desafiando as dicotomias tradicionais e explorando as interações entre o real e o imaginado. O conceito de terceiro espaço surge como uma crítica às concepções dualistas que separam o espaço em categorias opostas, como público e privado, local e global, centro e periferia.

Para Soja, o terceiro espaço representa uma zona de possibilidades e hibridização, onde as fronteiras entre as dicotomias tradicionais se tornam borradas. É um espaço de encontro e interação entre diferentes perspectivas, identidades e práticas. Ele argumenta que a compreensão do espaço deve levar em consideração a complexidade das relações e as interações entre o real e o imaginado, o físico e o simbólico.

O terceiro espaço desafia a ideia de que o espaço é uma entidade estática e fixa, mostrando que é um produto social e cultural em constante transformação.

Esse conceito reconhece que o espaço é atravessado por múltiplas narrativas, memórias e representações que moldam as experiências das pessoas e a forma como elas se relacionam com o ambiente ao seu redor.

Uma das contribuições significativas do conceito de terceiro espaço é sua capacidade de abordar as questões de identidade e poder. Soja argumenta que o terceiro espaço é um local de negociação e resistência, onde diferentes grupos sociais e culturais podem reivindicar suas identidades e lutar contra as formas dominantes de poder. Nesse sentido, o terceiro espaço oferece um espaço potencialmente transformador, onde as vozes marginalizadas e subalternas podem ser ouvidas e as hierarquias espaciais podem ser contestadas.

Ao explorar o terceiro espaço, Soja chama a atenção para as práticas cotidianas e os lugares onde as interações entre pessoas e espaços ocorrem. Ele destaca a importância de reconhecer a diversidade e a complexidade das experiências espaciais, evitando a simplificação excessiva ou a dicotomização do espaço.

2.1.50 conceito de espaço a partir de Milton Santos (2001)

Dentre os autores brasileiros que se destacam ao versar sobre o tema do espaço como produto social, um nome de grande relevância é o de Milton Santos (2001). Este autor aborda o espaço geográfico como resultado de processos sociais, destacando as relações de poder e as desigualdades socioespaciais na sua construção.

Milton Santos propõe uma perspectiva crítica e engajada, buscando compreender o espaço não apenas como uma entidade física, mas como uma construção social complexa. Ele argumenta que o espaço geográfico é produzido a partir de relações sociais e econômicas, mediadas por estruturas políticas e culturais. Nesse sentido, o espaço é permeado por disputas e conflitos, onde diferentes atores sociais exercem poder e influência na sua configuração.

Uma das principais contribuições de Santos é a análise das desigualdades socioespaciais, evidenciando como o espaço geográfico reflete e perpetua relações de poder e injustiças sociais. Ele destaca que as desigualdades não são meras consequências de condições naturais ou geográficas, mas são construídas

socialmente. Processos como a segregação urbana, a concentração de recursos em determinadas áreas e a marginalização de grupos sociais são exemplos das desigualdades que se manifestam no espaço.

Santos também enfatiza a importância da dimensão temporal na análise do espaço geográfico. Ele argumenta que o espaço não é estático, mas está em constante transformação. As relações sociais, econômicas e políticas moldam o espaço ao longo do tempo, criando diferentes arranjos espaciais. Além disso, Santos destaca o papel das representações e das narrativas na construção do espaço, ressaltando como as percepções e as imagens que as pessoas têm do espaço influenciam suas práticas e vivências.

Outro aspecto relevante abordado por Milton Santos é a ideia de que o espaço não é homogêneo, mas é composto por múltiplas territorialidades. Ele reconhece a existência de espaços vividos, espaços de representação e espaços de poder, que se entrelaçam e influenciam uns aos outros. Essas territorialidades são marcadas por relações de poder assimétricas, que podem resultar em exclusão, marginalização e subordinação de determinados grupos sociais.

2.1.6O Conceito de espaço a partir de Ariovaldo Umbelino de Oliveira (2007)

O conceito de espaço não se limita a uma delimitação física, mas também envolve relações de poder e soberania nacional, com os recursos hídricos desempenhando um papel central nesse contexto. O entendimento da importância da água e de como ela molda o espaço geográfico se faz fundamental para abordar desafios atrelados à gestão sustentável dos recursos hídricos. Eles desempenham um papel central na organização do espaço, já que as atividades humanas estão intrinsecamente ligadas à água. Agricultura, indústria, abastecimento de água potável, geração de energia, transporte e muitos outros setores dependem da disponibilidade de recursos hídricos.

A água é um recurso finito e, muitas vezes, escasso. Sua distribuição geográfica é desigual, o que gera desafios e conflitos em âmbito mundial. Isso ocorre, uma vez que o controle sobre as fontes de água potável, rios transfronteiriços e reservatórios de água doce pode ter um impacto direto na

segurança e no poder de um país. Quando uma nação possui acesso a recursos hídricos abundantes e consegue gerenciá-los de maneira eficaz, isso fortalece sua soberania e influência regional e global. Por outro lado, a escassez de água ou a dependência de fontes compartilhadas podem enfraquecer a posição de um país e torná-lo vulnerável a pressões externas.

Os recursos hídricos também desempenham um papel importante nas relações internacionais, muitas vezes levando a disputas e negociações complexas entre países vizinhos. Muitas bacias hidrográficas cruzam fronteiras nacionais, o que significa que vários países compartilham os mesmos recursos hídricos. A dependência mútua sobre esses recursos pode levar a competições pelo acesso e pelo uso equitativo da água, principalmente quando um país interfere no fluxo de água ou utiliza recursos hídricos de maneira que afeta negativamente.

Ademais, as mudanças climáticas estão alterando os padrões de precipitação e o fluxo de rios em muitas regiões, aumentando a incerteza sobre a disponibilidade de água. Isso pode tornar as negociações sobre a gestão de recursos hídricos ainda mais complexas. Em muitas regiões do mundo, a água é um recurso escasso e a demanda frequentemente supera a oferta, de modo a agravar as tensões, especialmente em áreas onde o acesso à água é fundamental para a subsistência.

Portanto, a cooperação na gestão de bacias hidrográficas transfronteiriças é essencial para prevenir conflitos e promover a paz. Isso envolve a criação de acordos e tratados bilaterais ou multilaterais que estabelecem regras claras para o uso, conservação e compartilhamento de recursos hídricos. Esses acordos podem incluir mecanismos de resolução de disputas, monitoramento da qualidade da água e planejamento conjunto de infraestrutura hídrica

2.1.7 Síntese das abordagens

Os autores supracitados, em comum, reconhecem que o espaço geográfico é um produto social, influenciado pelas relações de poder e pelas estruturas sociais. Eles também destacam a importância da dimensão temporal na compreensão do

espaço. Além disso, reconhecem a existência de desigualdades socioespaciais e abordam a possibilidade de resistência e transformação no espaço.

Ao reconhecer que o espaço geográfico é um produto social, influenciado pelas relações de poder e pelas estruturas sociais, esses autores enfatizam a importância de analisar o espaço para além de sua materialidade física. Eles reconhecem que o espaço é moldado por processos sociais, econômicos e políticos, e que as desigualdades socioespaciais são resultado dessas dinâmicas.

Ainda, importante enfatizar que a dimensão temporal é um aspecto comum destacado por esses autores. Eles reconhecem que o espaço não é estático, mas está em constante transformação ao longo do tempo. A compreensão das mudanças no espaço ao longo do tempo é fundamental para entender as relações sociais, econômicas e políticas que o moldam.

Apesar das semelhanças, existem diferenças significativas nas ênfases e abordagens de cada autor. Lefebvre inova ao propor uma abordagem dialética, onde as práticas cotidianas e as estruturas sociais interagem na produção e reprodução do espaço. Ele enfatiza a importância das lutas e contradições no espaço, bem como a possibilidade de resistência e transformação. Já Tuan, por seu lado, enfatiza as experiências subjetivas e as relações afetivas. Ele destaca a importância das percepções, emoções e relações pessoais na construção e vivência do espaço.

Harvey concentra-se nas relações econômicas e na influência do capitalismo no espaço. Ele destaca como a lógica do capital molda a organização espacial, resultando em desigualdades socioespaciais. Soja, por sua vez, enfoca a importância das representações e das dicotomias no espaço. Ele busca desafiar as visões binárias e propor uma compreensão mais complexa e híbrida do espaço geográfico.

Santos, em suas análises, prioriza as desigualdades socioespaciais e as territorialidades. Ele enfatiza como as estruturas sociais e as relações de poder influenciam a produção do espaço e contribuem para a reprodução das desigualdades.

Essas diferenças refletem as preocupações e contextos teóricos específicos de cada autor. Enquanto alguns se concentram nas estruturas econômicas, outros exploram as dimensões subjetivas e afetivas do espaço. Apesar dessas divergências, todos esses autores contribuem para uma compreensão mais abrangente e crítica do espaço, enfatizando suas dimensões sociais, culturais e

políticas. Eles nos convidam a considerar o espaço como um campo de poder, luta, resistência e transformação, entendimento que foi adotado como base para a presente dissertação.

2.2 A HIDROGEOGRAFIA E A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Os recursos hídricos desempenham um papel fundamental na sustentabilidade do planeta e no bem-estar humano. A hidrogeografia é um campo de estudo interdisciplinar que investiga a distribuição, a qualidade e a utilização da água em suas diferentes formas e processos na superfície da Terra (Estêvez, 2016).

A água é um recurso natural precioso e essencial para a sobrevivência de todos os seres vivos. Ela está presente em rios, lagos, aquíferos subterrâneos, oceanos e na atmosfera (Porto-Gonçalves, 2012). A hidrogeografia busca entender a dinâmica dessas fontes de água, como elas interagem entre si e como são influenciadas pelos fatores físicos, humanos e ambientais (Estêvez, 2016).

2.2.1 Hidrologia, Hidrogeologia e Hidrogeografia: aspectos essenciais

Hidrologia é o estudo científico da água em seus diferentes aspectos, abrangendo sua ocorrência, distribuição, circulação, propriedades físicas e químicas, além dos processos que a envolvem na Terra. É um campo interdisciplinar que combina conhecimentos de geologia, meteorologia, climatologia, engenharia civil e ambiental, entre outras áreas. A hidrologia analisa a quantidade e a qualidade da água disponível em uma determinada região, bem como os processos de transporte e armazenamento da água nos diversos componentes do ciclo hidrológico, incluindo precipitação, evaporação, infiltração, escoamento superficial, armazenamento e escoamento subterrâneo e interações com a vegetação e o solo (Santos, 1997).

Os hidrólogos utilizam ferramentas como medições, modelagem matemática e tecnologias de sensoriamento remoto para coletar dados e entender os padrões e as dinâmicas dos recursos hídricos, desempenhando um papel fundamental na gestão sustentável e no planejamento dos recursos hídricos. A compreensão dos

princípios da hidrologia é essencial para o estudo dos recursos hídricos (Feitosa & Manoel, 2008).

Enquanto a hidrologia é um ramo da ciência que estuda as águas superficiais e subterrâneas da Terra, abrangendo sua distribuição, circulação, propriedades físicas e químicas, bem como os processos que as envolvem, por outro lado, a hidrogeologia concentra-se especificamente no estudo das águas subterrâneas, explorando sua distribuição espacial, características geológicas e hidroquímicas (Santos, 1997); já a hidrogeografia se dedica a investigar especificamente os aspectos geográficos das águas subterrâneas, como a sustentabilidade hídrica e o suprimento de água potável para as populações. Conforme pontuou por Smith (2021), os três campos são complementares e desempenham um papel fundamental na compreensão e na gestão dos recursos hídricos do planeta.

Um dos principais focos da hidrogeografia, de acordo com Chaves e Freitas (2021) é o estudo da distribuição dos recursos hídricos. Isso envolve mapear e analisar as diferentes quantidades de água disponíveis em diferentes regiões do mundo. Essas variações na disponibilidade de água podem ser influenciadas por fatores como o clima, a topografia, a vegetação e os padrões de precipitação. Compreender esses padrões favorece o planejamento adequado do uso da água, especialmente em regiões propensas a secas ou inundações.

Além da distribuição, a qualidade da água também é um aspecto estudado pela hidrogeografia. A poluição e a contaminação da água podem ter efeitos devastadores tanto para os ecossistemas aquáticos como para a saúde humana. Através de análises e monitoramento, os hidrogeógrafos identificam fontes de poluição, avaliam os impactos e desenvolvem estratégias de preservação e recuperação dos corpos d'água (Chaves e Freitas, 2021).

Silva (2020) lembram que cabe à hidrogeografia a tarefa de analisar os processos que ocorrem na superfície da Terra relacionados à água, como a erosão, o ciclo hidrológico e as interações entre a água e a paisagem. Esses processos são essenciais para moldar a geografia física de uma região e influenciar a formação de ecossistemas aquáticos. Simultaneamente, ao abordar a utilização da água em diversas esferas, como o consumo humano, práticas agrícolas, atividades industriais, geração de energia e sistemas de transporte, a hidrogeografia se apresenta como um componente relevante para a gestão eficaz desses usos.

Contribuir para a possível garantia da disponibilidade contínua de recursos hídricos destinados às necessidades humanas e para a potencial mitigação dos impactos ambientais associados.

Sobre a disponibilidade de água doce enquanto tema, Porto-Gonçalves (2012), afirma que a escassez de água, ou a ideia de escassez, é uma questão global que requer atenção e ação imediatas. Em sua obra "A Globalização da Natureza e a Natureza da Globalização", o autor retrata sua análise quanto aos problemas e desafios enfrentados pelos recursos hídricos em diferentes regiões do mundo e sua relação com o sistema econômico que estamos inseridos.

Nos últimos anos, estudos acadêmicos têm destacado uma série de problemas, desafios e conflitos relacionados aos recursos hídricos em diversas regiões do mundo. Pesquisas como as de Vörösmarty *et al.* (2020), Mishra *et al.* (2021) têm apontado para a possível escassez hídrica, principalmente pelo aumento da demanda por água através do crescente desenvolvimento industrial e o modo capitalista, bem como a degradação da qualidade da água devido à contaminação por poluentes.

Adicionalmente, os impactos da mudança climática contribuem para os desafios relacionados à gestão hídrica, particularmente por meio de eventos extremos, como secas prolongadas e precipitações intensas, exercendo influência sobre a disponibilidade e distribuição dos recursos hídricos. Tais estudos ressaltam a importância da gestão dos recursos hídricos, envolvendo a implementação de políticas efetivas, a participação da comunidade e o uso de tecnologias avançadas para garantir a disponibilidade e o acesso à água de forma equitativa e sustentável.

2.2.2 Os recursos Hídricos: conceito e contexto brasileiro

Em 1992, a UNESCO definiu os recursos hídricos enquanto todas as fontes de água doce, tanto superficiais quanto subterrâneas, que são acessíveis para uso humano e utilizadas para satisfazer necessidades econômicas, sociais e ambientais. Os recursos hídricos incluem a água disponível em rios, lagos, reservatórios, aquíferos; a água da chuva; e também a água armazenada em forma de gelo e neve nas regiões polares e montanhas. No ano seguinte, Gleick (1993), de modo complementar, define que os recursos hídricos são os suprimentos disponíveis de

água doce, como recursos essenciais para atender às necessidades humanas, como consumo doméstico, agricultura e indústria, além de desempenharem um papel fundamental nos ecossistemas e no equilíbrio do ciclo hidrológico.

Autores contemporâneos como Silva *et al.* (2019), também entendem que recursos hídricos se referem às fontes de água doce disponíveis em uma determinada região, incluindo rios, lagos, aquíferos e águas subterrâneas. Em seus estudos, tais autores enfatizam que esses recursos são de fundamental importância para suprir as demandas humanas, como abastecimento público, agricultura, indústria e geração de energia, além de desempenharem um papel vital nos ecossistemas naturais.

Embora existam uma infinidade de definições, os diferentes autores destacam a importância dos recursos hídricos como fonte vital de água doce e sua relevância para os diversos usos humanos, considerando-se, por conseguinte, a necessidade de uma gestão adequada e sustentável desses recursos para garantir sua disponibilidade para as gerações presentes e futuras.

No que tange ao contexto brasileiro, conforme a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), os desafios são significativos e demandam atenção especial. O país, conhecido por possuir uma abundância de recursos hídricos, tem sido afetado por problemas como escassez, degradação da qualidade da água e pressões crescentes sobre os ecossistemas aquáticos. A saber, a ANA é um órgão, até então vinculado ao Ministério do Desenvolvimento Regional¹ e tem um papel fundamental na implementação dessas políticas e na coordenação das ações relacionadas aos recursos hídricos, incluindo aquíferos. Ela é responsável por promover a gestão integrada dos recursos hídricos em nível nacional e apoiar os estados e comitês de bacias na implementação de planos de gestão (ANA, 2020).

Para Silva *et al.* (2021) uma das questões mais urgentes é a escassez hídrica, que afeta várias regiões do país. Mudanças climáticas, padrões de chuva irregular e a falta de planejamento adequado têm contribuído para a diminuição das reservas de água. Estados como São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, assim como a região oeste de Santa Catarina, têm enfrentado períodos de seca severa, resultando em racionamento de água, impactos na agricultura e escassez para uso doméstico e industrial.

¹ O governo federal propôs, em 2023, a volta de sua vinculação ao Ministério do Meio Ambiente, mas a proposição foi rejeitada no Congresso Nacional.

Além da escassez, a qualidade da água também é uma preocupação. O despejo inadequado de resíduos industriais, agroquímicos e esgoto doméstico em rios e lagos tem causado a degradação da água, afetando a saúde pública e os ecossistemas aquáticos. A poluição hídrica compromete a disponibilidade de água potável e prejudica a vida aquática, impactando a biodiversidade e o equilíbrio dos ecossistemas (ANA, 2020).

Silva *et al.* (2021) apontam, ainda, a necessidade de melhorar a gestão dos recursos hídricos a partir de uma legislação mais assertiva. O Brasil possui uma estrutura legal e institucional robusta, com a Lei das Águas (Lei nº 9.433/97) e a atuação das Agências de Bacias Hidrográficas, no entanto, é fundamental fortalecer a implementação efetiva dessas políticas, promovendo a participação da sociedade, a integração entre os diferentes setores e a adoção de práticas sustentáveis de uso da água.

Por uma perspectiva positiva, os autores supracitados lembram que é importante ressaltar que, apesar dos desafios, o Brasil possui um imenso potencial para a gestão sustentável dos recursos hídricos. Com a implementação adequada das políticas e o engajamento de todos os setores da sociedade, é possível garantir a disponibilidade de água de qualidade para as necessidades presentes e futuras, preservando os ecossistemas e promovendo o desenvolvimento sustentável do país. Assim, de modo a enfrentar esses desafios, é necessário investir em infraestrutura hídrica, como sistemas de tratamento de água e esgoto, ampliação de reservatórios e redes de distribuição. Além disso, é fundamental fomentar o uso consciente e eficiente da água, promovendo a educação ambiental e incentivando práticas de conservação e reuso.

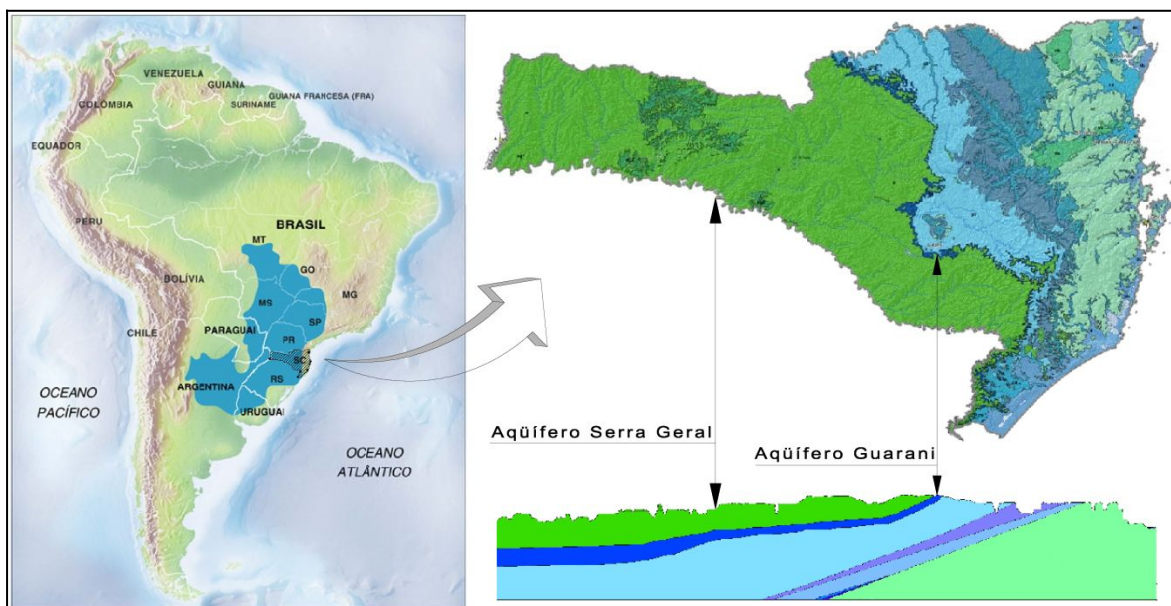
2.2.30 Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral - SAIG/SG

A denominação “Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG)” foi estabelecida por Scheibe & Hirata (2008) devido à considerável sobreposição desses dois sistemas aquíferos, suas possíveis interconexões e a viabilidade de tratá-los como uma unidade de gestão no âmbito da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos. Além da convergência física entre os sistemas aquíferos, essa abordagem unificada do SAIG/SG como uma unidade integrada de gestão destaca não apenas

a interconexão física, mas também a sinergia necessária para lidar com as crescentes demandas sobre os recursos hídricos de maneira sustentável.

O Sistema Aquífero Guarani (SAG), conta com uma extensão regional de cerca de 1.200.000 km², e muitas vezes é considerado homogêneo (Soares, 2008), mas a realidade é que ele é dividido em diversas partes, permitindo não apenas o contato de topo, mas também lateral com o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), conforme a figura 1 abaixo. Portanto, devido à complexa compartimentação tectônica presente nesses sistemas, torna-se imprescindível a abordagem integrada no estudo dos mesmos (Scheibe & Hirata, 2008; Descovi Filho, 2015).

Figura 1: Localização do SAIG/SG, mapa e perfil hidrogeológico do Estado de Santa Catarina.



Fonte: (SCHEIBE *et al.*, 2013).

Ainda sobre as interconexões, outras evidências consideradas estão nas descrições dos autores Freitas *et al.*, (2003), acerca dos fluxos horizontais e verticais:

A presença de águas bicarbonatadas tão distantes da área de recarga em afloramento sugere a existência de recarga através do aquífero fraturado confinante. A mistura de águas deste aquífero com o subjacente dá-se através de fraturamentos associados às zonas onde o nível potenciométrico do aquífero poroso é menor do que o do aquífero fraturado (Freitas *et al.*, 2003, p. 79)

Essa temática também foi observada em outras pesquisas, tais como as de Nanni (2008), cuja análise tectônica demonstrou relação com as condições hidroquímicas identificadas, reconhecendo um padrão na mistura das águas do SASG com as do SAG. Ademais, o Projeto Sistema Aquífero Guarani – PSAG, também considerou essa conexão hidráulica entre esses sistemas (OEA, 2009). No estado do Paraná, Portela Filho *et al.* (2005) sugerem essa abordagem também, após um abrangente estudo das feições estruturais e das características geoquímicas das águas de poços na área do Arco de Ponta Grossa. A figura 2, abaixo, mostra a localização desses dois sistemas aquíferos:

Figura 1 – Localização do SAIG/SG



Fonte: (OEA, 2009)

Em suma, os estudos sobre as conexões hidráulicas entre esses sistemas, que surgem devido à configuração geotectônica da Bacia do Paraná e à presença de falhas de grande escala, estabelecem um elo entre ambos. E assim, passam a constituir o “Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral” (SAIG/SG) (Scheibe; Hirata, 2008). Nesse contexto, para um entendimento mais aprofundado das considerações, é pertinente preliminarmente uma descrição separada de cada um desses sistemas aquíferos.

2.2.3.1 O Sistema Aquífero Guarani (SAG)

O Sistema Aquífero Guarani é considerado, isoladamente, um dos mais importantes reservatórios de água doce subterrânea do mundo. Localizado na América do Sul, abrange partes dos territórios do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina, sendo considerado um recurso hídrico transfronteiriço de grande relevância para esses países. Conforme dito anteriormente, o SAG possui área de cerca de 1.2 milhões de km², dos quais aproximadamente 61,65% (em torno de 735.918 km²) fazem parte do território brasileiro. Ademais, conta com uma espessura que pode variar de algumas dezenas a poucas centenas de metros em algumas regiões (OEA, 2009).

O SAG é definido como um aquífero poroso e é constituído majoritariamente por arenito, como documentado por Rebouças (1994). Essa designação refere-se a uma sucessão estratificada, notadamente constituída por sedimentos arenosos eólicos, que compunham um deserto extenso no interior do supercontinente de Gondwana, denominado Deserto de Botucatu.

As areias do então deserto originaram o Arenito Botucatu: a rocha formada possui consistência porosa, característica que fornece a capacidade de armazenar água, e, portanto, configura o que é conhecido hoje como Sistema Aquífero Guarani (Scheibe; Buss; Furtado, 2010). Durante o processo de separação entre os atuais continentes África e América do Sul, o magma basáltico que formou o fundo do Oceano Atlântico espalhou-se em derrames sucessivos sobre as areias desse deserto, consolidando-as e originando o Grupo Serra Geral que o recobre quase integralmente (Machado, 2005). O SAG, por ser um aquífero poroso, tem tendência

de maior vulnerabilidade à contaminação em suas zonas de afloramento (Wolkmer, 2008).

No Brasil, tal sistema aquífero é compartilhado pelos estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (OEA, 2009). A presença deste manancial subterrâneo tem servido ao abastecimento desde meados do século XVIII, conforme pontuou Rebouças (1994). Cabe frisar que essa condição é válida até os dias de hoje, dado que o SAIG/SG constitui uma das principais fontes de águas subterrâneas das regiões oeste de Santa Catarina e Paraná, além do norte-noroeste do Rio Grande do Sul. Reitera-se que, quanto ao estado de Santa Catarina, o SAIG/SG cobre cerca de 50% de seu território, de modo que, até setembro de 2023, encontravam-se cadastrados cerca de 8.259 poços no SASG e mais 89 poços no SAG (Cardoso, 2007; SIAGAS/CPRM, 2023³).

O nome "Guarani" faz referência ao povo indígena que habita a região de abrangência do aquífero. Formado principalmente por rochas areníticas, o SAG é considerado um sistema aquífero poroso, com características herdadas de sua formação a partir da litificação das areias das dunas de um grande deserto² abrangendo a porção central do antigo continente de Gondwana, cuja separação deu origem ao Oceano Atlântico e à África e à América do Sul (Rosa Filho, 2011). A água presente nesse reservatório subterrâneo é em sua maior parte de alta qualidade, sendo classificada como água doce e, portanto, potencialmente utilizável para abastecimento humano e outras atividades, embora haja ressalvas, por exemplo em Santa Catarina, onde suas características hidroquímicas apresentam-se mais bicarbonatadas (OEA, 2009; Stallbaum *et al.*, 2018).

As rochas areníticas são rochas sedimentares formadas pela deposição de grãos de areia ao longo do tempo, em ambientes aquáticos, como rios, lagos e mares, ou continentais, como dunas e desertos. Essas rochas são constituídas principalmente de minerais como quartzo, feldspato, mica e outros silicatos (Borghetti *et al.*, 2004). A natureza porosa e permeável das rochas areníticas torna-as excelentes reservatórios, pois têm a capacidade de armazenar água em seus espaços vazios (poros) e permitir sua movimentação através deles. Essa

² Conhecido no Brasil como "Deserto de Botucatu".

³ disponível em: <https://siagasweb.sgb.gov.br>

característica é essencial para o funcionamento do Aquífero Guarani como uma grande reserva de água subterrânea (Santa Catarina, 2015).

Em cerca de 90% de sua extensão, o SAG está recoberto por um manto de rochas basálticas, formadas pela solidificação do magma vulcânico (Facco *et al.*, 2018). Elas são compostas principalmente de minerais como olivina, piroxênio, feldspato e plagioclásio. Ao contrário das rochas areníticas, as rochas basálticas são menos porosas e geralmente apresentam uma menor capacidade de armazenamento de água. No entanto, sua permeabilidade pode variar dependendo da presença de fraturas e fissuras, que permitem a infiltração e movimentação da água no aquífero, bem como sua intercomunicação com os arenitos subjacentes (ANA, 2015).

É a combinação dessas rochas areníticas e basálticas que torna o SAIG/SG um sistema geológico complexo e heterogêneo. A presença de camadas de rochas permeáveis, como as areníticas, permite a acumulação de água subterrânea em grandes quantidades. Por outro lado, as camadas basálticas podem atuar como barreiras ou limitar a movimentação da água em determinadas áreas (Corte & Santin, 2013).

Essa heterogeneidade hidrogeológica também influencia a recarga do aquífero, ou seja, a entrada de água no sistema. As rochas areníticas, com maior capacidade de armazenamento, tendem a receber mais água das chuvas e contribuem significativamente para a recarga do aquífero. Já as rochas basálticas, com menor porosidade, podem limitar a recarga em algumas regiões, tornando a gestão do aquífero ainda mais complexa (Cardoso *et al.*, 2007; Corte e Santin, 2013).

A profundidade do SAG também varia consideravelmente em diferentes regiões (RGSG, 2020; OEA, 2009). Em algumas áreas, o aquífero pode estar na ou próximo à superfície, com poucas centenas de metros de profundidade, enquanto em outras regiões pode atingir mais de mil e quinhentos metros de profundidade. Essa variação na profundidade influencia a acessibilidade e a viabilidade econômica da exploração desse aquífero para abastecimento de água e outras atividades humanas (Leite, 2018). Diante disso, a questão dos autores Freitas e Machado (2001) se faz pertinente e nos convida a pensar “será que existe realmente ‘Um’ Aquífero Guarani?” (Freitas & Machado, 2001).

Devido ao seu tamanho e potencial hídrico, o SAG apresenta grande importância para o abastecimento de água em várias regiões dos países que o compartilham. Este aquífero é, portanto, uma fonte estratégica para o fornecimento de água para populações urbanas, áreas rurais e atividades industriais e agrícolas. Sua relevância econômica e social é perceptível, uma vez que contribui para a segurança hídrica e o desenvolvimento sustentável dessas nações. No entanto, apesar de sua grande capacidade de armazenamento de água, o Aquífero Guarani vem sendo alvo de preocupações dos pesquisadores (Hirata & Suhogusof, 2019; Talarolli, 2022).

Estudos recentes evidenciam que são fundamentais ações de monitoramento contínuo para compreender melhor a dinâmica do aquífero e garantir sua sustentabilidade. Além disso, iniciativas de conservação, reuso de água e recarga artificial devem ser consideradas para manter o equilíbrio entre as retiradas de água e a recuperação dos níveis de água subterrânea.

Ressalta-se que esse sistema está capeado pelas rochas vulcânicas que constituem o SASG em cerca de 90% de sua área total (Scheibe; Hirata, 2008). Por conta dessas características observa-se a importância do estudo integrado entre o SAG e o SASG, uma vez que a conectividade entre eles, proveniente de grandes fraturas e falhamentos, permite o fluxo descendente e ascendente das águas através dos sistemas (RGSG, 2020; Descovi Filho, 2016).

2.2.3.2 O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG)

De acordo com Rebouças (1978), o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) é categorizado como um sistema fraturado e instável, resultando em um aquífero heterogêneo e anisotrópico. Nessa mesma perspectiva, Nanni (2008) descreve que o SASG evolui ao longo de fraturas e descontinuidades, destacando as características das zonas de interderrames que compõem os basaltos vesiculares e amigdaloidais, bem como as zonas de disjunção horizontal. O autor ainda enfatiza que quando essas feições são atravessadas por zonas de fraturas, ocorre uma conexão entre elas, permitindo o armazenamento de quantidades significativas de água subterrânea.

Segundo Freitas *et al.* (2003), as propriedades do SASG apresentam variações de acordo com a dimensão das fraturas, o agrupamento delas e outras descontinuidades presentes. Em relação aos fluxos horizontais e verticais, os mesmos autores explicam que:

Logo acima da zona vítrea encontra-se a zona de disjunção horizontal, caracterizada pelo fraturamento em planos horizontais bem definidos, com intervalos de alguns centímetros, que direcionam o fluxo da água subterrânea de forma horizontal. Essa configuração é frequente nas unidades de natureza ácida, como as do Tipo Chapecó e do Tipo Palmas/Caxias. (Freitas *et al.*, 2003, p. 64)

Por sua vez, a percolação vertical de água, que ocorre geralmente em camadas espessas e relativamente inalteradas, especialmente nos basaltos das sequências inferior e superior, recarrega as fraturas horizontais

O Sistema Aquífero Serra Geral, que recobre a maior parte do SAG, é um importante reservatório subterrâneo de água presente na região sul do Brasil. Ele remonta aos derrames de extensas camadas de basalto ocorridos há aproximadamente 130 milhões de anos, durante o período Cretáceo, um período geológico marcado por intensa atividade vulcânica. (Scheibe & Furtado, 1986; Severgnini *et al.*, 2021). Sendo considerado um aquífero fraturado e formado por rochas vulcânicas, como basaltos e derrames ácidos associados. É considerado o principal reservatório de águas subterrâneas para uso nas regiões sudeste, centro-oeste e oeste de Santa Catarina (Descovi Filho *et al.*, 2016). É um sistema aquífero que está em contato direto com a superfície e sujeito a ameaças à qualidade de sua água, advindas de esgotos urbanos, da agroindústria, da monocultura e da suinocultura, entre outras formas de uso do solo (Wolkmer *et al.*, 2008; Ministério do Meio Ambiente, 2007).

Essas lavas basálticas fluíram e se espalharam pela superfície, constituída pelas dunas do Deserto de Botucatu. À medida que essas lavas esfriavam e se solidificavam, formaram camadas de rochas basálticas, que têm propriedades físicas e químicas distintas das rochas sedimentares. Uma característica fundamental dessas rochas basálticas é sua natureza impermeável. As lavas basálticas, ao solidificarem-se, criaram uma camada que age como uma barreira parcial para a água das chuvas, impedindo sua rápida infiltração até o arenito, sendo, no entanto, apenas parcialmente impermeável, devido a fraturas tectônicas e outras,

relacionadas ao processo de resfriamento da rocha, formando, assim, uma reserva aquífera subterrânea significativa conhecida como Sistema Aquífero Serra Geral (VIERO *et al.*, 2021).

A estrutura do Aquífero Serra Geral é complexa e varia em espessura, sendo que em algumas regiões pode chegar a centenas de metros. A distribuição desigual das camadas de basalto e a presença de fraturas e falhas geológicas influenciam a capacidade de armazenamento e a recarga do aquífero em diferentes áreas. Diante disso, o SASG e o SAG, são encarados no Projeto da Rede Guarani/Serra Geral como característica importante para o surgimento de uma proposta de gestão integrada das águas do que veio a ser denominado Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (REDE GUARANI/SERRA GERAL, 2020).

2.2.4A gestão e a governança de recursos hídricos em aquíferos

A gestão e governança dos recursos hídricos em aquíferos são temas de extrema importância para garantir a sustentabilidade e a disponibilidade de água doce em diversas regiões do mundo. Aquíferos são reservatórios subterrâneos de água que desempenham um papel fundamental no suprimento de água potável e na manutenção do equilíbrio hídrico de bacias hidrográficas (Stefano *et al.*, 2018). Desse modo, a gestão adequada dos aquíferos envolve a compreensão de sua dinâmica, recarga e esgotamento, bem como o monitoramento constante da qualidade da água. Para tal, é fundamental a importância da cooperação entre governos, comunidades locais e especialistas em recursos hídricos para desenvolver planos de manejo eficientes e sustentáveis para esses recursos subterrâneos (Foster *et al.*, 2019).

Determinados aquíferos se destacam como reservatórios hídricos seguros, especialmente quando consideramos o papel que desempenham no abastecimento de água potável para populações urbanas e rurais. Em muitas regiões, esses recursos subterrâneos têm sido uma fonte estratégica e confiável de água, frequentemente em épocas de escassez ou secas prolongadas (Foster *et al.*, 2019).

Estudos como os realizados por Hoffmann *et al.* (2017), no âmbito do projeto RGSG, e por Stefano *et al.* (2018), ressaltam que, além do fornecimento de água potável, os aquíferos também têm um papel fundamental na manutenção do

equilíbrio hídrico das bacias hidrográficas. Eles atuam como reguladores naturais, armazenando água durante períodos de chuva abundante e liberando-a gradualmente durante os períodos secos, garantindo o fluxo constante dos rios e a manutenção dos ecossistemas aquáticos. Esse papel de amortecedor hidrológico é essencial para a preservação da biodiversidade e para a resiliência dos sistemas hídricos diante das variações climáticas.

Os autores supracitados lembram que, apesar da sua importância, os aquíferos também enfrentam desafios e ameaças. O uso excessivo e não sustentável dessas reservas subterrâneas pode levar à sua exploração inadequada e à redução dos níveis de água, resultando em problemas como subsidência do solo, intrusão salina e degradação da qualidade da água. A falta de monitoramento adequado e a ausência de planos de gestão eficientes podem levar a conflitos entre diferentes usuários e à sobre-exploração dos aquíferos.

Foster *et al.* (2019), enfatizam como a gestão adequada dos recursos hídricos em aquíferos requer a implementação de políticas e práticas que considerem a conservação dos aquíferos e o uso sustentável da água. O envolvimento de diferentes atores, como governos, comunidades locais, empresas e especialistas em recursos hídricos, é fundamental para promover uma governança efetiva e transparente desses recursos subterrâneos. A adoção de técnicas de recarga artificial de aquíferos e a promoção de práticas de conservação e reuso de água também são estratégias essenciais para a preservação dessas fontes vitais de água doce.

Ao adentrar nesse assunto, é fundamental trazer o conceito de Governança. De acordo com Gleeson *et al.* (2015), ela refere-se à forma como as decisões são tomadas e implementadas em relação aos recursos hídricos subterrâneos. Os autores apontam que uma governança efetiva deve ser baseada em princípios de transparência, participação pública, equidade e sustentabilidade. A colaboração entre diferentes setores da sociedade, incluindo governos, empresas, comunidades locais e especialistas, é necessário para a gestão adequada e equitativa dos aquíferos.

Para alcançar uma governança efetiva dos aquíferos, é fundamental baseá-la em princípios. A transparência é um desses princípios essenciais. Isso significa que todas as informações relacionadas aos aquíferos, incluindo dados sobre a quantidade e qualidade da água, devem ser acessíveis e compreensíveis para todos

os interessados. A transparência promove a confiança e a prestação de contas, permitindo que as decisões sejam tomadas de forma informada e aberta (Gleeson *et al.*, 2015).

A participação pública refere-se à colaboração e ao envolvimento ativo de diferentes setores da sociedade, incluindo governos, empresas, comunidades locais e especialistas, que são cruciais para uma governança inclusiva e equitativa. Ela permite que diversas perspectivas e necessidades sejam consideradas no processo de tomada de decisões, tornando-as políticas mais adaptadas e representativas. Por sua vez, a equidade é outro princípio importante da governança dos aquíferos. Isso significa que o acesso à água subterrânea e seus benefícios deve ser distribuído de forma justa e igualitária entre diferentes usuários e grupos sociais. A equidade é especialmente relevante em regiões onde os aquíferos são compartilhados por diversas comunidades ou onde há disputas pelo uso da água (Gleeson *et al.*, 2015).

Já a sustentabilidade é um princípio essencial para a governança efetiva dos aquíferos. Isso implica em adotar práticas de gestão que garantam a disponibilidade contínua de água subterrânea para as gerações presentes e futuras. A sustentabilidade exige a adoção de estratégias de conservação, reuso de água e recarga artificial dos aquíferos, além de promover a proteção das áreas de recarga e das nascentes (Gleeson *et al.*, 2015).

No contexto brasileiro, importante enfatizar que a gestão de aquíferos tem sido objeto de estudos e políticas específicas. A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97) e a Política Nacional de Águas Subterrâneas (Lei nº 9.984/2000) são instrumentos que visam promover a gestão integrada e sustentável desses recursos no país. A Lei nº 9.433/97 é um marco regulatório que estabelece os princípios, diretrizes e instrumentos para a gestão dos recursos hídricos no Brasil. Ela promove a descentralização do poder decisório, incentivando a participação da sociedade e a criação de comitês de bacias hidrográficas, onde representantes de diferentes setores discutem e definem ações para a gestão integrada dos recursos hídricos, incluindo aquíferos. Essa abordagem participativa e colaborativa é fundamental para envolver todas as partes interessadas nas decisões relacionadas à água subterrânea (ANA, 2020).

A Lei nº 9.984/2000 é uma legislação complementar que visa especificamente à gestão e ao uso das águas subterrâneas. Essa política reconhece a importância estratégica dos aquíferos e estabelece diretrizes para a sua proteção,

uso sustentável e recarga. Ela promove a integração das águas subterrâneas com as águas superficiais, reconhecendo a interconexão entre os sistemas hidrológicos e a importância de considerar ambos em conjunto.

Por fim, importante salientar o já destacado por Stefano *et al.* (2018), quando os autores lembram que interconexão entre as águas subterrâneas e superficiais é um aspecto necessário para o ciclo hidrológico. As águas subterrâneas alimentam rios e lagos durante períodos de estiagem, fornecendo um fluxo constante para esses corpos d'água mesmo quando não há chuvas significativas. Da mesma forma, os rios podem contribuir para a recarga de aquíferos durante as épocas de cheia, quando as águas extravasam para as áreas alagadas e penetram no solo.

Assim, uma abordagem integrada para a gestão dos aquíferos reconhece essa interdependência entre as águas subterrâneas e superficiais, além da interação entre eles, buscando equilibrar as demandas humanas com as necessidades dos ecossistemas aquáticos. A exploração excessiva dos aquíferos, sem considerar a recarga natural, pode levar à diminuição dos níveis de água subterrânea, afetando negativamente os rios e lagos alimentados por eles. Da mesma forma, a gestão inadequada dos rios pode resultar na degradação da qualidade da água subterrânea (Stefano *et al.*, 2018).

Adotar estratégias que considerem a interconexão entre os sistemas hidrológicos é fundamental para evitar conflitos entre os usuários da água e garantir uma gestão mais eficiente e sustentável. Isso requer uma avaliação abrangente dos recursos hídricos em uma escala de bacia hidrográfica, envolvendo todos os atores interessados na tomada de decisões (Rodrigues *et al.*, 2019)

Essa abordagem integrada também é relevante para a proteção dos ecossistemas aquáticos. A manutenção de um fluxo adequado de água em rios e lagos é fundamental para preservar a biodiversidade e a saúde dos ecossistemas aquáticos, além de garantir a oferta de serviços ecossistêmicos, como a purificação da água e a manutenção da fertilidade do solo. Logo, uma compreensão mais abrangente e holística é fundamental para uma gestão efetiva dos recursos hídricos e para a proteção dos sistemas hidrológicos e ecossistemas em face dos desafios globais de escassez hídrica e mudanças climáticas (Rodrigues *et al.*, 2019).

3 METODOLOGIA DO ESTUDO

De acordo com Marconi e Lakatos (2019), para cada pesquisa emprega-se um método adequado para realizá-la, que dependerá do tipo de pesquisa em questão. Ainda, de acordo com essas autoras, para um bom trabalho de pesquisa, além do conhecimento teórico, se faz necessária a percepção do pesquisador de forma sensível e humanitária. Assim, os procedimentos metodológicos que aqui serão utilizados na discussão do tema da presente dissertação, contemplam inicialmente a revisão narrativa – e tal método de estudo com base nos princípios e técnicas de abordagem bibliográfica vem ganhando forças nos últimos quinze anos, e na atualidade são realizados nas diversas áreas do conhecimento, de acordo com Pinheiro (2018).

3.1 TIPO DA PESQUISA

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura. Desse modo, é uma abordagem metodológica utilizada na pesquisa acadêmica para analisar e sintetizar estudos pré-existentes sobre um determinado tema. Ao contrário da revisão sistemática, que segue um protocolo estruturado e rigoroso para seleção e avaliação dos estudos, a revisão narrativa permite uma abordagem mais flexível e interpretativa, enfocando a construção de uma narrativa coerente a partir dos achados dos estudos incluídos (Sousa *et al.*, 2018).

Portanto, é fundamental ressaltar que a revisão narrativa da literatura permite uma abordagem interpretativa e subjetiva, o que requer uma atenção especial à transparência e objetividade na condução da pesquisa. Logo, conforme mencionado por Pinheiro (2018) é importante que o pesquisador esteja ciente das limitações e potenciais vieses inerentes a essa abordagem e assegure uma rigorosa avaliação dos estudos incluídos.

Tomando-se por base Sousa *et al.* (2018), a metodologia deste estudo foi organizada nas sete seguintes etapas: Identificação do objetivo da revisão; Seleção dos estudos; Análise dos estudos; Organização e síntese dos resultados; Entrevistas complementares; Discussão e conclusões.

A metodologia adotada neste estudo baseou-se em uma abordagem qualitativa, empregando técnicas de análise de conteúdo. A análise de conteúdo é um método sistemático e objetivo que permite a identificação e interpretação de padrões, temas e conexões dentro dos dados coletados (Elo & Kyngäs, 2008). Segundo Bardin (2016), a análise de conteúdo envolve a codificação e categorização dos dados, permitindo a compreensão aprofundada dos fenômenos estudados.

A metodologia empregada envolveu, pois, a utilização de diferentes fontes de dados e a aplicação de técnicas de análise de conteúdo. A aplicação da análise de conteúdo permitiu uma revisão aprofundada de temas emergentes nos estudos selecionados, com o desenvolvimento de uma linha do tempo, fornecendo uma compreensão dos avanços científicos sobre os Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina.

A criação de linhas do tempo tem sido amplamente reconhecida como uma ferramenta importante para a análise da evolução da pesquisa científica (Santos; Horta, 2016). Ao permitir a visualização dos principais marcos e descobertas em uma área ao longo do tempo, as linhas do tempo ajudam a contextualizar as descobertas mais recentes e identificar lacunas na pesquisa que ainda precisam ser preenchidas. Dessa forma, a construção de linhas do tempo pode auxiliar pesquisadores a entender melhor a evolução do conhecimento em um campo específico e as implicações disso para o avanço da pesquisa científica.

Compreende-se que o propósito de desenvolver uma linha do tempo é permitir a visualização e análise da evolução do conhecimento e das descobertas ao longo do tempo, bem como colaborar na organização do progresso científico e viabilizar a identificação de relações e influências entre eventos e estudos diferentes. Além disso, ajuda a compreender como as descobertas passadas influenciaram as atuais e como elas se relacionam com as tendências atuais e futuras da ciência.

A seguir, são evidenciados detalhadamente os procedimentos utilizados em cada etapa metodológica.

3.2 FONTE DE DADOS

As principais fontes de dados utilizadas neste estudo foram artigos científicos, livros, relatórios de projetos que trabalharam sobre o tema, dissertações e teses. A seleção das fontes foi baseada em critérios de relevância, qualidade e atualidade, visando obter informações atualizadas e confiáveis sobre os Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina. Foram consultadas bases de dados acadêmicas, como a Scopus e a Web of Science, para acessar artigos científicos publicados em periódicos especializados.

Além disso, foram analisadas dissertações e teses disponíveis em repositórios online de universidades. A diversidade de fontes utilizadas permitiu uma abordagem abrangente e aprofundada sobre o tema, enriquecendo a análise e as discussões realizadas. Conforme trazido por Sousa *et al.* (2018), para essa etapa fez-se necessário a seleção dos estudos e a inclusão destes de forma sistemática, registrando-se os critérios de seleção e os motivos de exclusão.

3.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os procedimentos de coleta de dados foram realizados de forma sistemática e organizada. Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico nas bases de dados acadêmicas utilizando palavras-chave relacionadas aos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina. Foram selecionadas obras que apresentassem informações relevantes para o estudo. As informações foram acessadas e revisadas, extraíndo-se os dados relevantes para a análise.

A pesquisa sobre o avanço científico em questão foi realizada com base em critérios de inclusão e exclusão, tendo como alicerce as metas 01 e 02 do projeto RGSG. Durante os anos de pesquisa, foi possível obter uma grande quantidade de dados que foram utilizados para o desenvolvimento deste estudo.

Durante o processo de coleta, algumas limitações foram encontradas, como a indisponibilidade de acesso a determinadas fontes ou a restrição do acesso a conteúdos específicos. No entanto, foram adotadas estratégias alternativas, como a busca por versões pré-print de artigos ou a solicitação de acesso aos autores. Esses

procedimentos garantiram a obtenção de um conjunto abrangente de dados para análise.

3.4 ORGANIZAÇÃO DA ANÁLISE DE CONTEÚDO

Uma vez que os estudos relevantes foram identificados, partiu-se para a leitura crítica e a análise deles. Durante essa fase, foram extraídas as informações-chave, como os principais achados, métodos utilizados, amostra e conclusões. Para tal, se fez uso de ferramentas, tais como mapas conceituais e quadros, de modo a auxiliar na síntese dos dados.

A análise de conteúdo foi a abordagem metodológica principal utilizada para analisar os dados coletados. Inicialmente, os dados foram organizados e categorizados de acordo com os temas e tópicos identificados. Em seguida, foi realizada a codificação dos dados, atribuindo-se uma organização em uma linha do tempo entre os anos de 2002 a 2020 para fontes selecionadas.

Para cada estudo citado na linha do tempo, foi feito um resumo que apresenta suas características e resultados que contribuíram no desenvolvimento de informações sobre os aquíferos. Frisa-se que tal organização permitiu a identificação de padrões, conexões e relações entre as informações, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada dos temas abordados nos estudos revisados. A interpretação dos dados foi realizada considerando a interação entre as diferentes fontes, buscando-se uma análise integrada e crítica. A análise de conteúdo foi fundamental para a identificação das principais descobertas, tendências e lacunas de conhecimento nos estudos pertinentes ao objetivo do presente trabalho.

3.5 ANÁLISE CRÍTICA

Durante a análise de conteúdo, foram considerados diferentes pontos de vista e argumentos apresentados nas fontes revisadas. A partir dessa análise crítica, foi possível identificar lacunas, contradições e possíveis vieses nas informações coletadas. Além disso, foram exploradas perspectivas teóricas e conceituais para fundamentar as conclusões e discussões apresentadas no estudo. A análise crítica contribuiu para uma abordagem mais reflexiva e embasada, assegurando a

consideração de diferentes perspectivas e enriquecendo a compreensão do SAIG/SG em Santa Catarina.

3.6 ENTREVISTAS

Com o propósito de enriquecer as abordagens vigentes do Projeto RGSG, foram conduzidas entrevistas com os pesquisadores Professor Dr. Luiz Fernando Scheibe e Dr. Luciano Augusto Henning. Essa iniciativa visa a compartilhar as perspectivas e direcionamentos futuros que nortearão o desenvolvimento do Projeto RGSG. Além disso, essa fase contribui substancialmente para situar o RGSG dentro de um ciclo evolutivo, oferecendo um panorama tanto histórico quanto prospectivo da trajetória do projeto.

A escolha de entrevistar tanto o coordenador do projeto, Professor Dr. Luiz Fernando Scheibe, quanto o Dr. Luciano Henning, é fundamentada por suas contribuições para o campo de estudo e ao Projeto RGSG. O Professor Dr. Luiz Fernando Scheibe detém um conhecimento significativo e uma visão abrangente sobre o projeto, sendo atualmente o coordenador responsável por sua condução e desenvolvimento. Sua expertise enriquece a compreensão das estratégias, desafios e metas do projeto.

Por outro lado, o Dr. Luciano Henning possui um histórico considerável de pesquisa e participação ativa no âmbito do RGSG, sendo inclusive investigador sobre a iniciativa (vide sua dissertação em 2013); sendo assim, capaz de agregar uma perspectiva complementar e enriquecedora ao diálogo. As opiniões e visões dos dois especialistas representam uma valiosa fonte de informação para delinear os rumos futuros do Projeto RGSG de maneira informada e embasada.

Entende-se, portanto que a entrevista, conforme Lüdke e André, “permite correções, esclarecimentos e adaptações que a torna sobremaneira eficaz na obtenção das informações desejadas”, nesse caso atualizadas (1994). Assim sendo, utilizou-se desse meio para trazer um panorama da situação atual e perspectivas sobre o projeto RGSG.

3.7 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Nesta etapa, os resultados da revisão narrativa são discutidos à luz do objetivo da pesquisa. As implicações teóricas, práticas e metodológicas dos achados são exploradas, levando em consideração as limitações dos estudos incluídos. Além disso, é fundamental apresentar uma síntese das principais conclusões e recomendações para pesquisas futuras.

Compreende-se que a visualização da síntese dos dados na linha do tempo contribuiu para uma visão mais abrangente e consistente do tema, possibilitando a identificação de convergências e divergências entre as fontes e fortalecendo a validade dos resultados obtidos.

3.8 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS E LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA

Durante a condução deste estudo, foram observadas e respeitadas considerações éticas relevantes. Um dos aspectos éticos fundamentais foi a citação apropriada das fontes utilizadas, garantindo o reconhecimento do trabalho de outros pesquisadores e evitando plágio. Além disso, foi mantida a confidencialidade dos dados utilizados para que as informações sensíveis ou identificáveis fossem devidamente protegidas. Também foi respeitado o direito autoral, buscando obter permissão adequada quando necessário para a utilização de materiais protegidos por direitos autorais. Essas considerações éticas foram fundamentais para manter a integridade da pesquisa e a transparência na utilização das informações coletadas.

Apesar dos esforços em seguir uma metodologia bem fundamentada, algumas limitações foram identificadas durante a aplicação deste estudo. Por exemplo, a seleção das fontes de dados, uma vez que foi necessário estabelecer critérios de seleção que poderiam introduzir vieses e limitar a representatividade das informações analisadas. Além disso, a subjetividade na análise de conteúdo também pode ter influenciado os resultados, uma vez que a interpretação dos dados depende da perspectiva do pesquisador.

Outra limitação foi a falta de acesso a determinadas informações, especialmente aquelas que não estavam disponíveis publicamente ou que estavam

restritas por motivos de confidencialidade, como dados sobre os poços. Essas limitações devem ser consideradas ao interpretar os resultados e suas conclusões.

3.9 CONSTRUÇÃO DA LINHA DO TEMPO E ANÁLISE DAS PUBLICAÇÕES

Por fim, partiu-se para a documentação de todas as etapas da revisão narrativa aqui realizada, apresentando-se, desde as estratégias de investigação até a síntese dos resultados. A elaboração da figura com a ordem cronológica entre as publicações e seus principais resultados foi feita através do software *Illustrator*, em que os dados previamente tratados foram inseridos e configurados de maneira a facilitar a visualização e divulgação da pesquisa científica.

Considerando o objetivo dessa pesquisa, também foram lançadas imagens e alguns mapas das pesquisas aqui referenciadas para uma melhor representação gráfica, além de evidenciar os produtos que foram desenvolvidos.

4 PRINCIPAIS PROJETOS SOBRE OS AQUÍFEROS GUARANI E SERRA GERAL: PROESC, PSAG, RGSG

Visando atingir a tal objetivo, inicialmente, identificou-se projetos, tanto a nível regional quanto internacional, que, por determinado período de tempo, analisaram a situação do Aquífero Guarani e Serra Geral. Nessa busca, encontraram-se 3 projetos. São eles: Projeto Oeste de Santa Catarina (PROESC), O Projeto Sistema Aquífero Guarani (PSAG) e Projeto Rede Guarani e Serra Geral (RGSG).

De modo a sistematizar as informações, a Tabela 1 aborda tais projetos.

Tabela 1 – Projetos que abordam os Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral

	ANOS	OBJETIVO	PRINCIPAL CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA	FONTE FINANCIADORA
PROESC	2003 -1996	Mapear os recursos hídricos subterrâneos da região oeste de SC a fim de identificar as características dos aquíferos da região, bem como analisar o armazenamento e qualidade e vulnerabilidade da água.	Identificaram os recursos hídricos subterrâneos da região com escala regional constatando áreas prioritárias para a proteção das águas, além de indicar os falhamentos de placas de basalto	CPRM e Governo de SC
PSAG	2003-2009	Criar um arcabouço de gestão para o aquífero Guarani, apoiando o manejo sustentável da água subterrânea na Argentina, no Brasil, no Paraguai e no Uruguai, países que o abrigam.	Apresentaram o SAG com uma perspectiva geral de sua extensão e gestão transfronteiriça, além de evidenciar como é lenta a movimentação das águas subterrâneas.	GEF Global Environment Facility (Fundo Mundial para o Meio Ambiente).
RGSG	2008- Atual	Seu objetivo é a produção de conhecimento compartilhado sobre a gestão sustentável das águas superficiais e subterrâneas, além da elaboração de um modelo jurídico legal e de gestão para o uso e conservação do SAIG/SG.	O desenvolvimento e investigação da estruturação geológica espacial dos terrenos que abrigam o SAIG/SG, revela sua compartimentação em porções menores, ademais, foram desenvolvidos mapas contendo a análise de vulnerabilidade natural	FAPESC e Governo Federal do Brasil, via Agência Nacional de Águas ANA; CNPq Caixa Econômica Federal.

			e risco à contaminação.	
--	--	--	-------------------------	--

Fonte: A autora (2023)

O Projeto Oeste de Santa Catarina (PROESC), realizado em colaboração entre o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e o Governo do Estado de Santa Catarina (Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente e Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina), apresenta, por meio do Relatório: “Diagnóstico dos recursos Hídricos Subterrâneos do Oeste de Santa Catarina” os resultados dos levantamentos geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos, hidroquímicos e de cadastramento de pontos de captação de água subterrânea em uma área de 22.500 km² que inclui as regiões hidrográficas Oeste de Santa Catarina e parte da Região Hidrográfica do Rio do Peixe. Para esta área, foram elaborados 16 mapas (escalas 1:250.000 e 1:500.000) que incluem informações geológicas, de produtividade de poços e hidroquímicas (Freitas, 2002); (Scheibe & Hirata, 2008).

No presente relatório constam as áreas identificadas e mapeadas em sete unidades litoestratigráficas relacionadas ao magmatismo da Serra Geral da Bacia do Paraná, incluindo basaltos, dacitos, ácidas e ocorrências minerais. Foram então cadastrados 2.839 poços tubulares, 101 captações de fontes e 12 poços escavados, totalizando 2.839 pontos de água. (Freitas et al., 2003) Entretanto, tais dados atualmente não representam mais a realidade, principalmente devido ao aumento do uso da água subterrânea na região. Nos registros do SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) consultados em agosto de 2023, há um total de 8.255 poços (CPRM/SIAGAS, Disponível em: <http://mapoteca.cprm.gov.br>)

Importante mencionar que entre ambos os aquíferos, dentro dos resultados do PROESC, o SASG foi o mais utilizado devido à sua acessibilidade, baixo custo de captação, e por atender a maior parte das comunidades rurais, indústrias e pequenos municípios da região quanto ao fornecimento de água, seja para consumo humano ou para abastecimento público (Freitas et al., 2003), como posteriormente confirmado pelo RGSG.

Os estudos hidroquímicos das águas subterrâneas da região trouxeram informações importantes para a comunidade em geral, e a fim de descrever sobre essas características de maneira a facilitar o entendimento do leitor, o PROESC

optou por dividir os poços analisados de acordo com a sua litologia, constando como:

- i. **Aquífero Fraturado:** o projeto coletou cerca de 178 amostras para as análises químicas e obteve como resultado diferentes níveis de sais, metais e outros elementos químicos, dependendo da região de onde foram coletadas. Ademais, os resultados mostraram que a maioria dos poços não apresentam restrições para o consumo humano. No entanto, em alguns casos, foram encontradas concentrações elevadas de sulfatos e cloretos, que podem produzir um gosto desagradável nas águas de consumo, além de serem purgativas, no caso de excesso de sulfatos e corrosivas pela presença de cloretos. Por sua vez, foram feitas análises bacteriológicas em 131 poços tubulares dos aquíferos do tipo fraturado para verificar a qualidade da água e a presença de coliformes fecais. Os resultados evidenciaram que mais de 56 deles continham a presença de tais coliformes, o que indica contaminação incipiente ou que ocorreram problemas de amostragem, devendo esses resultados serem tomados com reserva. Portanto, o relatório destaca que, apesar das condições adversas a que os aquíferos fraturados estão sujeitos nessa região, os problemas relacionados com contaminação deste recurso hídrico em 2002 eram muito incipientes e localizados (Freitas et al., 2003).
- ii. **Aquífero Poroso:** por possuir uma área de ocorrência mais profunda, foram utilizadas apenas 7 amostras para análise química, dentro das quais, cerca de 71% constituíram águas bicarbonatadas com um índice de salinidade alta e, além disso, é sugerido que por não ter sido observada nenhuma área de recarga deste aquífero na região, é possível que a recarga, portanto, ocorra através das águas do aquífero fraturado citado anteriormente. Por fim, o relatório pontua que a água do aquífero de tipo poroso é inviabilizada para o abastecimento público, industrial e agrícola, tanto pela questão da alta salinidade, quanto pelo difícil acesso (PROESC, 2002).

Além da questão da qualidade de água, o presente relatório evidenciou que a ocorrência de água subterrânea é mais prevalente em terrenos suavizados e interceptados por fraturas tectônicas, enquanto as piores condições são encontradas

em terrenos declivosos e dissecados (FREITAS, 2002). Desse modo, um dos frutos deste projeto foi o reconhecimento das fraturas tectônicas (tipo de falhamentos geológicos) como um fator a ser considerado no potencial de captação de água subterrânea, com recomendação de evitar a perfuração de poços tubulares nas áreas classificadas como baixo potencial devido aos fatores mencionados anteriormente.

De acordo com o relatório, as fraturas tectônicas podem ser classificadas em dois tipos: fraturas de direção NW-SE, relacionadas a falhamentos geológicos antigos, enquanto as fraturas de direção NE-SW, relacionadas a falhamentos geológicos mais recentes. Essas fraturas são capazes de afetar a distribuição e qualidade das águas subterrâneas na região, isso ocorre porque as fraturas geológicas podem facilitar a movimentação de águas, bem como, favorecer a interconexão entre aquíferos. Essas particularidades têm como potencial alterar a qualidade e quantidade da água disponível conforme a localização e proximidade do elemento descrito (Freitas, 2002; Blank, 2017; Hasan *et al.*, 2020).

Ademais, a presença de falhas tectônicas é um fator a ser considerado para a análise da vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação, pois as águas subterrâneas neste tipo de ocorrência estão mais expostas a contaminantes, considerando que as fraturas não oferecem resistências à entrada de poluentes neste manancial (Foster *et al.*, 2009; MMA, 2013).

O relatório evidenciou, portanto, que tais estruturas rúpteis, ou seja, as falhas tectônicas, existentes no estado de Santa Catarina são responsáveis por grande parte da circulação das águas subterrâneas. Contudo, em estudos mais recentes, autores como Descovi Filho (2015), Blank (2017) e Amaral (2018) demonstram além de falhamentos, a existência da compartimentação tectônica em blocos que reforça as diferenças quanto às características químicas e potenciométricas em cada compartimento, além de promover grandes diferenças de potabilidade das águas (Nanni, 2008; Machado, 2005). Portanto, informações como essas servem principalmente como um sinalizador da complexidade e interconexão dos sistemas naturais, e destaca a importância da análise multidisciplinar dos recursos hídricos subterrâneos (Scheibe, Hirata, 2008).

Já o Projeto Sistema Aquífero Guarani (PSAG), que teve como fruto a elaboração do livro "Aquífero Guarani: programa estratégico de ação", forneceu o arcabouço teórico das pesquisas realizadas em conjunto com outros países que

também abrigam o SAG. A gestão sustentável deste importante recurso hídrico tem sido alvo de diversas pesquisas e estudos nos últimos anos. Nesse contexto, o livro apresenta uma visão geral da estrutura e geologia do Aquífero Guarani com a criação de um mapa base de escala 1:3.000.000, bem como dos processos hidrogeológicos que afetam a movimentação da água dentro do sistema. De acordo com o documento, o aquífero é composto por rochas sedimentares porosas e permeáveis, que possibilitam a armazenagem e movimentação da água subterrânea em direção ao centro do reservatório (OEA, 2009).

Um dos principais aspectos discutidos é incentivar os Estados a estabelecer acordos adequados à gestão dos aquíferos transfronteiriços (OEA, 2009). A interconexão do Aquífero Guarani com outros sistemas aquíferos e corpos d'água da região foi um tema bem discutido. Ademais, sua gestão sustentável requer uma compreensão abrangente da interconexão do sistema com outros corpos d'água e aquíferos, bem como a prevenção da contaminação e a exploração controlada do recurso (OEA, 2009).

O livro também destaca a importância do Aquífero Guarani para a região em termos econômicos, sociais e ambientais. Em 2009, o aquífero foi uma importante fonte de abastecimento de água potável para cerca de 15 milhões de pessoas que viviam na região. Também, ele era e continua sendo utilizado para irrigação, abastecimento público e industrial, além de contribuir para a manutenção dos mananciais superficiais e dos ecossistemas locais (ANA, 2005; Freitas e Oliveira, 2018).

O estudo revelou, ainda, informações quanto a movimentação das águas dentro do SAG as quais foram apresentadas considerando os quatro grandes domínios hidrodinâmicos. Ao observar os dados do estado de Santa Catarina, os autores reforçam:

O fluxo que varia entre 2 a 3m/km em zonas de recarga. Inclusive, a condição da água ser mais salina no sul do país, principalmente em Santa Catarina, explica-se pelas severas condições de confinamento e a pouca movimentação da água nessa região, que pode ter ocasionado essa concentração de minerais (OEA, 2009, p.123)

Importante mencionar que, assim como o PROESC (2002) evidenciou a necessidade de novos estudos sobre as falhas tectônicas, o PSAG, novamente, reforça tal lacuna. De acordo com o fragmento abaixo:

Outro aspecto importante que deve ser estudado com maior profundidade é a influência das estruturas tectônicas que afetam a hidráulica do SAG, tais como: as falhas de deslocamento e continuidade, seladas por filões intrusivos de diabásio. É necessário entender melhor a influência do Arco de Ponta Grossa no sistema de fluxo do SAG. Existe o entendimento de que este tipo de estrutura compartimentou o aquífero (OEA, 2009, p. 337)

De acordo com as análises realizadas, portanto, há questionamentos sobre a continuidade do sistema de fluxo entre os blocos e a descarga potencial do SAG através dos basaltos, com evidências sugerindo a ocorrência desse processo em algumas áreas do aquífero. No entanto, este projeto reforça que seria fundamental estudos para confirmar a compartimentação e compreender a causa geológica envolvida nesse fenômeno (OEA, 2009).

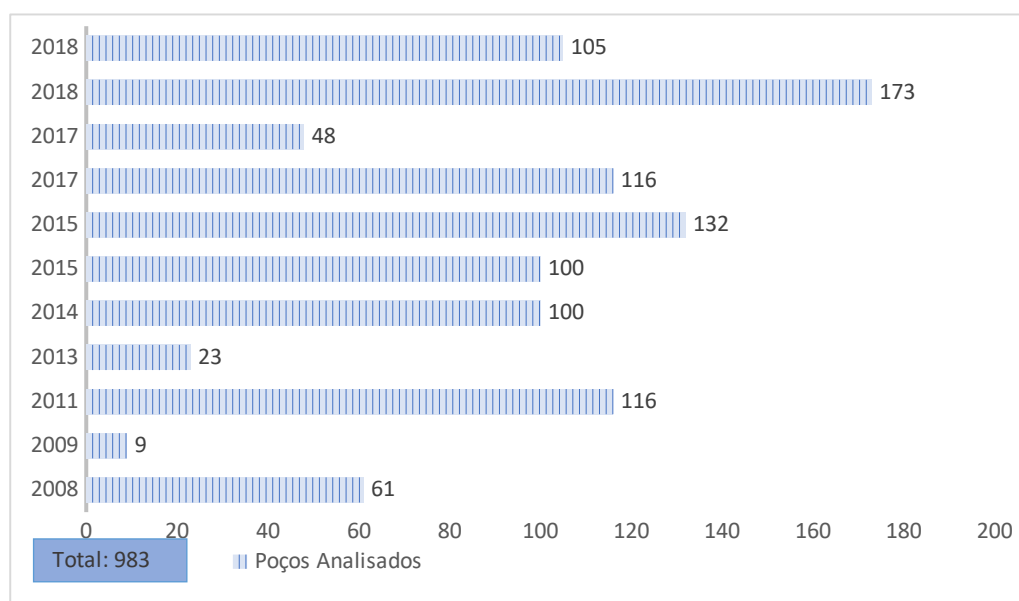
Por fim, foram apresentadas recomendações e estratégias para a gestão sustentável do aquífero, que incluem o desenvolvimento de políticas públicas integradas, o monitoramento constante da qualidade e quantidade da água, a implementação de tecnologias de recuperação e conservação da água, além de resultar na criação de um banco de dados sobre poços tubulares e uma rede de monitoramento dos poços. Assim, a obra se destaca como um instrumento para orientar a gestão sustentável dos recursos hídricos da região do Aquífero Guarani e reforçar a necessidade de mais estudos sobre a área.

—No ano de 2020 o projeto Rede Guarani/Serra Geral (RGSG) divulgou o relatório “Blocos Hidrogeológicos, Vulnerabilidade Natural e Risco à Contaminação do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral em Santa Catarina”³ em que se apresenta um compilado de informações e avanços significativos na compreensão do SAIG/SG no território de Santa Catarina.

Entre os principais avanços científicos destacam-se a identificação e delimitação dos blocos hidrogeológicos presentes na área de estudo, a caracterização da vulnerabilidade natural dos aquíferos e a avaliação do risco de contaminação das águas subterrâneas. Para isso, foram levadas em consideração análises químicas e físico-químicas em amostras de água coletadas em diferentes pontos do sistema aquífero, contando cerca de 983 poços analisados ao longo do projeto RGSG (RGSG, 2020).

³ REDE GUARANI/SERRA GERAL (RGSG). Blocos hidrogeológicos, vulnerabilidade natural e risco a contaminação do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral em Santa Catarina. Laboratório de Análise Ambiental e Laboratório de Hidrogeologia da UFSC. Nota Técnica. 2020. 155p. il. mapas. Disponível em: <<https://hidrogeologia.ufsc.br/saigsg/>>. Consulta em 15/08/2023.

Figura 2 – Poços analisados pelo RGSG agrupados por ano



Fonte: Organizado pela autora, com dados de RGSG (2020).

O relatório utiliza produtos intermediários que podem ser caracterizados como um conjunto de trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e teses de doutorado que apresentam como tema a área de abrangência do projeto RGSG. É, portanto, pontuado logo no início quais estudos são esses e um breve resumo do que é abordado.

Ademais, o relatório apresenta como produto a indicação de áreas prioritárias para ações de proteção e gestão sustentável dos recursos hídricos, com base nos resultados das análises de vulnerabilidade e risco de contaminação. Essas áreas prioritárias podem ser utilizadas para orientar a implementação de políticas públicas, programas e projetos de proteção e gestão dos recursos hídricos na região.

Outro ponto importante é o mapa da vulnerabilidade natural do SAIG/SG, que identifica os riscos à contaminação das fontes de água subterrânea e recomenda ações de acordo com os índices de vulnerabilidade. Esse mapa pode ser usado como base de apoio para comitês de bacia hidrográfica, possibilitando ações mais efetivas de gestão dos recursos hídricos (RGSG, 2020).

Por tanto, a criação de um arcabouço técnico e teórico dessa região com uma escala de 1:250.000 é uma ferramenta relevante para o reconhecimento e tomada de decisões do poder público e da sociedade. Com base nessas

informações, é possível implementar políticas públicas mais eficientes, voltadas para a preservação e gestão sustentável dos recursos hídricos da região.

Entre as principais informações fornecidas pelo relatório, destacam-se o mapeamento estrutural da região, incluindo estruturas lineares, índice de concentração de rugosidade, anomalias de drenagem, fator de assimetria da bacia de drenagem e índice de gradiente. Além disso, o relatório apresenta o mapeamento dos blocos hidrogeológicos, contendo informações sobre a estratigrafia da região.

Dessa forma, o relatório apresenta importantes avanços científicos na compreensão da vulnerabilidade e risco de contaminação do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral em Santa Catarina, bem como informações precisas e seguras sobre os aquíferos da região e pode ser utilizado como um guia de referência para a gestão sustentável dos recursos hídricos e apresenta informações importantes e estratégicas para a gestão sustentável.

Findada a análise dos projetos, partiu-se para a seleção de publicações acadêmicas sendo elas artigos, livros, trabalhos de conclusão de curso como dissertações e teses. Tais pesquisas foram selecionadas, conforme já mencionado na metodologia, pela relevância da descoberta trazida em cada um deles. A linha do tempo a seguir traz o título referente a cada uma dessas publicações.

4.1 O PROJETO REDE GUARANI/SERRA GERAL (RGSG)

Visando atender ao objetivo de identificar os principais estudos científicos no âmbito do Projeto Rede Guarani/Serra Geral (RGSG)⁴ registrados entre os anos de 2008 a 2020, o presente capítulo apresenta uma linha do tempo com informações relativas a 10 (dez) publicações (Quadro 01), propositalmente selecionadas dentre as inúmeras contribuições do Projeto, listadas em <https://rgsgsc.wordpress.com/publicacoes/>.

⁴ Disponível em: www.rgsgsc.wordpress.com. Acessado em 15 de agosto de 2023

Quadro 1 – Aspectos principais da revisão

(continua)

PESQUISAS	TÍTULO	AUTORES	ENFOQUE DO ESTUDO
Publicação 1	O contexto tectônico dos SAG e SASG em Santa Catarina: uma revisão	(SCHEIBE & HIRATA, 2008)	Interligação entre o SASG e o SAG por meio de fraturas tectônicas no Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG)
Publicação 2	Livro: Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe: natureza e sociedade	(TREVISOL & SCHEIBE, 2011 – Org.)	Seus capítulos abordam os primeiros resultados das pesquisas sobre a Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe (BHRP), tornando-os disponíveis para o público em geral. O objetivo não foi apenas revelar a realidade atual da Bacia, mas também fornece as bases conceituais necessárias para promover sua transformação e desenvolvimento sustentável.
Publicação 3	Recursos hídricos e uso da terra na bacia do Rio do Peixe/SC, mapeamento das áreas de vulnerabilidade e risco de contaminação do Sistema Aquífero Serra Geral	(LOPES, 2012)	Esta tese investiga a interação entre recursos hídricos e uso da terra na BRP, Santa Catarina. Utilizando metodologia de geoprocessamento, foram identificadas áreas com maior vulnerabilidade e risco de contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Os resultados apontam a necessidade de atenção especial para proteger os recursos hídricos na região da BRP, principalmente devido a atividades agrícolas intensivas e falta de tratamento de efluentes.
Publicação 4	Uma abordagem crítica do Projeto Rede Guarani/Serra Geral (RGSG), no Estado de Santa Catarina: espaços de dependência e espaços de compromisso	(HENNING, 2013)	Este trabalho analisa criticamente a construção social do Projeto Rede Guarani/Serra Geral (RGSG) em Santa Catarina. O projeto reuniu pesquisadores de diferentes áreas para estudar e atuar na proteção e uso sustentável das águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG). Utilizando a observação participante e a Geografia Política, investigou-se a relação do projeto com a Política de Recursos Hídricos e a governança da água. O sucesso do projeto deveu-se à cooperação entre pesquisadores, técnicos e agentes políticos, resultando em avanços na formação de especialistas e na inclusão das águas subterrâneas nas discussões sobre recursos hídricos em Santa Catarina.
Publicação 5	Geomorfoestruturas e compartimentação tectônica do SAIG/SG em Santa Catarina.	(DESCOVI FILHO, 2015)	Trata-se de estudo hidrogeológico do SAIG/SG na região central e oeste de SC. Utilizando técnicas de geomorfologia, estruturação e

PESQUISAS	TÍTULO	AUTORES	ENFOQUE DO ESTUDO
			<p>sistemas de informações geográficas, o estudo busca compreender a interconexão hidráulica e estrutural entre o SASG e o SAG, que compõem o SAIG/SG. Foram identificados blocos geomorfoestruturais e blocos tectônicos hidrogeológicos, permitindo uma melhor compreensão da hidrogeologia da região. Além disso, são propostos modelos de evolução geomorfológica e é apresentada uma seção hidrogeológica (preliminar) para classificar e correlacionar os blocos hidrogeológicos do SAIG/SG.</p>

PESQUISAS	TÍTULO	AUTORES	ENFOQUE DO ESTUDO
Publicação 6	Qualidade da água subterrânea do SASG na região oeste do estado de Santa Catarina, Brasil	(CARASEK, 2015)	Oferece uma avaliação da qualidade das águas subterrâneas da região oeste de Santa Catarina, especificamente no SASG. O objetivo foi fornecer informações sobre a qualidade das águas subterrâneas e sua relação com fatores ambientais e de ocupação do solo na área do SASG.
Publicação 7	Efeitos da modificação do uso da terra sobre o comportamento do escoamento em área de descarga do SAIG/SG	(HOFFMANN, 2017)	A investigação utiliza abordagem quantitativa-exploratória para abordar as consequências que o escoamento apresenta após a redução/recomposição gradual da cobertura vegetal ao longo das décadas estudadas. A pesquisa sugere estratégias de reconfiguração do uso da terra para promover a conservação do SAIG/SG e estimular a recarga e descarga de águas subterrâneas.
Publicação 8	Hidroquímica das águas do SAIG/SG nos municípios de Águas Frias e Quilombo, SC.	(BLANK; KLOCK; GUARDA; SCHEIBE; NANNI, 2017)	A identificação da proveniência das águas e compreensão de sua evolução, considerando a possível mistura entre as águas dos aquíferos SASG e SAG, além dos aquíferos permianos subjacentes. Através da análise dos parâmetros hidroquímicos e da classificação das amostras, buscou-se entender a composição e a influência dos diferentes aquíferos na região estudada. A pesquisa também avalia a distribuição espacial dos tipos hidroquímicos, relacionando-a a estruturas tectônicas que possam permitir a ascensão das águas dos aquíferos profundos.
Publicação 9	Os usos e a qualidade das águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral – SAIG/SG no município de Chapecó-SC	(FACCO, 2018)	O estudo avaliou a qualidade das águas subterrâneas em Chapecó, buscando a gestão integrada dos recursos hídricos. As análises revelaram desconformidades em alguns poços e riscos de sódio e salinidade em outros. A área de pesquisa reflete um arranjo territorial e paisagístico moldado por eventos históricos com impactos socioambientais. O estudo considera a importância das águas subterrâneas para o desenvolvimento econômico e a necessidade de uma gestão adequada desses recursos.
Publicação 10	Blocos hidrogeológicos, vulnerabilidade natural	(REDE GUARANI/SERRA GERAL,	O objetivo foi divulgar informações técnicas e científicas que possam subsidiar a gestão adequada das

PESQUISAS	TÍTULO	AUTORES	ENFOQUE DO ESTUDO
	e risco à contaminação do SAIG/SG em Santa Catarina	2020)	águas subterrâneas em SC e garantir seu uso sustentável. A pesquisa abrange o mapeamento geológico-estrutural, a análise das atividades de uso/ocupação da terra e a identificação dos possíveis vetores de contaminação das águas subterrâneas. Os resultados obtidos serão fundamentais para a tomada de decisões e implementação de medidas de proteção visando a preservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos nessa região.

Fonte: Elaboração da Autora

(conclusão)

Nesta análise, foram destacadas as diferentes fases e etapas relativas ao Componente 1 da Meta 1 (M1/C1) do projeto⁵, desde a sua concepção até os resultados mais recentes, sendo possível observar como o projeto RGSG reuniu pesquisadores, instituições e financiadores para realizar estudos multidisciplinares e abrangentes sobre os aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina.

Por meio da análise cronológica das publicações, foi possível identificar as principais descobertas e contribuições científicas, bem como as recomendações e estratégias para a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos da referida região ao longo do período analisado.

Os 10(dez) estudos selecionados estão elencados e ilustrados na Figura 4, a seguir:

⁵ Disponível em: <https://rgsgsc.wordpress.com/metasp/>. Acessado em: 15/08/2023

Figura 3 – Linha do tempo: publicações científicas selecionadas sobre o RGSG

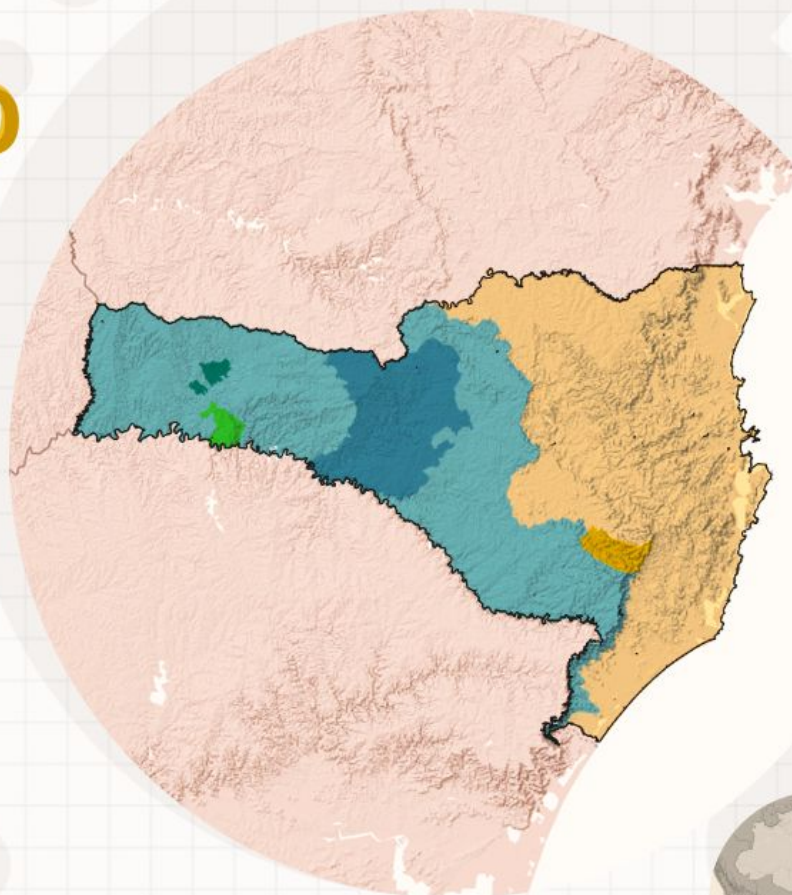
PROJETO RGSG

Linha do tempo

O Projeto Rede Guarani/Serra Geral foi elaborado com o objetivo de produzir conhecimento compartilhado sobre a gestão sustentável e estabelecer modelo legal para o SAIG/SG, assim sendo, apresentamos alguns de seus resultados entre os anos de 2008-2020

LEGENDA

-  Municípios de Águas frias e quilombo
-  Município de Chapecó
-  Bacia do Rio do Peixe
-  Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral
-  Porção alta da bacia do Rio Canoas
-  Região leste do estado de Santa Catarina
-  Entorno

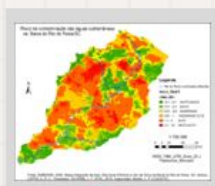


1



2008

O contexto tectônico dos SAG e SASG em Santa Catarina: uma revisão



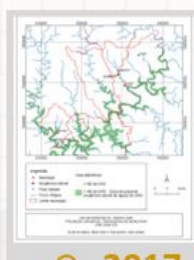
2012

Recursos hídricos e uso da terra na bacia do Rio do Peixe/SC, mapeamento de vulnerabilidade e risco de contaminação do SASG



2015

Geomorfoestruturas e compartimentação tectônica do SAIG/SG em Santa Catarina.



2017

Hidroquímica das águas do SAIG/SG nos municípios de Águas Frias e Quilombo, SC.



2018

Os usos e a qualidade das águas do SAIG/SG no município de Chapecó/SC

Livro: Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe: natureza e sociedade



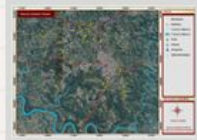
2011

2013



Abordagem crítica do Projeto RGSG em SC: espaços de dependência e espaços de compromisso

2015



Qualidade da água subterrânea do SASG na região oeste de SC



2017

Efeitos da modificação do uso da terra sobre o comportamento do escoamento em área de descarga do SAIG/SG

Blocos hidrogeológicos, vulnerabilidade natural e risco à contaminação do SAIG/SG em SC

2020



Fonte: Resultados da pesquisa (2023)

PUBLICAÇÃO 01 – Contexto tectônico dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina

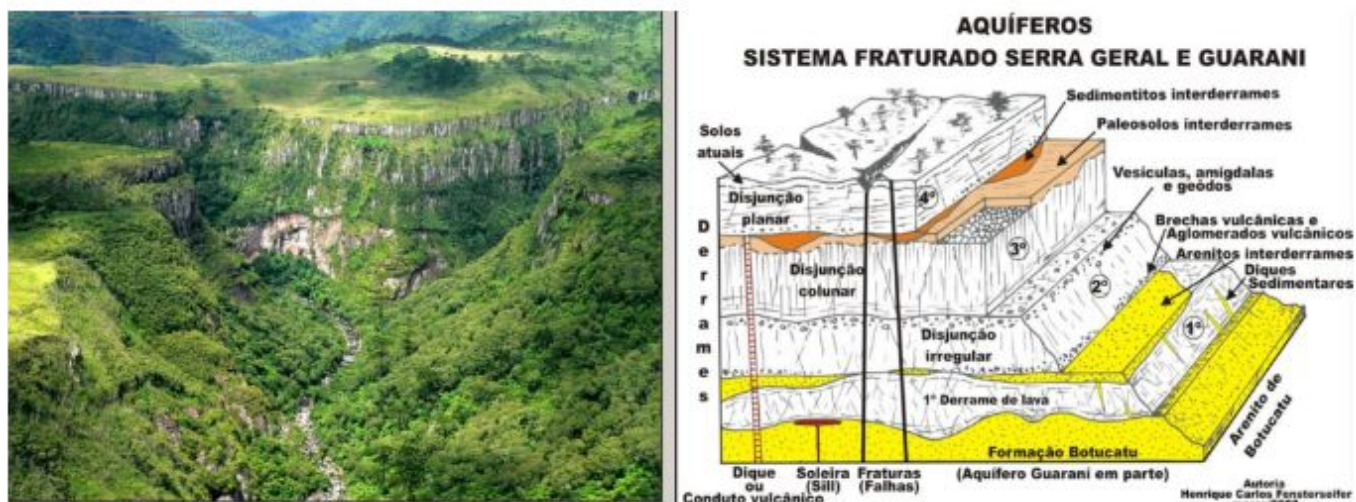
Apresentada no ano de 2008, a revisão realizada por Scheibe e Hirata procurou ressaltar alguns pontos consensuais sobre os sistemas aquíferos em questão, consolidando as observações feitas nas últimas pesquisas e projetos, com ênfase no PROESC e seu relatório sobre o diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos no oeste do estado de Santa Catarina⁶. Além disso, os pesquisadores conduziram a revisão apresentando estudos que investigaram a existência de interligação entre o SASG e o SAG por meio de fraturas tectônicas, ressaltando a importância de compreender adequadamente a conexão entre essas características e a conectividade entre os aquíferos, bem como a utilização da bacia hidrográfica como unidade de gestão dos recursos hídricos, adotando uma abordagem sistêmica para contemplar os aspectos do ciclo hidrológico.

Primeiramente, isso foi feito por meio da análise do contexto tectônico na constituição geológica. Em seguida, foi realizada uma análise do pH, do flúor e de outros componentes físico-químicos. Ao correlacionar os aspectos estruturais com os resultados das análises químicas, observa-se uma tendência de troca de água entre esses sistemas, conhecida como “comunicação hidráulica”.

A Figura 5 ilustra tal inter-relação, na qual a morfologia das rochas vulcânicas do SASG é apresentada e, na base da escarpa, o Arenito Botucatu do SAG. Nessa dinâmica, os autores enfatizam a localização do SAG logo abaixo do SASG considerando-se, portanto, a possível conectividade entre os sistemas.

⁶ Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/4957>. Acessado em: 15/08/2023

Figura 4 – Sistema Integrado Aquífero Guarani/Serra Geral (SAIG/SG).



Fonte: SCHEIBE; HIRATA (2008, p.03, a partir de foto e diagrama de autoria do geólogo Henrique Carlos Fensterseiffer – *in memoriam*)

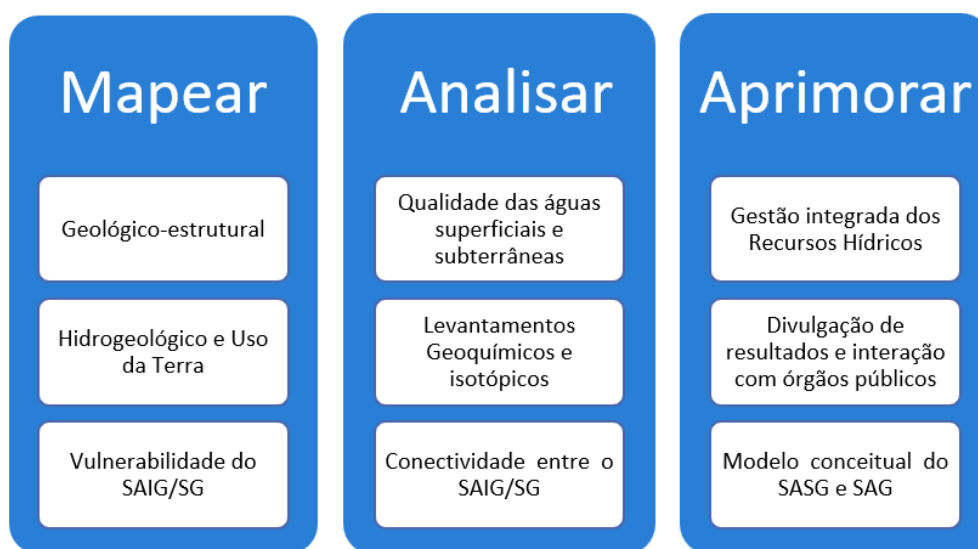
A Figura 5 representa parte da complexa morfologia das rochas vulcânicas (Sistema Aquífero Serra Geral), e logo abaixo, a continuidade da escarpa constituída pelo Arenito Botucatu (Sistema Aquífero Guarani). O diagrama ressalta aspectos estruturais desses dois sistemas e as relações entre eles, além da presença de fraturas profundas que afetam os mesmos, sugerindo a sutil conexão entre essas formações. O arenito, sedimentar e poroso, é caracterizado pela sua alta permeabilidade, e essa propriedade colabora para a sua importância como reservatório.

A caracterização hidroquímica das águas dos aquíferos foi a principal evidência para ratificar sua inter-relação, como indicado pelos estudos do PROESC para Santa Catarina (Freitas *et al.*, 2003), de Portella Filho *et al.* (2005) para o Paraná e de Nanni *et al.* (2008) para o Rio Grande do Sul. Associando estas evidências aos estudos estruturais de Machado (2005) e dos próprios autores, os mesmos adotaram a proposta anterior do Projeto RGSG, da designação “Sistema Aquífero Integrado Guarani-Serra Geral (SAIG/SG)” de modo a destacar a importância de compreender as inter-relações e considerar ambos os aquíferos como uma única unidade de gestão. Embora, as pesquisas conduzidas no estado de São Paulo por meio do projeto FRATASG tenham adotado uma abordagem semelhante, procurando evidências de recargas hidráulicas verticais para o SAG,

essas pesquisas priorizaram a análise das fraturas nos basaltos como caminhos preferenciais de circulação de água, ou seja, o objetivo era caracterizar a conexão do SAG com a superfície, deixando de considerar a inter-relação entre os demais aquíferos, como o SASG. (*apud* Fernandes, A.J., (consulta em 13/07/2021), in:http://www.igeologico.sp.gov.br/pj_projetos_det.asp?codigo=1)

Diante disso, observa-se que ao fim, os autores sugerem o desenvolvimento de pesquisas a respeito de temas específicos, sendo eles:

Figura 5 – Recomendações pontuadas na publicação “O Contexto Tectônico dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: uma revisão”



Fonte: Organização da autora, a partir de Scheibe e Hirata (2008)

Ademais, quanto a uma estruturação em blocos desse sistema, Scheibe e Hirata (2008) consideram ainda que:

A falta de uma boa caracterização da estratigrafia da Formação Serra Geral, até aqui muito pouco estudada, faz com que os melhores elementos de confirmação desses movimentos tectônicos passem a ser as perfurações que atravessem todo o pacote das rochas vulcânicas, atingindo inequivocamente o contato com a Formação Botucatu, nível superior do Aquífero Guarani. (Scheibe; Hirata, 2008, p. 10)

À guisa de conclusão, os autores sugerem uma ampla gama de estudos estruturais e hidrogeoquímicos – muitos deles realizados no decurso do Projeto REDE GUARANI/SERRA GERAL, como veremos nos capítulos seguintes.

PUBLICAÇÃO 02 – A Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe – Natureza e Sociedade

O livro “A Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe – Natureza e Sociedade” (2011), organizado por Joviles Vitório Trevisol e Luiz Fernando Scheibe, oferece uma análise aprofundada e abrangente dessa bacia hidrográfica, apresentando uma visão detalhada dos seus aspectos naturais e sociais. A obra é fruto de um esforço coletivo de diversos especialistas e pesquisadores que se debruçaram sobre o estudo dessa bacia hidrográfica específica, oferecendo na UNOESC aos professores e operadores sociais da bacia um curso de extensão, patrocinado pelo Projeto RGSG. O livro busca promover uma compreensão mais completa dos processos naturais, da dinâmica dos ecossistemas e das relações entre a sociedade e a natureza nessa região.

Tal obra foi publicada, portanto, com o objetivo de consolidar informações sobre a bacia e criar uma base de dados a partir de um curso de extensão, sendo composto por uma Introdução e mais 13 capítulos que oferecem fundamentos teóricos e geopolíticos, resultados de pesquisas e referências sobre o tema.

Na Introdução, os organizadores do livro destacam a promulgação da “Lei das Águas”, a Lei 9.433/97, que estabelece a Política Nacional dos Recursos Hídricos, colocando a temática das bacias hidrográficas como central para o desenvolvimento regional sustentável, bem como as dificuldades para sua implementação. Propõem, então, um compromisso com a gestão sustentável e democrática dos recursos hídricos, mediante seu uso integrado e a divulgação do conhecimento científico. Colocam como tema central dos textos que compõem o livro a bacia hidrográfica do Rio do Peixe, com cerca de 360.000 habitantes, cujo rio principal é um importante afluente do rio Uruguai, fazendo parte de todo o histórico de desenvolvimento econômico e social da região Meio-Oeste de Santa Catarina.

O primeiro capítulo consiste na transcrição da aula inaugural do curso, ministrada pelo geógrafo Carlos Walter Porto-Gonçalves, que aborda o tema “A Geopolítica da Água e a Crise do Conhecimento”. O referido autor destaca a importância de considerar os aspectos técnicos, sociais e culturais envolvidos na gestão dos recursos hídricos. Desse modo, expõe-se a discussão da existência de uma crise civilizatória relacionada à falta de conhecimento sobre as dinâmicas hídricas, ressaltando como fatores políticos, econômicos e sociais influenciam a

gestão e o acesso à água. A análise também aborda a importância de incorporar as perspectivas das comunidades locais na gestão dos recursos hídricos, reconhecendo o papel das práticas e percepções culturais nesse contexto.

No segundo capítulo, “O Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina e os recursos hídricos da Bacia do Rio do Peixe”, os autores Luiz Fernando Scheibe e Ricardo Hirata apresentam com detalhes a caracterização do Sistema Aquífero Integrado Guarani-Serra Geral (SAIG/SG), descrevendo aspectos geológicos e hidrogeológicos da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe (BHRP). Também destacam a importância estratégica da bacia em termos de recursos hídricos e sua influência na sustentabilidade socioeconômica e ambiental. São abordados tópicos como a relevância dos recursos hídricos presentes na BHRP, a necessidade de uma gestão adequada para garantir a sustentabilidade e os desafios relacionados ao uso integrado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, ressaltando a importância estratégica destes últimos para o planejamento integrado.

O terceiro capítulo, de autoria de Cíntia Uller-Gómez e Vilmar Comasseto, dissecar “A Política Nacional de Recursos Hídricos e a participação (cidadã) na gestão das águas: desafios para sua implementação em Santa Catarina”, e neste capítulo analisam-se os desafios enfrentados no processo de sua implementação neste estado. Apesar das legislações existentes desde 1997, a execução dessas políticas tem sido limitada, especialmente em nível estadual. Os principais desafios identificados incluem a falta de gestores capazes de facilitar a participação efetiva da sociedade nos comitês de bacia hidrográfica, a ausência de representantes municipais nessas instâncias e a necessidade de estabelecer uma relação mais equilibrada entre o poder público e a sociedade civil. Para superar esses desafios, são sugeridas ações como capacitação dos participantes, conscientização da sociedade e articulação entre os diversos atores envolvidos, a fim de fortalecer a governança e a gestão eficiente dos recursos hídricos em Santa Catarina.

No quarto capítulo, os autores Daniel Poletto Tesser, Adriana Marques Rossetto, Paulo Maurício Selig e Paulo Roberto Ramos comentam especificamente a “Gestão da água na Bacia do Rio do Peixe: integração e sobreposição dos instrumentos de Gestão Pública”. O estudo teve como objetivo avaliar as interações entre as ações do comitê de bacia hidrográfica do Rio do Peixe e as secretarias de desenvolvimento regional da região do Meio-Oeste de Santa Catarina. Utilizou-se

uma metodologia baseada em revisão bibliográfica, pesquisa documental e entrevistas com representantes das secretarias e prefeitos da região. Diante disso, os resultados indicaram uma evolução no modelo de gestão, com a adoção de abordagens participativas e integradas. No entanto, destacou-se a necessidade de superar desafios relacionados à sobreposição de competências entre as secretarias e à falta de informações sobre as condições ambientais da bacia. Recomendou-se estimular o envolvimento da comunidade, desenvolver um sistema de informações integrado e disponibilizar recursos para fortalecer a gestão integrada na Bacia do Rio do Peixe.

O quinto capítulo, intitulado “Aspectos históricos e socioculturais da Bacia do Rio do Peixe (1906-1916)”, de autoria de Delmir José Valentini, investigou as mudanças ocasionadas pela introdução da linha ferroviária no Oeste catarinense. O autor examinou as transformações ocorridas na história e na cultura da região da bacia, rompendo com o isolamento secular existente. No presente estudo, foram utilizadas como metodologia a pesquisa documental e identificação de bibliografia relevante, e uma análise da empresa “*Brazil Railway Company*”, responsável pela construção da ferrovia na região do Contestado (SC-PR). O estudo analisou os acontecimentos históricos entre 1906 e 1916, bem como os fatores socioeconômicos e culturais vivenciados pela população local após a chegada da ferrovia. Os resultados revelaram um aumento significativo no número de trabalhadores, a formação de pequenos povoados junto às estações ferroviárias, a ocupação do território por imigrantes estrangeiros e a influência do programa de extração madeireira do Programa Farquhar na região do Vale do Rio do Peixe. Essas transformações econômicas, sociais e culturais provocaram rupturas no modo de vida da região, resultando em uma crise e posteriormente em conflitos armados. Em conclusão, o autor ressaltou a importância de revisitar a história para compreender os aspectos atuais da região.

O sexto capítulo, intitulado “Água em foco: uma discussão necessária”, escrito por Jairo Marchesan, debate a questão da água, um tema em grande evidência atualmente, especialmente devido às contradições geradas pelo modo de produção capitalista e aos padrões de consumo. O objetivo do capítulo é discutir as relações estabelecidas entre a sociedade e a água, analisando os problemas naturais sob a perspectiva de fatores sociais e econômicos. Os resultados revelam as consequências da intensa demanda por água para a economia global, resultando

na degradação da quantidade e qualidade dos recursos hídricos. O autor destaca a importância de questionar os discursos que atribuem o desequilíbrio hídrico unicamente ao crescimento populacional, enfatizando as contradições do consumo de água pelos setores agrícola e industrial ao longo dos últimos 100 anos. Além disso, o capítulo aborda o debate sobre a água no Brasil, evidenciando fatores como desperdício, ocupação desordenada e poluição como agravantes da escassez. Em conclusão, ressalta-se a necessidade de considerar os aspectos naturais além dos econômicos para garantir a sustentabilidade da sociedade, propondo uma superação da lógica capitalista como desafio coletivo para estabelecer relações mais equilibradas entre a sociedade e a natureza.

O sétimo capítulo, intitulado “Biodiversidade de vertebrados do Baixo Rio do Peixe, SC”, foi desenvolvido por Anderson Guzzi, Clóvis A. Segalin, Osvaldo J. Onghero, Tiago Zago e Mario Arthur Favretto, com o objetivo de realizar um inventário da fauna de vertebrados na região em questão. A pesquisa envolveu a caracterização da área de estudo, com foco em oito pontos de amostragem ao longo do Baixo Rio do Peixe, e a coleta de entrevistas com pescadores e moradores para complementar os dados obtidos. Os resultados revelaram a presença de 364 espécies de vertebrados, incluindo 54 espécies de peixes, 55 de répteis, 184 de aves e 24 de mamíferos. Apesar das alterações significativas no habitat e da introdução de espécies exóticas, o levantamento demonstrou uma notável diversidade de espécies no Rio do Peixe. Recomenda a realização de estudos adicionais para aprofundar o conhecimento sobre a fauna da bacia e aprimorar seu perfil ecológico.

No oitavo capítulo, “A diversidade de flora e fauna nas matas ciliares da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe”, os autores Márcia Bündchen, Maria Aparecida Dalavéquia, e Rodrigo Lingnau, abordam os ecossistemas ciliares do rio do Peixe e sua importância para a preservação ambiental. O objetivo principal foi realizar um levantamento sistemático de dados florísticos e caracterizar os fragmentos florestais, juntamente com a fauna, a fim de fornecer subsídios científicos para futuros projetos de conservação. Os resultados obtidos revelam uma composição florística complexa, evidenciando diferenças entre a vegetação no norte e no sul da bacia, além de áreas desprovidas de vegetação devido à utilização para pecuária. Além disso, identifica-se uma escassez de estudos sobre a fauna, especialmente de vertebrados, na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, o que reflete uma lacuna

presente em outras regiões também. A fauna avaliada é considerada empobrecida, predominantemente composta por espécies oportunistas e generalistas, comuns em ambientes antropizados. Destaca-se a presença de serpentes peçonhentas, como a jararaca (*Bothrops jararaca*), e outros animais como a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) e o gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*). Em conclusão, os fragmentos de matas ciliares analisados no estudo apresentam níveis comprometidos de diversidade vegetal e animal.

O capítulo nove, denominado “Qualidade das águas superficiais e subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe”, de autoria de Eduarda de Magalhães Dias Frinhani, José Carlos Azzolini e Fabiano Nienov, busca avaliar de forma integrada a qualidade dos recursos hídricos na área de estudo, abrangendo tanto as águas superficiais do Rio do Peixe quanto as águas subterrâneas. Destaca-se que a região em questão está situada em uma área densamente fraturada da formação Serra Geral (atual Grupo Serra Geral, que constitui o SASG), o que indica sua vulnerabilidade e a necessidade de considerar esse fator no planejamento de projetos de gestão. Os resultados revelam que a maioria das amostras de água coletadas ao longo do Rio do Peixe apresenta qualidade média de acordo com o Índice de Qualidade da Água (IQA), exceto em dois pontos localizados nas cidades de Caçador e Videira, onde a qualidade foi classificada como “ruim”, também pelo IQA. Quanto às águas subterrâneas, foram coletadas e avaliadas 35 amostras do SAG e SASG, nas quais observa-se a aplicação insuficiente de medidas de segurança para a proteção dos poços. Além disso, em quatro poços analisados, foram encontradas quantidades de coliformes fecais acima do limite recomendado pela CONAMA. Portanto, o estudo sugere a continuidade de pesquisas e análises na região, com o objetivo de obter mais informações, além de determinar níveis de sódio, potássio e manganês da área de estudo.

No décimo capítulo, intitulado “Definição de critérios ambientais para a avaliação de impacto ambiental de Pequenas Centrais Hidrelétricas na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, SC”, os autores Solange da Veiga Coutinho, Maurício Perazzoli e Júlio César Moschetta da Silva abordaram a crescente tendência das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) como fonte de geração de energia no país. Inicialmente, destacou-se a suposição de que essas centrais causariam impactos ambientais reduzidos. No entanto, a construção sem licenciamento e a falta de dados adequados dificultavam a avaliação desses impactos. Portanto, o objetivo do

capítulo foi desenvolver critérios ambientais, com base na norma NBR ISO 14.001/2004, para auxiliar na identificação de possíveis impactos ambientais e na viabilidade da construção de PCHs. Alguns critérios selecionados incluíram área alagada, distância entre barramentos das PCHs, alteração da vazão natural, potência instalada e estudos ambientais pré-existentes. Ao concluir, os autores destacaram que a inclusão das PCHs na bacia traz desenvolvimento, mas sugeriram que o licenciamento e a avaliação devem seguir com a finalidade de equilibrar o progresso com a sustentabilidade na região.

No capítulo onze, intitulado “Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe: o que diziam os estudantes do ensino médio?”, o autor Joviles Vitório Trevisol abordou a compreensão dos estudantes do ensino médio em relação ao meio ambiente em que viviam e analisou as dimensões ambientais com as quais estavam familiarizados. A pesquisa foi conduzida em escolas públicas estaduais de 13 municípios localizados ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe. Foram aplicados questionários sobre questões relacionadas à água, visando compreender o interesse dos jovens nesse tema, além de serem realizadas palestras sobre o assunto. Os resultados revelaram informações relevantes sobre a percepção dos jovens em relação à natureza. Aproximadamente 93,8% dos alunos afirmaram que o meio ambiente fazia parte de seu campo de interesse, e eles demonstraram estar cientes do estado de conservação do Rio do Peixe, com cerca de 44,4% mencionando que ele estava pouco cuidado. Além disso, os pesquisadores destacaram a importância atribuída pelos jovens aos professores em sua formação ambiental, com 72,1% reconhecendo o papel da escola como espaço de educação socioambiental.

No capítulo doze, intitulado “Metodologias de Educação Ambiental para a Bacia do Rio do Peixe”, os autores Gedalva Terezinha Ribeiro Filipini, Joviles Vitório Trevisol e Rita de Cassia Socrepa Baratieri examinaram a dimensão ambiental no contexto da educação, enfatizando a importância de incorporar esforços para envolver as pessoas na construção de uma cultura coletiva voltada para a sustentabilidade. Os autores concluíram que a Educação Ambiental deve ser obrigatória em todos os níveis de ensino, sendo considerada um valor fundamental a ser integrado ao processo educativo, visando à formação humana e ao desenvolvimento de uma consciência sustentável.

No último capítulo, intitulado “Rede Guarani/Serra Geral: um projeto em movimento”, os autores Maria de Fátima Schumacher Wolkmer, Luiz Fernando Scheibe e Luciano Augusto Henning abordam a concepção do desenvolvimento sustentável e questionam a possibilidade de transformar o modelo econômico predatório em um modelo mais coerente e ecologicamente consciente. Diante dessa preocupação, a busca pela implementação da ecologia de saberes e do diálogo interdisciplinar se faz presente na criação de propostas que atendam à nova ética ecológica, refletindo no desenvolvimento do projeto Rede Guarani/Serra Geral. O modelo de gestão integrada das águas, baseado na criação de uma rede, visa conectar e articular a troca de conhecimentos entre diferentes áreas do saber e em diversos espaços, como as universidades. Além disso, o projeto conta com a obtenção de recursos e o apoio de parceiros, como a Agência Nacional de Águas (ANA), a Fundação de Apoio à Pesquisa de Santa Catarina (FAPESC) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Por fim, reforça-se o posicionamento da RGSG em relação à água como um direito humano e parte essencial da função água-vida, destacando os desafios enfrentados na implementação e gerenciamento, como a necessidade de lidar com a interdisciplinaridade e a interinstitucionalidade, bem como buscar soluções que gerem conhecimento em relação aos recursos hídricos.

Em síntese, o livro *Natureza e Sociedade*, no que diz respeito aos aspectos naturais, abordou diversos tópicos que ilustravam a geologia, geomorfologia e hidrologia da bacia hidrográfica. As informações caracterizaram desde a formação e estrutura geológica da região, a distribuição dos cursos d'água, bem como, a hidrogeologia. Em complemento, discutiu-se os processos hidrológicos que ocorrem ao longo do Rio do Peixe e seus afluentes. No intuito de fornecer uma visão integral da bacia hidrográfica, incluiu-se a descrição da diversidade e a importância dos ecossistemas presentes. Portanto, foram abordadas as diferentes formações vegetais, como florestas, campos e áreas de transição, e a fauna associada a esses ambientes. Em conclusão, a obra examinou a biodiversidade encontrada na região, destacando especialmente as espécies endêmicas e ameaçadas, ao mesmo tempo em que discutiu os desafios enfrentados para a conservação e proteção desses valiosos recursos naturais.

No que se refere aos aspectos sociais, o livro reforçou a relação entre a sociedade e a natureza na bacia do Rio do Peixe. Foram analisados os diferentes

usos do solo, como a agricultura, a pecuária e a urbanização, e seus impactos sobre os recursos naturais e os ecossistemas, e discutidas as questões relacionadas à gestão dos recursos hídricos, à qualidade da água e aos desafios socioambientais enfrentados pela população local.

Assim, há um destaque especial nessa obra no que diz respeito à importância da participação social e da construção de uma governança efetiva para a gestão dos recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável da região. São apresentados casos de boas práticas, experiências de manejo integrado dos recursos naturais e propostas para uma abordagem mais sustentável na relação entre a sociedade e a natureza na bacia do Rio do Peixe.

Importante lembrar que também são abordadas as questões legais relacionadas à gestão da água e à falta de adequação das leis federais às realidades locais. Isso pode dificultar a implementação de políticas efetivas de proteção e uso sustentável da água. Em consonância com Coitinho *et al.* (2011), no capítulo dez, por exemplo, sugeriu a abordagem descentralizada e participativa na gestão dos recursos hídricos, com a participação das comunidades locais e autoridades municipais. A obra também discute a necessidade de estratégias e instrumentos de gestão que considerem as especificidades locais e promovam a integração entre as esferas federal, estadual e municipal.

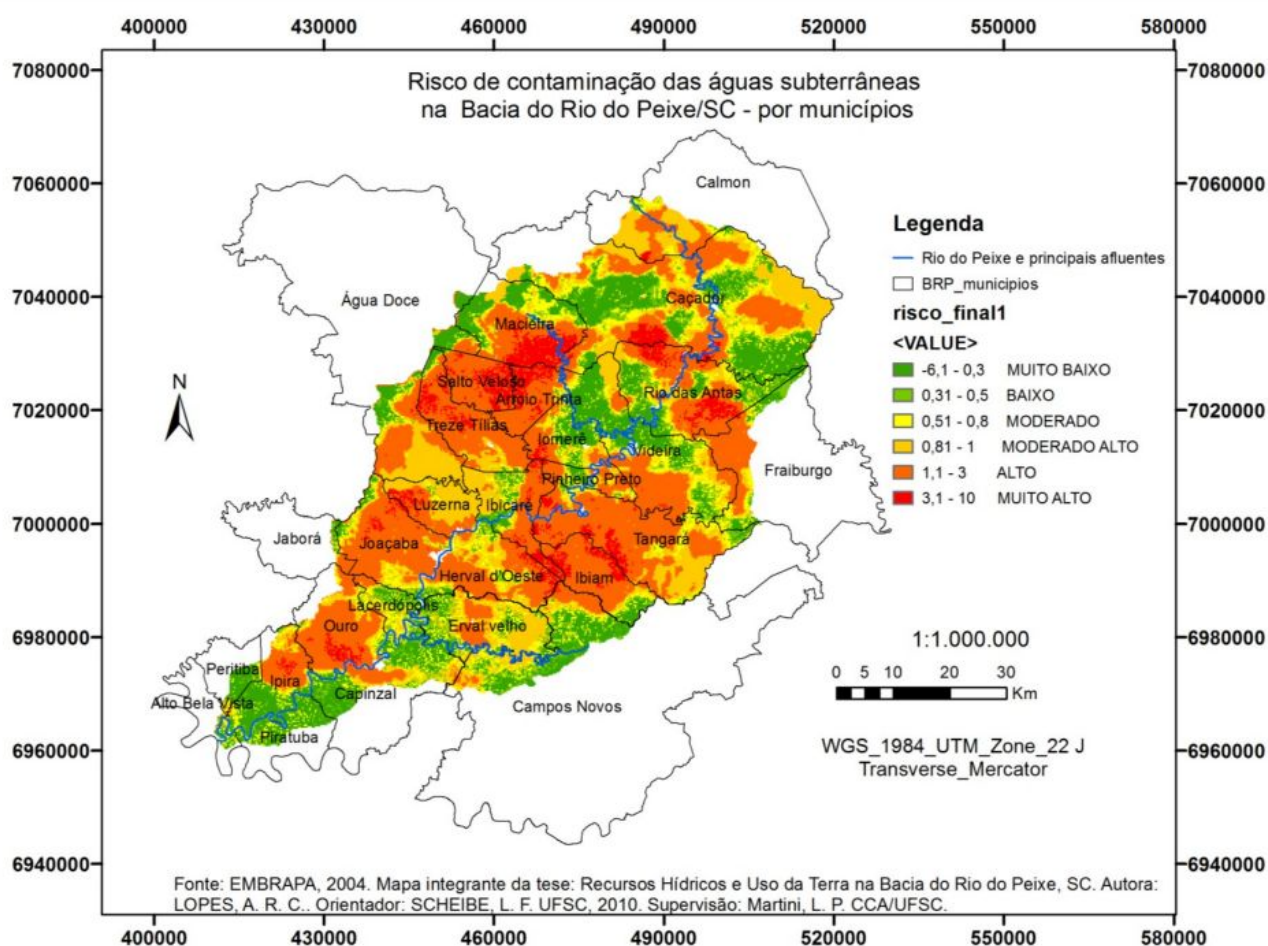
Em suma, a obra aqui resumida trata da caracterização da bacia hidrográfica, ressaltando a importância da gestão integrada dos recursos hídricos, as políticas públicas relacionadas à água e os desafios enfrentados na proteção dos recursos hídricos. Além disso, discute a qualidade das águas superficiais e subterrâneas na região. Assim, enfatiza a necessidade de uma gestão adequada dos recursos hídricos para preservar a biodiversidade e promover o desenvolvimento sustentável da região. Destaca-se, portanto, a importância de uma abordagem interdisciplinar e participativa, envolvendo diferentes atores sociais e políticos na tomada de decisões relacionadas à água. A partir disso, tem-se subsídios valiosos para pesquisadores, gestores públicos, tomadores de decisão e demais interessados em promover a conservação dos recursos naturais e a sustentabilidade nessa região específica.

PUBLICAÇÃO 03 – Recursos hídricos e uso da terra na bacia do Rio do Peixe/SC, mapeamento das áreas de vulnerabilidade e risco de contaminação do Sistema Aquífero Serra Geral

A tese intitulada “Recursos hídricos e uso da terra na bacia do Rio do Peixe/SC: mapeamento das áreas de vulnerabilidade e risco de contaminação do Sistema Aquífero Serra Geral”, de Andrea Lopes (2012), teve como objetivo analisar a interação entre os recursos hídricos e os diferentes tipos de uso da terra na Bacia do Rio do Peixe (BRP). A região do Meio-Oeste catarinense (Figura 7) tem uma economia concentrada em atividades como a pecuária, agricultura e indústria. O monitoramento do uso da terra e suas atividades econômicas, portanto, se faz necessário para entender e prevenir possíveis contaminações das águas. A pesquisa foi elaborada conforme a meta 1 do projeto RGSG, que visa o desenvolvimento de mapas de vulnerabilidade e risco de contaminação das águas do SAIG/SG, como ilustra a figura 7, abaixo. Lopes (2012), coleta e interpreta informações da área selecionada com o propósito de nortear pontos mais expostos a contaminação, como por exemplo, os municípios de Joaçaba e Salto Veloso.

Figura 6 – Mapeamento do risco de contaminação das águas subterrâneas nos municípios integrantes da Bacia do Rio do Peixe/SC.

Fonte: Lopes (2012).



Os dados mais recentes do IBGE (2023) referentes ao período de 2012 a 2021 revelam que a suinocultura teve um crescimento de aproximadamente 11% no estado de Santa Catarina, posicionando-o como líder nacional neste mercado. Já a silvicultura, desde o período desse estudo até os dias de hoje, manteve um padrão consistente na quantidade de produção. Portanto, nota-se que houve poucas alterações na forma de produção deste setor no estado, situação essa que mantém a validade de pesquisas como essa.

O estudo de Lopes (2012) foi realizado utilizando dados primários e secundários de diversas fontes, como IBGE, SIAGAS/CPRM, EPAGRI/CIRAM, EMBRAPA, INPE, além de trabalhos de campo e técnicas de geoprocessamento. As bases cartográficas foram elaboradas na escala de 1:250.000. Para avaliar a

vulnerabilidade intrínseca do SASG, adotou-se o método GODS, considerando o grau de confinamento da água subterrânea, a ocorrência de estratos de cobertura e a distância até o lençol freático, com acréscimo do parâmetro S, ou seja, espessura e textura dos solos. O mapeamento do risco de contaminação foi realizado integrando os mapas de vulnerabilidade intrínseca e potencial de risco, classificando os tipos de uso da terra em graus baixo, moderado ou alto.

Os principais resultados revelam que a qualidade dos recursos hídricos superficiais está comprometida devido aos diferentes usos da terra e à falta de tratamento de efluentes, enquanto a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos está dentro dos padrões legais. No entanto, a presença natural de óleo residual em fraturas do SASG é um fator regional que dificulta a exploração das águas subterrâneas. A análise dos aspectos físicos identificou um número significativo de feições estruturais, cujo adensamento pode resultar em áreas de maior vulnerabilidade e risco de contaminação.

Apesar da metodologia adequada, algumas limitações foram observadas, como a falta de dados georreferenciados sobre as características químicas das águas e a localização dos pontos potencialmente poluidores relacionados à pecuária e indústrias. Esses fatores impediram a análise da relação entre poluição e vulnerabilidade. É importante ressaltar que uma análise mais detalhada das características locais, disponibilidade e qualidade dos dados existentes pode revelar inconsistências ou lacunas devido à complexidade dos processos hidrogeológicos, que envolvem variáveis dinâmicas e incertezas.

Entre as publicações relacionadas a esse tema, destacam-se alguns artigos relevantes, tal como Frinhani *et al.* (2013) que coletaram e avaliaram a qualidade das águas de 35 poços localizados no município de Lacerdópolis e pertencentes à BRP. A maioria dos poços (86%) apresentou águas predominantemente bicarbonatadas, com teor médio de bicarbonato de 130,49 mg/L, embora 4 poços mostrassem águas predominantemente carbonatadas, com média de 100,65 mg/L. Quanto às contaminações por coliformes totais e termotolerantes, foi detectada em dois poços. Uma reflexão que a autora nos convida a fazer é de que as águas provenientes do SASG, naquele município, são amplamente utilizadas devido à sua acessibilidade e baixo custo de captação, servindo às necessidades da agropecuária, indústrias e de pequenos municípios.

Em consonância, o artigo de Filipini e Scheibe (2013) indicou a degradação dos corpos hídricos e estiagens como impulsionadores da perfuração de poços artesianos. Em síntese, o artigo averiguou a qualidade da água no Rio Jacutinga, realizando análises físico-químicas e microbiológicas em 11 amostras de água superficial que revelaram turbidez e presença de coliformes, caracterizando como de má qualidade, e das 23 amostras de águas subterrâneas, três apresentaram coliformes; contudo, notou-se que a elevada quantidade de outros elementos físico-químicos em outros poços indicam a possibilidade de misturas de águas entre o SASG e o SAG, o que expõe padrões e reforçam a necessidade do monitoramento constante.

Em outras palavras, a ampla utilização desordenada justifica a preocupação e busca pelo monitoramento quanto à contaminação desse recurso, devido à escassez de dados mesmo diante do aumento do uso. Ademais, a utilização das águas subterrâneas no Sul do Brasil, conforme Araújo (2022) é crescente, e percebe-se que este dado reflete a pegada hídrica – resultado da constante produção do setor agropecuário na região. No artigo intitulado “Pegada Hídrica e Valor Adicionado: Análise no Setor Agropecuário Brasileiro”, Araújo aponta o crescimento de 2,15% no consumo do recurso hídrico subterrâneo, e ainda demonstra que em sua maioria essas águas foram consumidas em atividades agropecuárias.

Scheibe e Hirata (2008), por sua vez, abordaram sobre os aspectos físicos do SASG, assimilando suas condições de porosidade e permeabilidade primária, ressaltando o meio heterogêneo anisotrópico que caracteriza este aquífero. Ademais, a água armazenada possui ampla circulação nas discontinuidades físicas da rocha, como juntas e falhas geológicas, o que confere ao SASG uma vulnerabilidade intrínseca particular.

Em artigo de Lopes e Scheibe (2015), “Vulnerabilidade e risco de contaminação das águas do Sistema Aquífero Serra Geral na Bacia do Rio do Peixe/SC”, a tese de Lopes (2012) foi sintetizada e publicada visando a divulgação dos resultados. Observou-se a convergência com os achados de Hasan (2020), em cujo artigo é sugerido que os melhores potenciais de captação hídrica do SASG estão contidos em suas fraturas.

As relações contidas entre esses artigos e a obra de Lopes e Scheibe (2015) contribuem para a compreensão das narrativas intrínsecas ambientais junto aos

processos humanos, conferindo possíveis consequências pelo uso desordenado. Ademais, notou-se consonância a respeito das características físicas do SASG e sua vulnerabilidade, reforçando a robustez das análises feitas pela autora.

Os principais resultados, portanto, evidenciam a situação crítica da qualidade dos recursos hídricos superficiais, que estão sujeitos à poluição difusa e pontual proveniente das atividades agropecuárias e industriais. Por outro lado, a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos na área ainda está preservada. No entanto, a autora destaca os riscos de contaminação em áreas de alta vulnerabilidade e alto potencial de risco no Sistema Aquífero Serra Geral.

No contexto geográfico/geológico, a análise enfatiza a importância do estudo das características físicas em conjunto com o uso da terra, avaliando a influência humana no espaço. Essa investigação ressalta, principalmente, a conexão entre a qualidade da água do aquífero e os diferentes usos do solo, considerando o potencial de contaminação e o contexto ambiental naturalmente vinculado. Em outras palavras, destaca-se a importância de estudos sobre conservação e preservação dos recursos hídricos subterrâneos que levem em consideração a relação do homem em conjunto com as particularidades do aquífero e seus potenciais riscos de contaminação.

Por fim, essas obras contribuem para a conscientização sobre a importância da qualidade da água nas bacias hidrográficas e ressaltam a necessidade de preservar e proteger os recursos hídricos. As informações e dados apresentados nos estudos fornecem uma base relevante para que gestores públicos e organizações ambientais, implementem medidas de proteção e políticas adequadas para a gestão da água nesta área, contribuindo assim para a preservação desses recursos.

PUBLICAÇÃO 04 – Uma abordagem crítica do projeto RGSC no estado de SC: espaços de dependência e espaços de compromisso

A dissertação de autoria de Henning (2013) é um estudo aprofundado e detalhado que examina de forma crítica o Projeto Rede Guarani/Serra Geral (RGSG) em Santa Catarina. O autor adota uma perspectiva crítica para analisar os diferentes aspectos do projeto, buscando compreender as dinâmicas de poder, os interesses políticos e econômicos que estão envolvidos nessa iniciativa. Ademais, foram

ressaltados os avanços em números totais de produtos e ações do projeto entre os anos 2010 até 2012.

Para tal, Henning destaca o Projeto RGSG, estruturado em 6 Metas e 17 Componentes, buscando gerar conhecimentos técnicos e científicos para a proteção e uso sustentável das águas do SAIG/SG, além de reconhecer a importância do marco legal para a gestão transfronteiriça do sistema. É conduzida, portanto, uma análise quanto à implementação do projeto RGSG e seu panorama de resultados, apresentados conforme as metas.

Na referida obra, Henning (2013) aplica dois conceitos guias para melhor compreender o desenvolvimento da Rede em questão. São eles: espaços de dependência e espaços de compromisso. O primeiro deles, caracteriza-se como *locus* onde a convergência dos interesses depende das relações sociais entre as partes envolvidas no projeto, sejam elas instituições governamentais, de ensino, a comunidade etc. Importante mencionar que um dos desafios para a manutenção dessa rede relaciona-se à vulnerabilidade das influências pessoais e globais de modo, que as organizações precisam negociar com os centros de poder para manter tais espaços de dependência.

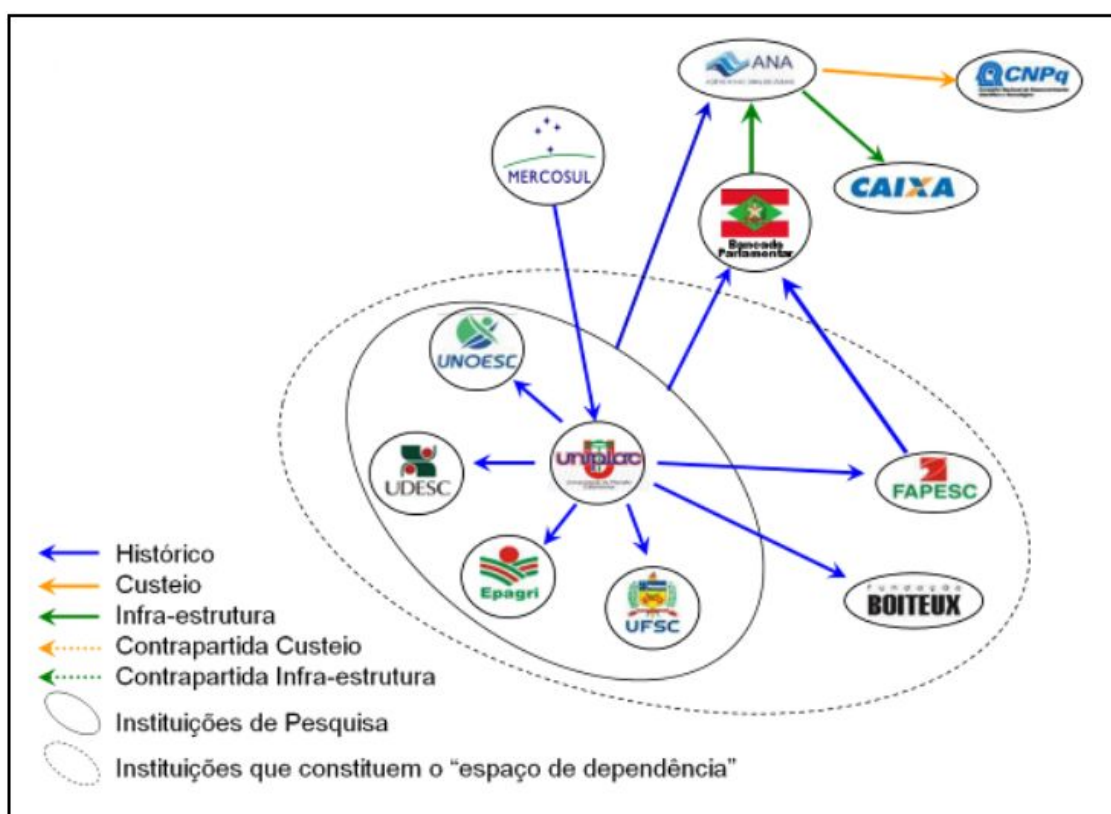
Paralelamente, os espaços de compromisso buscam preservar os espaços de dependência. São, portanto, uma construção onde as pessoas estabelecem formas mais amplas de interação social e política, podendo expandir as fronteiras das relações sociais originais. Desse modo, ambos os conceitos apresentam a complexidade da construção social do Projeto RGSG enfatizando a interação entre espaços em diferentes escalas e a necessidade de se compreender as influências locais e globais nesse contexto.

Neste contexto, é registrado o progresso significativo quanto à implementação de uma gestão participativa, considerando a adesão de pesquisadores de diversas áreas, como Juristas, Geógrafos, Geólogos, Biólogos, Químicos, Engenheiros e Cientistas Sociais, em uma colaboração interdisciplinar. Essa abordagem multidisciplinar, de acordo com o autor, permitiu uma compreensão mais abrangente dos desafios relacionados à gestão dos recursos hídricos, considerando aspectos técnicos, científicos, sociais e políticos.

A contribuição teórico/metodológica da Geografia Política, aborda o conceito de escala como construção social. Isso permitiu uma análise mais aprofundada dos

“espaços de dependência e de compromisso” no processo de construção e funcionamento da Rede. Wolkmer e Scheibe (2012) reforçam essa percepção, reconhecendo a transversalidade do desenvolvimento sustentável. Diante disso, é possível compreender a relevância que interações e relações entre diferentes atores, como pesquisadores, técnicos e agentes políticos, desempenham para a gestão dos recursos hídricos (Figura 8).

Figura 7 – Fluxograma da RGSG, desenvolvido por Henning (2013)



Fonte: Henning (2013).

O conceito de escala como construção social foi utilizado pelo autor com propósito de evidenciar o RGSG a partir do que foi descrito por Cox (1998): os dois tipos de espaços, que em resumo são: os *espaços de dependência*: lugares onde temos relações sociais importantes para nós, que nos dão bem-estar. Esses lugares podem ser ameaçados ou destruídos por relações mais globais, e para proteger esses lugares, as pessoas, empresas, agências estatais etc., se organizam e se relacionam com outros poderes sociais, o que cria outro tipo de espaço: o *espaço de compromisso*. Esse é o espaço onde se faz a política para garantir um espaço de

dependência. Esse espaço costuma ser mais abrangente que o espaço de dependência.

A obra ainda destaca a consonância do Projeto RGSG com a Política Nacional de Recursos Hídricos e com o conceito de governança. Essa harmonia corrobora para o êxito do projeto e é alcançada por meio de esquemas de cooperação bem estabelecidos e espaços de compromisso eficientes. A dinâmica da Rede, mesmo diante de desafios, como mudanças de equipe e entrada de novos atores, mantém as pesquisas em andamento, formando pesquisadores capacitados para a gestão integrada dos recursos hídricos e promovendo debates relevantes nos Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina.

No contexto da pesquisa, também são mencionados os artigos que abordam questões relacionadas à qualidade das águas na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe. Esses artigos contribuem com informações, análises e subsídios para a compreensão da problemática ambiental e a proposição de medidas para a proteção dos recursos hídricos.

A partir dessas informações, a obra demonstra a importância e o impacto, até então (2013), do Projeto RGSG na gestão dos recursos hídricos da região. Nesse contexto, o autor salienta a importância das fontes financiadoras e da nova configuração do projeto que passou a ter uma estrutura em rede, o que promoveu novas possibilidades metodológicas e expandindo a escala do campo de atuação.

De acordo com o autor, o conceito de rede implica um sistema de informações, tendo como finalidade o aprendizado coletivo. As propriedades internas dessa formatação, teoricamente, têm flexibilidade interorganizacional, e elevada capacidade de integrar competências, na medida em que a pesquisa voltada para a realização de um objetivo comum a todas as áreas, tem como pressuposto, a cooperação.

Atuar em rede traz inúmeras vantagens, mas ao mesmo tempo, apresenta desafios na sua gestão técnica-administrativa, uma vez que o RGSG abarcou diversos objetivos que se projetam em diferentes dimensões: a local, a regional e a transnacional. Desse modo, se faz necessário que os diferentes atores pertencentes à rede, atuem de modo coletivo e integrado.

Em suma, a abordagem apresentada na obra permite uma compreensão mais ampla do histórico do RGSG, documentando os desafios e potenciais

relacionados ao funcionamento das redes e o desenvolvimento das pesquisas em prol da gestão dos recursos hídricos, contribuindo no entendimento da formação de conhecimentos científicos e técnicos, assim como para a adoção de práticas sustentáveis na proteção e uso adequado das águas do SAIG/SG.

PUBLICAÇÃO 05 – Geomorfoestruturas e compartimentação tectônica do SAIG/SG em SC

A obra “Geomorfoestruturas e compartimentação tectônica do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) no estado de Santa Catarina, Brasil” de Descovi Filho (2015), já aborda um estudo detalhado das características geológicas e estruturais do SAIG/SG em escala estadual. O autor se concentra na análise das geomorfoestruturas, ou seja, nas formas de relevo resultantes da interação entre a estrutura geológica e os processos de modelagem do relevo. Através dessa análise, busca compreender a compartimentação tectônica do SAIG/SG na região estudada.

Conforme já mencionado, o SAIG/SG é um importante sistema aquífero que abrange uma vasta área na América do Sul, incluindo partes do Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. No estado de Santa Catarina, o conhecimento detalhado das geomorfoestruturas e da compartimentação tectônica do SAIG/SG é fundamental para a gestão sustentável dos recursos hídricos e para a proteção desse importante aquífero. O estudo dessas características geológicas permite identificar as áreas de maior permeabilidade e as conexões entre os diferentes compartimentos do aquífero. Ademais, compreender tais condições também possibilita interpretar a movimentação das águas no subsolo, bem como, avaliar os fluxos de água, a recarga e descarga do aquífero.

A investigação das geomorfoestruturas e da compartimentação tectônica do SAIG/SG, contou com a revisão bibliográfica com vistas a embasar a pesquisa e situá-la no contexto dos estudos anteriores sobre a compartimentação tectônica em Santa Catarina e em outras regiões. O uso dessa metodologia permitiu ao autor a identificação e comparação dos resultados obtidos na pesquisa com os resultados de estudos anteriores, bem como, a análise da contribuição da pesquisa para o avanço do conhecimento na área geológica e geotécnica.

A investigação também contou com uma combinação de métodos e técnicas de mapeamento, inclusive com o levantamento de informações realizado a partir do

trabalho em campo. Ademais, contou-se com a utilização de dados espaciais e cartográficos disponíveis *online*, como os levantamentos altimétricos por imagens SRTM, o uso de banco de dados hidrogeológicos com equipamentos como notebook, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) Garmim Colorado 400 T e a câmera digital. Essa abordagem multidisciplinar permitiu uma compreensão mais otimizada das características geológicas e estruturais da região.

Utilizando técnicas de mapeamento, o referido autor identifica e delimita as principais estruturas geológicas presentes na área de estudo. Isso inclui falhas, fraturas e dobras, que desempenham um papel fundamental na formação e evolução do relevo. Através de observações de campo e análise de dados geofísicos, como levantamentos sísmicos ou estudos gravimétricos, ele obtém informações sobre a distribuição e a orientação dessas estruturas.

Uma vez que as estruturas geológicas são identificadas, Descovi Filho descreve e classifica cada uma delas. Ele investiga a natureza das falhas, suas características, como deslocamento, orientação e extensão, e sua influência na formação do relevo. Além disso, ele analisa as fraturas e dobras presentes na região, compreendendo sua geometria e sua relação com as características observadas no relevo.

Um dos aspectos inovadores do trabalho de Descovi Filho é a ênfase dada aos grandes alinhamentos estruturais do embasamento da bacia do Paraná na interconexão entre os aquíferos. Essa compreensão das relações entre as estruturas tectônicas e a hidrogeologia é fundamental para a gestão adequada dos recursos hídricos subterrâneos. A identificação e classificação dos blocos tectônicos hidrogeológicos, como alçados, escalonados e abatidos, contribuem para uma análise mais precisa das características hidrogeológicas e dos potenciais de exploração sustentável dos aquíferos.

A metodologia proposta, baseada em informações geomorfológicas, geológicas e no uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), permite uma análise precisa e integrada da geomorfoestrutura e compartimentação tectônica do sistema aquífero. A criação e análise das camadas temáticas, seções transversais, blocos geomorfoestruturais e blocos tectônicos e hidrogeológicos fornecem uma representação visual e espacial das características do SAIG/SG, facilitando a compreensão e a tomada de decisões relacionadas à gestão dos recursos hídricos.

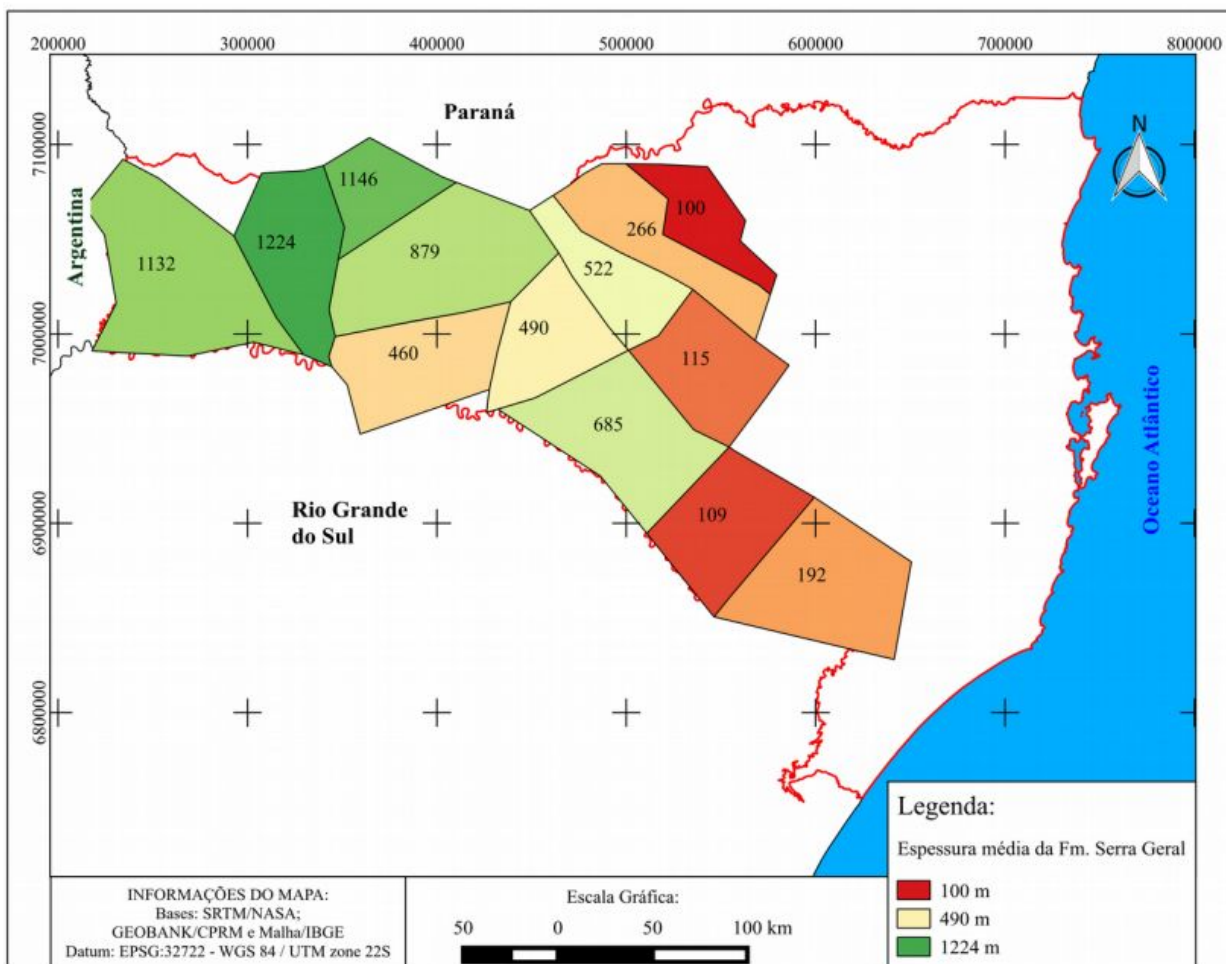
Adicionalmente, a interpretação geomorfológica realizada nesta pesquisa baseou-se na análise da hipsometria, sombreamento, declividade e imagem composta. A partir desses elementos, as informações sobre os blocos geomorfoestruturais e hidrogeológicos foram dissecadas e comparadas. Os blocos geomorfoestruturais são considerados áreas com padrões geomorfológicos semelhantes, distinguindo-se das demais devido à variação de declividade, altitude e direções preferenciais de alinhamento. Essa caracterização revela a possibilidade de compartimentação dos blocos por meio da acomodação tectônica das unidades geológicas.

Os resultados dessa análise contam com a apresentação de cruzamentos expressivos de geomorfoestruturas localizados ao centro, oeste e na borda leste de Santa Catarina, com contribuição das informações de Zalán *et al.* (1990), Soares *et al.* (2007), Milani *et al.* (2007), Fraga (1992), Lisboa (1996), e Nanni (2008).

Ademais, observa-se que na apuração feita com o diagrama de roseta ao esquadrihar o total de 2.484 lineamentos, foi constatado que as direções estruturais estavam dispostas ao NE e NW, em consonância com Nanni (2008). A explicação para tal tendência era o contexto geotectônico da região, nomeados de Embasamento cristalino e a Bacia Sedimentar do Paraná, informou Descovi Filho.

A Figura 9 abaixo traz as espessuras médias do SASG, pontuando algumas características da região estudada. Por exemplo, conforme o mapa avança ao oeste o valor médio das espessuras aumenta, alcançando a máxima de 1224m, enquanto ao leste, a ocorrência alcança a média de 100m em um dos blocos tectônicos. A explicação para tal fenômeno se dá, principalmente, pela formação da Bacia do Paraná, bem como a geologia e geomorfologia do estado de Santa Catarina.

Figura 8 – Mapa das Espessuras Médias do SASG (por blocos) no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Descovi Filho (2015, p. 146).

Importante mencionar que as geomorfoestruturas e a compartimentação tectônica têm um impacto significativo no comportamento hidrogeológico do SAIG/SG. Enfatiza-se, portanto, que a ideia de aquífero contínuo não se sustenta nesse contexto, tendo em vista as divisões naturais discutidas na tese. A desconexão influencia na velocidade e na direção dos fluxos de água, a armazenagem e a disponibilidade de água subterrânea, bem como a qualidade das águas presentes no aquífero. Compreender essa disposição favorece iniciativas adequadas de gestão sustentável dos recursos hídricos. Para tal, o autor sugere:

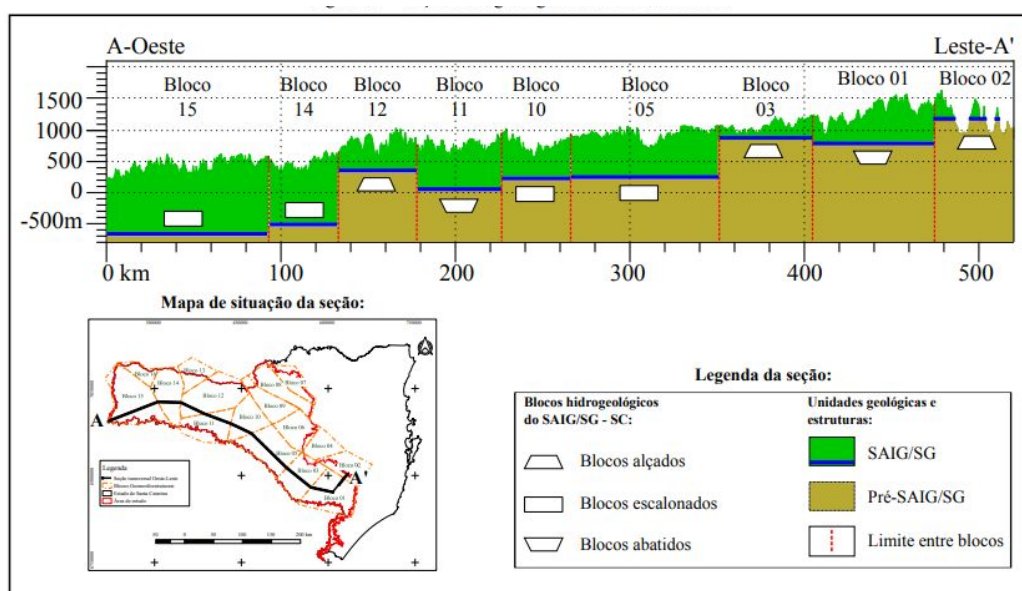
[...] Incluindo a sua desconexão lateral, que influencia os fluxos subterrâneos de forma quali-quantitativa, ora posiciona o SAG ao lado do

SASG e ora o coloca ao lado das formações pré-SAG, permitindo assim, a mistura de águas e condicionando seu tempo útil (e qualidade para...) de aproveitamento (Descovi Filho, 2015, p.156).

A citação acima expressa como o conhecimento das geomorfoestruturas e da compartimentação tectônica permite identificar e compreender essas áreas, além de suas limitações quanto a situações de maior vulnerabilidade a processos de contaminação, como poluição por atividades humanas ou vazamentos de substâncias tóxicas. Além disso, o fato do SAG apresentar compartimentação distinta condicionada a cada tipo de bloco hidrogeológico, evidencia a segmentação tectônica de cada trecho, bem como as diferenças de qualidade e quantidade das águas subterrâneas, dado o posicionamento do SAG.

Essas informações auxiliam na definição de estratégias de proteção dessas áreas sensíveis e na implementação de medidas preventivas para garantir a qualidade das águas subterrâneas. Diante disso, o autor elaborou uma Seção Hidrogeológica que demonstra a distribuição espacial dos blocos (Figura 10):

Figura 10: Esboço de Seção Hidrogeológica do SAIG/SG em Santa Catarina.



Fonte: Descovi Filho (2015, p. 153).

Por meio da interrelação e análises das estruturas geológicas em conjunto com as características do relevo, o referido pesquisador sugeriu três classes de blocos – alçados, escalonados e abatidos – tal como emergem na configuração geomorfoestrutural estudada, conforme a figura 10 apresenta. A tese em questão atribui as escarpas íngremes ou os vales profundos à ocorrência de determinadas falhas tectônicas. Tal análise reforça os limites dos blocos estudados, bem como promove uma contribuição na compreensão mais abrangente da interdependência entre a geologia e o relevo na área de estudo.

Portanto, a abordagem geológica e geotécnica adotada pelo autor permite uma investigação detalhada das geomorfoestruturas e da compartimentação tectônica do SAIG/SG em Santa Catarina. Essa análise contribui para o entendimento do funcionamento hidrogeológico do aquífero, a identificação de áreas de vulnerabilidade e a tomada de decisões informadas na gestão dos recursos hídricos, uma vez que propõe a identificação de áreas propícias para captação de água, a delimitação de zonas de recarga e áreas de proteção, além de embasar ações de monitoramento e controle da qualidade das águas subterrâneas.

PUBLICAÇÃO 06 – Qualidade da água subterrânea do Sistema Aquífero Serra Geral na região Oeste do estado de Santa Catarina

A publicação 06, intitulada “Qualidade da água subterrânea do sistema aquífero Serra Geral na região Oeste do estado de Santa Catarina-BR”, de autoria de Fábio Luiz Carasek, apresenta um estudo aprofundado sobre o tema e tem como objetivo avaliar a qualidade da água utilizada para consumo humano nessa região, levando em consideração parâmetros físicos, químicos e a presença de metais pesados. Ademais, buscou identificar os principais contaminantes detectados nas amostras, bem como analisar a tendência de fluxo subterrâneo, e por fim, foram propostas medidas para manutenção da qualidade hídrica subterrânea na área de pesquisa.

A estrutura da dissertação foi dividida em três partes: uma revisão teórica sobre águas subterrâneas e vulnerabilidade à contaminação, um artigo científico com os resultados da pesquisa e uma conclusão geral sobre o estudo e suas perspectivas futuras.

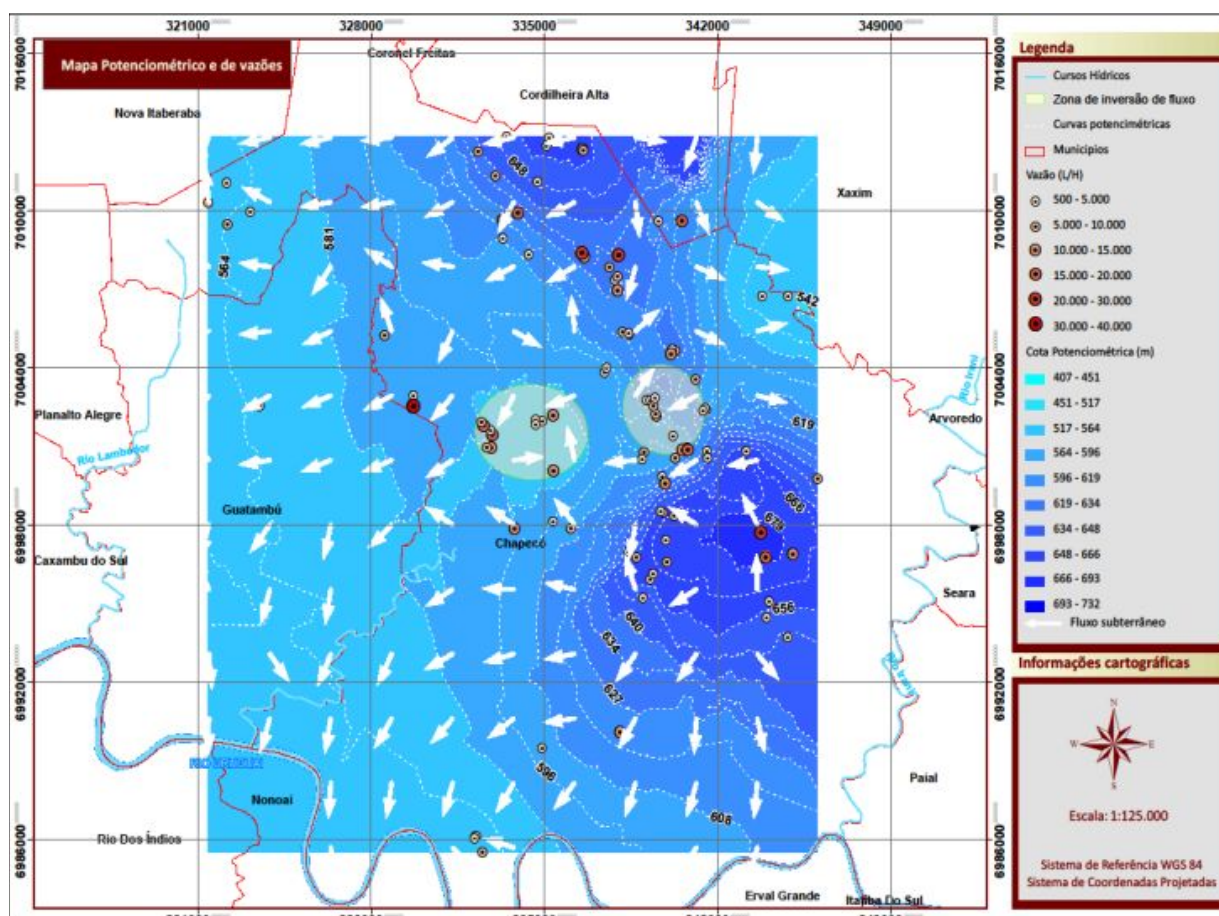
A metodologia utilizada no estudo é descrita de forma detalhada, abrangendo a seleção dos 100 poços de amostragem, a coleta das amostras de água subterrânea e a análise laboratorial dos parâmetros físico-químicos e dos metais pesados. Também é abordada a utilização da análise geoestatística para avaliar a distribuição espacial dos parâmetros analisados. É interessante mencionar que a metodologia apresentada pode ser replicada em outras regiões para avaliar a qualidade da água subterrânea.

Além disso, foram detectadas presenças de cobre (Cu), nitrito (NO^{2-}) e nitrato (NO^{3-}) em diferentes poços, mas em concentrações que não ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação para consumo humano. No entanto, o autor frisa a importância de monitorar esses parâmetros, especialmente em áreas urbanas, onde a presença de cobre pode estar relacionada à ocupação do solo e à infraestrutura urbana.

Um ponto de substancial relevância deste trabalho é a análise geoestatística dos dados, pois esta permitiu uma avaliação mais detalhada da distribuição espacial dos parâmetros analisados, auxiliando na identificação de possíveis áreas de contaminação e no estudo das áreas de recarga dos aquíferos. Mais adiante, o desenvolvimento da análise da tendência de fluxo das águas subterrâneas representa a influência da declividade topográfica quanto a sua movimentação, em outras palavras as águas subterrâneas geralmente estão condicionadas aos principais cursos de água da região (FEITOSA; MANOEL, 2008).

Foi constatado que parte das águas subterrâneas dessa pesquisa habitualmente seguiam do sentido Norte para Sul, e com cotas potenciométricas de Norte para Oeste. Embora haja áreas em que esse fluxo seja invertido, o autor pontua que isso deve-se à ocorrência de zonas de cotas potenciométricas baixas. O mapa abaixo foi elaborado pelo autor com propósito de representar as tendências dos fluxos das águas subterrâneas (Figura 11):

Figura 9 – Modelo potenciométrico das tendências de direção do fluxo das águas subterrâneas do aquífero e vazão dos poços para a área de estudo na região oeste de Santa Catarina.



Fonte: Carasek (2015)

O estudo de Carasek ressalta a importância da qualidade da água subterrânea na região oeste de Santa Catarina e a necessidade de monitoramento constante dos parâmetros analisados e coloca em evidência a relevância da análise geoestatística como uma ferramenta para a gestão eficiente dos recursos hídricos. Contudo, o próprio autor pontua que para a avaliação de fluxo de água subterrânea deve-se utilizar uma área macro e com maior número de poços.

Os resultados obtidos indicam que, de modo geral, a qualidade da água subterrânea na área de estudo é satisfatória para consumo humano. No entanto, foram observadas concentrações elevadas de ferro (Fe) e manganês (Mn) e Nitrato (NO₃⁻) em alguns poços, o que está relacionado às características geológicas e do uso do solo da região. Essas substâncias podem representar um problema para a potabilidade da água e requerem monitoramento contínuo. O autor ainda ressalta que a saturação do solo por compostos nitrogenados colabora diretamente para o

aumento de NO₃⁻ nas águas subterrâneas, pois a filtragem natural ocorre pelo solo e quando saturado o processo de filtração acaba sendo ineficaz.

Além disso, Carasek ressalta a importância de ações de monitoramento e controle da poluição, que envolvem a fiscalização de atividades industriais e iniciativas de educação ambiental para a população local. Para evitar a contaminação da água, é recomendada a restrição de atividades poluidoras em áreas próximas a poços de captação. Outra sugestão é adotar práticas agrícolas sustentáveis, como a redução do uso de fertilizantes e pesticidas, a fim de evitar a contaminação da água subterrânea por compostos químicos nocivos, como o nitrato. Por fim, a pesquisa enfatiza o fortalecimento da gestão ambiental na região, por meio da implementação de políticas públicas e práticas de gestão que visem à proteção da água subterrânea e do meio ambiente em geral.

Em síntese, a pesquisa fornece informações representativas sobre a qualidade das águas subterrâneas no Oeste de Santa Catarina, conferindo uma abordagem multidisciplinar que envolve conceitos e técnicas de áreas como a geologia, hidrologia, química e estatística. Os resultados indicam que a qualidade das águas subterrâneas na região é influenciada por fatores como a presença de atividades humanas (urbanas e rurais), a geologia local e as condições climáticas. Verificou-se a presença de contaminantes químicos em algumas amostras de água, indicando a necessidade de monitoramento e gestão adequados desses recursos hídricos.

PUBLICAÇÃO 07 – Hidroquímica das águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral nos municípios de Águas Frias e Quilombo, SC

O estudo intitulado “Hidroquímica das águas do sistema aquífero integrado Guarani/Serra geral nos municípios de Águas Frias e Quilombo-SC”, de Mariana M. Blank (2017), destaca a importância das águas subterrâneas no desenvolvimento da região oeste de Santa Catarina, com enfoque nos sistemas aquíferos Serra Geral (SASG) e Guarani (SAG). Esses aquíferos são considerados integrados devido a pesquisas anteriores que identificaram a mistura entre suas águas, possibilitada por extensas fraturas regionais que permitem a circulação.

O objetivo da pesquisa foi analisar as características hidroquímicas de 31 amostras de poços tubulares do SASG nos municípios de Águas Frias e Quilombo,

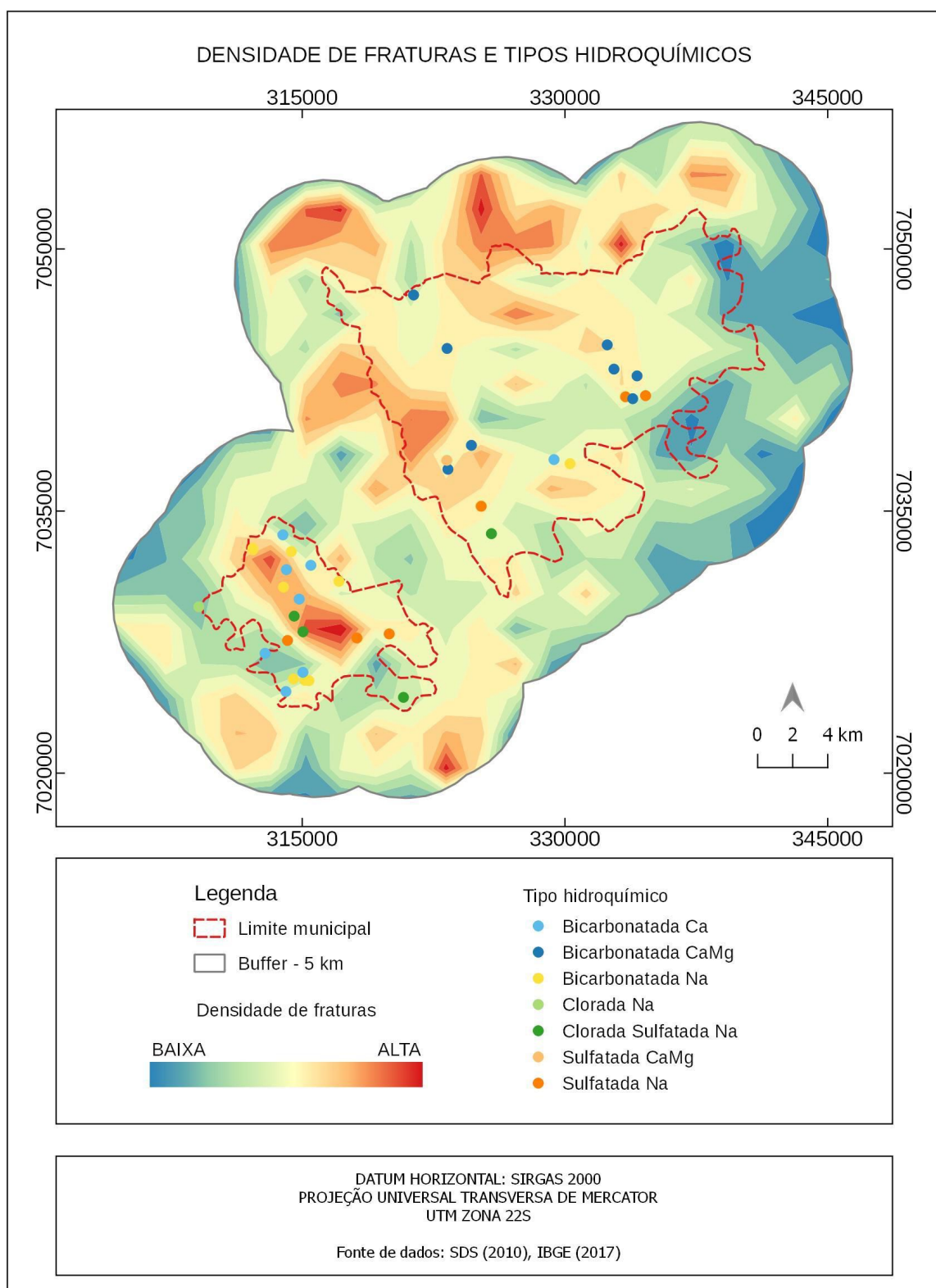
localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Chapecó. A análise visou classificar as águas hidroquimicamente e identificar possíveis misturas com as águas do SAG e/ou aquíferos permianos subjacentes.

Para isso, os pesquisadores calcularam o balanço iônico e filtraram os resultados com uma margem de erro máxima de 10%. Em seguida, as águas foram classificadas utilizando o diagrama de Piper, considerando a proporção dos principais íons como HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ e K^+ . Além disso, os parâmetros sólidos totais dissolvidos (STD), pH e condutividade foram divididas em quatro classes com base nos quartis estatísticos e no método Boxplot para identificar valores discrepantes.

Os resultados revelaram a presença de sete tipos hidroquímicos principais. As águas bicarbonatadas-cálcicas-magnesianas e bicarbonatadas-cálcicas foram consideradas características do SASG, indicando um menor tempo de residência. Por outro lado, as águas bicarbonatadas-sódicas sugeriram um tempo de residência mais longo e/ou mistura com as águas provenientes do SAG por recarga ascendente. As águas cloradas-sulfatadas-sódicas, cloradas-sódicas, sulfatadas-cálcicas e sulfatadas-sódicas foram associadas a porções mais profundas do SAG e dos aquíferos permianos subjacentes, apontando um maior tempo de residência.

As classes evidenciadas através do Boxplot permitiram identificar áreas com valores extremos de STD, pH e condutividade. Valores mais elevados, acima do limite superior da faixa central, indicaram águas com maior tempo de residência e/ou mistura entre o aquífero superior e os aquíferos mais profundos. Por outro lado, valores mais baixos, abaixo do limite inferior da faixa central, sugeriram águas com menor tempo de residência, com tendência a serem influenciadas por fatores meteorológicos. Além disso, a avaliação da distribuição espacial dos tipos hidroquímicos e das demais classes revelou a existência de um alinhamento principal, indicando a ocorrência de águas com características típicas de mistura. Essa distribuição pode estar relacionada a estruturas tectônicas que permitem a ascensão das águas dos aquíferos profundos, no caso, o SAG ou aquíferos inferiores (Figura 12)

Figura 10 – Mapa de densidade de fraturas com os tipos hidroquímicos dos poços da área de estudo.



Fonte: Blank (2017).

No contexto hidrogeológico da região estudada, entender a hidroquímica das águas subterrâneas é fundamental para diferenciar sua proveniência e compreender sua evolução. A identificação dos tipos hidroquímicos e a análise das características das águas fornecem insights sobre a interação entre os aquíferos, bem como sobre o tempo de residência e os processos de recarga que ocorrem na área de estudo.

Este estudo traz contribuições inovadoras no campo da hidroquímica das águas subterrâneas, especificamente no contexto do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral nos municípios de Águas Frias e Quilombo, em Santa Catarina. O principal aspecto inovador reside na investigação da mistura entre os aquíferos SASG e SAG, por meio da análise das características hidroquímicas das amostras de água.

A abordagem utilizada, que combina cálculos de balanço iônico, diagrama de Piper e classificação através de parâmetros hidroquímicos, permite diferenciar e compreender a proveniência das águas subterrâneas, além de identificar as possíveis interações entre os aquíferos envolvidos. Análises como essa são fundamentais para a gestão adequada dos recursos hídricos na região, pois fornecem informações valiosas sobre a qualidade e a origem das águas subterrâneas.

A importância desse estudo para a sociedade se apresenta, principalmente, através do reconhecimento das características hidroquímicas das águas subterrâneas. A compreensão de tais especificidades favorece decisões mais assertivas quanto ao abastecimento de água, tanto para o consumo humano quanto para atividades agrícolas e industriais. Compreender a origem e a evolução das águas subterrâneas ajuda a identificar possíveis fontes de contaminação e a implementar medidas de proteção e preservação desses recursos naturais.

Diante disso, o estudo pode fornecer subsídios para o planejamento de políticas públicas voltadas para a gestão sustentável dos aquíferos envolvidos. Uma vez que ao reconhecer as diferentes classes hidroquímicas e a distribuição espacial dos tipos de água, é possível estabelecer zonas prioritárias de monitoramento e implementar estratégias eficazes de gerenciamento dos recursos hídricos.

PUBLICAÇÃO 08 – Efeitos da modificação do uso da terra sobre o comportamento do escoamento em área de descarga do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral

O trabalho intitulado “Efeitos da modificação do uso da terra sobre o comportamento do escoamento em área de descarga do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral”, de Geovano Pedro Hoffmann (2017), aborda a interação entre águas subterrâneas e superficiais em uma área específica da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, localizada em Santa Catarina. Com o objetivo de compreender a dinâmica hidrológica e os efeitos das mudanças no uso e cobertura da terra, a pesquisa adotou uma abordagem integradora que considera os aspectos físicos, naturais e socioeconômicos do ambiente.

A dissertação apresenta como recorte espacial a porção alta da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas em Santa Catarina, abrangendo desde as nascentes nos contrafortes da Serra Geral até a estação hidrometeorológica de Vila Canoas, que mais especificamente está localizada nas coordenadas geográficas de latitude 27°48'14”S e longitude 49°46'45”, sendo abrangidos um total de 1021,05 km² dos municípios de Urubici, Rio Rufino e Bom Retiro. A área de estudo está inserida no domínio do SAIG/SG. O autor menciona que a bacia hidrográfica em questão conta com estreita zona de afloramento do SAG.

De acordo com o autor, a literatura que versa sobre a cobertura da terra e o escoamento é dispersa e fragmentada, mas alguns estudos específicos foram trazidos para explicar os efeitos da conversão de florestas para monocultivos, pastagens e urbanização sobre o escoamento. Com efeito, Noretto *et al.* (2012) reforçam como a vegetação exerce um papel importante na regulação hidrológica e que a substituição da vegetação por outros usos da terra pode afetar o comportamento do escoamento. Portanto, as principais mudanças no uso da terra que afetam o comportamento do escoamento na região estudada podem incluir a conversão de florestas em monocultivos, pastagens e áreas urbanas, bem como a remoção da vegetação em geral.

Uma das principais contribuições deste estudo foi a análise da evolução do uso e cobertura da terra ao longo do tempo, por meio de mapeamento multitemporal. Utilizando imagens de satélite e aerofotografias dos anos de 1957, 1976, 1997 e 2017, foi possível identificar as transformações na paisagem e quantificar as diferentes categorias de uso da terra, como florestas, pastos, áreas cultivadas e pavimentos. Essa análise permitiu compreender as mudanças socioeconômicas e ambientais que afetaram a região, como a expansão da agricultura e pecuária, a urbanização e a preservação de áreas florestais.

Os resultados também evidenciaram a importância das florestas na regulação do balanço hídrico e na recarga das águas subterrâneas. Ao longo do período analisado, observou-se um aumento significativo da área de florestas, principalmente nas encostas onde aflora o Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG). Essa expansão das áreas florestais contribuiu para o aumento da infiltração da água no solo e, conseqüentemente, para a recarga das águas subterrâneas, em consonância com outros estudos, tais como Gilfedder *et al.* (2012), Zhang e Schilling, (2006), Juckem *et al.* (2008), Ogden *et al.* (2013).

Os principais condicionantes antropogênicos que afetam o escoamento de águas na bacia hidrográfica incluem a substituição da vegetação por outros usos da terra, como por exemplo, áreas cultivadas e pastos – essas categorias estão em acordo com Kibler (1982) *apud* Porto *et al.* (2000). Ademais, foram utilizados como base para o desenvolvimento da pesquisa o processamento de dados, a definição de cada parâmetro e a descrição do método utilizado para tal. A obra também descreve a elaboração e desenvolvimento de um método para a estimativa do escoamento superficial médio.

Esse estudo possibilitou a avaliação e discussão dos efeitos das mudanças no uso e cobertura da terra no comportamento do escoamento das águas subterrâneas. Através da análise de dados de vazão e do uso de modelos hidrológicos, foi possível quantificar o fluxo de base e estimar a velocidade média do escoamento superficial para diferentes categorias de uso da terra. Verificou-se que a expansão das áreas florestais resultou em uma redução das velocidades médias do escoamento superficial, contribuindo para a diminuição do risco de enchentes e para a melhoria da disponibilidade hídrica na região.

Outro aspecto inovador da obra foi discutir perspectivas de gestão integrada de águas para o SAIG/SG com vistas ao melhoramento da condição ambiental da interação aquífero-rio na região ao fornecer a análise de dados dos aquíferos, como por exemplo, o fluxo de base de carga e descarga de águas, a velocidade média do escoamento superficial, dividido conforme sua declividade, bem como a comparação temporal dos dados de recarga e precipitação. O autor contrasta, por exemplo, que entre os períodos de 1957 e 1976 houve a redução na recarga e descarga de águas subterrâneas, sendo apontadas como possíveis causas o uso do solo para a criação de pastos e áreas cultivadas. Contudo, com o novo desenvolvimento da cobertura florestal e o aumento do total de precipitação, o período entre 1976 e 2017

apresentou um melhoramento quanto à infiltração de águas, reiterando a influência das atividades antropogênicas e a gestão hídrica.

Em suma, a investigação buscou a compreensão do funcionamento das relações aquífero/rio no SAIG/SG, considerando as alterações no uso da terra e suas consequências nas taxas de recarga dos aquíferos e no escoamento superficial das águas em regime de fluxo de base. As conclusões do estudo de Hoffmann apontam para a importância da gestão integrada de águas subterrâneas e superficiais na região do SAIG/SG. Propõe-se a implementação de estratégias de reconfiguração do uso da terra, como a criação de áreas protegidas, o uso de tecnologias sociais para a gestão de águas e a adoção de abordagens hidrogeológicas nas políticas públicas. Essas estratégias visam preservar o equilíbrio dinâmico ambiental, estimular a recarga das águas subterrâneas e garantir a disponibilidade hídrica de forma sustentável.

PUBLICAÇÃO 09 – Os Usos e a Qualidade das Águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral – SAIG/SG no Município de Chapecó-SC:

A tese desenvolvida por Facco (2018) denominada “Os Usos e a Qualidade das Águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral – SAIG/SG no Município de Chapecó-SC”, visou avaliar as condições e usos das águas subterrâneas no Oeste de Santa Catarina, com foco no desenvolvimento de informações para a gestão integrada. A investigação foi realizada através da coleta e análises microbiológicas e físico-químicas de amostras de 105 poços, sendo 100 do SASG e apenas 5 do SAG. Nota-se a busca de variáveis diversificadas, uma vez que do total de amostras 50 são de zonas urbanas e 55 de zonas rurais na região metropolitana de Chapecó; ademais, foram aplicados diagramas de classificação hidroquímica para analisar a qualidade das águas e sua adequação para fins de irrigação.

Os dados microbiológicos e físico-químicos do estudo foram posteriormente tratados com o programa QualiGraf, ferramenta que colaborou na visualização efetiva das informações. A escolha desse recurso colabora com o respaldo e clareza dos dados apresentados, uma vez que conta com o uso e desenvolvimento do Departamento de Recursos Hídricos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, do Ceará. A tese contou também com o

levantamento de dados históricos de uso das águas, uma vez que o contexto de utilização faz parte do diagnóstico da qualidade.

A obra buscou utilizar o método Geossistema-Território-Paisagem (GTP) para analisar o contexto da área de estudo, pode-se afirmar que o sistema GTP desempenha uma contribuição significativa no entendimento das relações naturais e sociais, uma vez que busca trabalhá-las em uníssono. A tese também menciona que o GTP, proposto por Bertrand, é muito usado para análises em escalas reduzidas. Dentre as análises propostas, destaca-se as especificidades do território de Chapecó, como a rede pública coletora de esgoto que está presente em apenas 40% da cidade (CASAN, 2017), e em paralelo, por meio de entrevistas, constatou-se que 55% dos entrevistados fazem o uso de “fossa negra”. A autora reforça o descumprimento por parte da gestão municipal em relação ao gerenciamento do sistema de recursos hídricos no município e evidencia a fragilidade tanto no atendimento quantitativo quanto qualitativo do abastecimento de água potável pela concessionária na zona urbana.

Por conseguinte, outras especificidades consideradas foram os principais usos da água na área de pesquisa, observou-se que estão ligados ao setor primário – produção de grãos, aves, suínos e gado leiteiro – e ao setor secundário – beneficiamento de matéria-prima proveniente do setor agropecuário. Além do uso de água em grande escala, essas atividades econômicas são consideradas de alto potencial contaminante, refletindo na degradação das águas superficiais do estado de Santa Catarina, conforme as seguintes pesquisas, Lopes (2012); Filipini (2013); Olivo *et al.* (2015); Carasek (2016); Trindade (2016). Uma vez evidenciada a contaminação dos recursos hídricos superficiais, nota-se um aumento na procura por alternativas de abastecimento, o que acentua o uso das águas subterrâneas. Essa relação suscita preocupações acerca da qualidade das águas dos aquíferos, especialmente devido à limitada fiscalização e gestão dos poços perfurados.

Em seguida, visando abordar a qualidade das águas subterrâneas, foram identificadas as características físicas dos poços cujas amostras foram coletadas, esse aspecto compreende a profundidade média dos 105 poços. Os registros do SASG em zona rural são de cerca 150m, enquanto em zonas urbanas são 162,25m. Em relação ao SAG, é importante considerar que as amostras coletadas estavam somente em zonas rurais, assim sendo, a média foi de 742m de profundidade.

Salienta-se que ao considerar o histórico dos poços, o estudo pode observar um acentuamento da profundidade com o passar dos anos.

Quanto às noções químicas, o parâmetro de Oxigênio Dissolvido em Água (ODB), revela níveis baixos para ambos os aquíferos: essa condição é esperada e se explica pela infiltração das águas nas zonas saturadas e demais reações químicas que ocorrem durante esse processo. Por outro lado, as amostras hidroquímicas do SASG indicam desconformidades em relação aos componentes analisados, foram constatados a presença de Mg, Fe, Mn e NO_3^- em todos os 100 poços, embora parte desses resultados sejam justificados pelo intemperismo físico. Ainda sobre as águas do SASG, 15 poços apresentaram alterações no pH, das quais, três amostras tiveram turbidez alterada. Em relação as alterações no pH, 10 poços estão localizados no perímetro rural e 5 no perímetro urbano.

Os poços com pH ácido (abaixo de 6,0) revelaram presença de NO_3^- (nitrato) em concentrações variadas de 0,66 a 6,99mg/L, com média de 4,21 mg/L, indicando possível infiltração de águas superficiais, provavelmente devido a perturbações ambientais próximas. Ademais, esses poços com pH abaixo de 6,0 estão associados a fontes potenciais de contaminação, como fossas negras, aviários, hortas experimentais, açudes, lavouras, postos de combustíveis, córregos urbanos e lava-carros. Entre esses poços, apenas três também apresentaram baixas concentrações de coliformes totais (1,0 e 4,2 NNP/100mL), sugerindo que a infiltração direta de águas superficiais é improvável, e a alteração do pH é mais plausível devido à saturação do solo nas áreas onde os poços estão inseridos.

A pesquisa ainda reforça quanto à presença de coliformes fecais *Escherichia coli* e coliformes totais nas amostras. Verificou-se que 11 poços apresentaram coliformes fecais, sendo 8 na zona urbana e 3 na zona rural. Quanto aos coliformes totais, 47 poços estavam contaminados, sendo 27 na zona urbana e 15 na zona rural. A contaminação é preocupante, especialmente em poços comunitários usados para consumo humano e sem tratamento adequado. Nas zonas rurais, a agropecuária intensiva contribui para a contaminação do solo e das águas subterrâneas por meio do descarte inadequado de dejetos animais. Os microrganismos patogênicos têm capacidade de sobreviver no solo por longos períodos, representando uma ameaça contínua para a qualidade da água.

Por outro lado, as águas coletadas no SAG, apresentaram valores elevados de sódio ou salinidade. A classificação das águas desse aquífero indicou a presença

de águas sódicas magnesianas sulfatadas e sódicas magnesianas mistas, os resultados evidenciam que o pH aumenta com a profundidade do topo do aquífero. Esse aumento de pH está acompanhado, de forma exponencial, pela alcalinidade total e pelos cloretos. A presença de cloretos é atribuída a minerais altamente solúveis, como halita (NaCl) e silvita (KCl), os quais podem ser responsáveis pela liberação desse ânion nas águas profundas do SAG (Freeze; Cherry, 1979). Quanto aos resultados para coliformes fecais, os valores foram negativos, não indicando a presença desses microorganismos, condição esperada devido a profundidade e as barreiras naturais do SAG, observaram os autores.

Observa-se a convergência dessas informações, em outras fontes tais como ANA (2005), que frisam restrições quanto à potabilidade no SAG, principalmente ao conteúdo de sólidos totais dissolvidos (média de 521,3 mg/l), ademais, essas águas contam com características como o alto nível de salinidade e fortemente sódicas. Foram consideradas, portanto, inadequadas para a irrigação e consumo humano. (Freitas *et al.*, 2003; Cardoso, Oliveira *et al.*, 2007).

Em resumo, concluiu-se que as amostras de águas coletadas no SASG possuem características adequadas para o consumo humano, de maneira geral, atendem aos critérios e funções quanto ao uso socioeconômico e ambiental. Ao contrário dos poços do SAG, cujas amostras apresentaram restrições devido a valores elevados de sódio, ademais das dificuldades em atingir a Formação Botucatu e a profundidade localizada. A autora pontua sobre a necessidade de mais estudos e análises das águas do SAG na região, uma vez que essas informações são relevantes para a gestão dos recursos hídricos.

Este estudo apresenta como principais contribuições a elaboração de dados acurados sobre as características e a qualidade das águas subterrâneas em escala municipal, bem como o histórico dos poços e aumento de demanda e uso para a irrigação. Esses conhecimentos corroboram para o manejo sustentável e reconhecimento de condições específicas dessas águas, levando em consideração principalmente como o uso da terra pode influenciar na qualidade e manutenção desse recurso e deve ser contabilizado durante as tomadas de decisões relacionadas ao uso eficiente da água e na proteção desses aquíferos.

De forma geral, os resultados da pesquisa indicaram que a qualidade das águas subterrâneas em questão é satisfatória, embora recomendou-se maior fiscalização quanto aos poços, uma vez que dos 105 poços estudados, 55 não

possuíam sequer outorga. Acrescenta-se ainda a negligência dos proprietários dos poços com a proteção e manutenção, o que pode levar a problemas de oxidação e infiltração, condições verificadas por essa pesquisa. Diante disso, concluiu-se que há a necessidade de medidas mitigatórias com extrema urgência em relação ao manejo dos recursos hídricos na região, instigar opções de saneamento rural, reúso de águas e o monitoramento adequado. Por fim, foi sugerido o cumprimento das leis municipais, no que se refere aos procedimentos de limpeza e desinfecção das máquinas que perfuram os poços, uma vez que podem contaminar as águas subterrâneas.

PUBLICAÇÃO 10 – Blocos Hidrogeológicos, Vulnerabilidade Natural E Risco À Contaminação Do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral Em Santa Catarina

A Nota Técnica intitulada “Blocos Hidrogeológicos, Vulnerabilidade Natural e Risco à Contaminação do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral em Santa Catarina” configura e retrata os resultados que a Meta 1, Componente 1 (M1C1) do projeto RGSG alcançou. Essa meta, em suma, tem como objetivo a coleta de dados hidrogeológicos, mapeamento geológico-estrutural e avaliação da vulnerabilidade natural e do risco à contaminação da área de ocorrência do SAIG/SG em escala 1:250.000. Diante disso, para a estruturação dessa pesquisa, foram utilizadas como base de dados, os produtos desenvolvidos pelo próprio projeto RGSG, agrupando as informações e centralizando-as em bases cartográficas, bem como, a nota técnica.

Ademais, percebe-se que a estruturação deste trabalho visa incentivar a gestão adequada dos aquíferos, principalmente para garantir o abastecimento da população e o desenvolvimento econômico da região em conformidade com a natureza. Ademais, os autores reforçam o quanto é fundamental uma base de dados robusta e capaz de compreender a vulnerabilidade natural dessas unidades e o risco de contaminação, considerando o uso da terra em superfície, subsuperfície e em profundidade, que podem comprometer a qualidade e quantidade das águas subterrâneas.

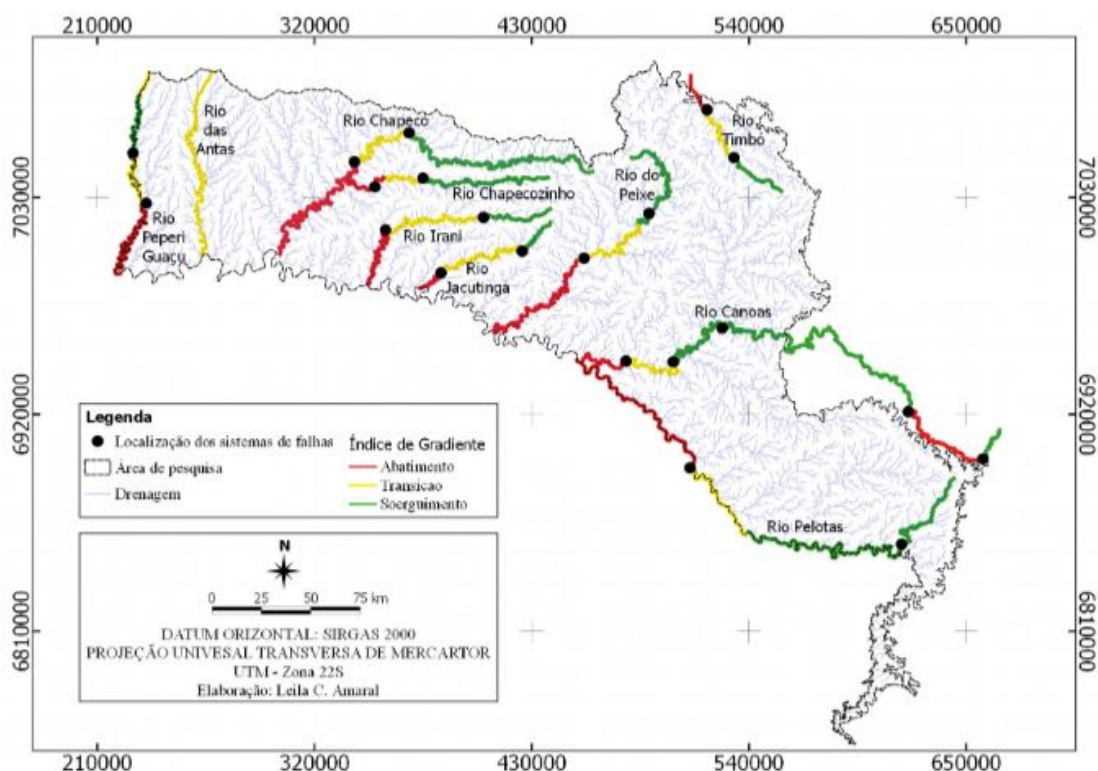
O desenvolvimento do Projeto RGSG contou com a elaboração de diversos produtos intermediários, como trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Algumas dessas pesquisas abordaram temas relacionados à área de estudo da M1C1 e forneceram suporte para esse trabalho.

Esses produtos são complementares ao estudo da vulnerabilidade e risco do SAIG/SG.

Diante disso, a nota técnica em questão empenhou-se na produção de três bases cartográficas: a primeira refere-se ao mapeamento estrutural, e a análise foi realizada a partir da interpretação de imagens de satélite e dados geológicos, com o objetivo de identificar as estruturas geológicas presentes na região. Foram identificadas diversas estruturas lineares, como falhas, fraturas e dobras, que foram interpretadas em diferentes escalas de observação. No total, foram identificadas 6076 estruturas lineares, que foram agrupadas em diferentes conjuntos de acordo com sua orientação e comprimento. Essas estruturas foram mapeadas em um mapa estrutural, que apresenta a distribuição espacial das estruturas na região estudada.

Além disso, foram realizadas análises morfométricas para identificar as estruturas responsáveis pela compartimentação do relevo. Foi utilizado o Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) para identificar as áreas com maior rugosidade, que indicam a presença de estruturas geológicas. Foram confeccionados 48 perfis confirmativos do ICR, interpretados segundo a metodologia aplicada por Descovi Filho (2015), que sugere a identificação de patamares geomorfoesculturais (Figura 13).

Figura 11 – Resultados da análise dos perfis longitudinais dos principais rios que abrangem a área de estudo, identificando as áreas que sofreram soerguimento, abatimento e que estão em transição, bem como, a localização dos sistemas de falhas ou falhas interpretadas.



Fonte: Amaral (2018) *apud* Nota Técnica (2020).

- O Rio das Antas contém um perfil em equilíbrio com a curva de melhor ajuste, indicando o equilíbrio do perfil longitudinal do rio. As rochas da Formação Paranapanema são mais facilmente erodíveis do que as rochas da Formação Cordilheira Alta, motivo pelo qual o rio tem seu curso totalmente sobre o bloco abatido.
- O Rio do Peixe apresenta trechos soerguidos, em transição e abatidos ao longo do rio, devido à ocorrência de diferentes formações geológicas em diferentes níveis morfológicos. No trecho soerguido, a Formação Gramado, mais antiga, está em posição de maior altitude, sugerindo a ocorrência de um sistema de falhas local. As falhas presentes nesse rio podem ter sido esculpidas mascarando os rejeitos originais, o que é confirmado pela ocorrência de formações geológicas mais recentes em

diferentes níveis morfológicos caracterizando o sistema de falhas presente no trecho de transição.

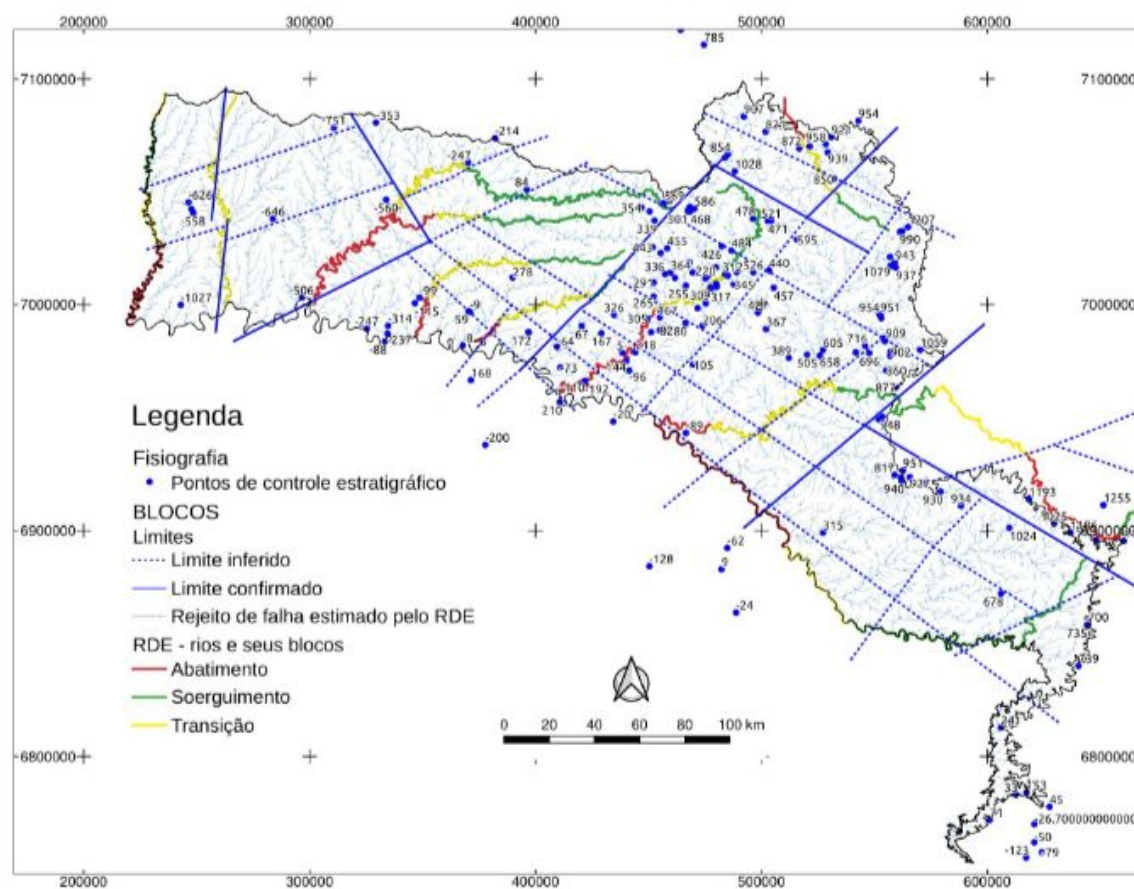
- Rio Canoas: foram identificadas diversas estruturas geológicas ao longo do rio, incluindo falhas, dobras e fraturas. Além disso, foram identificadas áreas com maior potencial para a ocorrência de recursos minerais e hídricos, bem como áreas com maior risco de deslizamentos e erosão.
- Rio Pelotas: foram identificadas diversas estruturas geológicas ao longo do rio, incluindo falhas, dobras e fraturas. Além disso, foram identificadas áreas com maior potencial para a ocorrência de recursos minerais e hídricos, bem como áreas com maior risco de deslizamentos e erosão.
- Rio Uruguai: foram identificadas diversas estruturas geológicas ao longo do rio, incluindo falhas, dobras e fraturas. Além disso, foram identificadas áreas com maior potencial para a ocorrência de recursos minerais e hídricos, bem como áreas com maior risco de deslizamentos e erosão.

Em geral, os resultados da análise estrutural dos rios são importantes para a compreensão da geologia e da geomorfologia da região estudada, bem como para a identificação de áreas com maior potencial para a ocorrência de recursos minerais e hídricos. Além disso, esses resultados são relevantes para a gestão ambiental da região, incluindo a prevenção de desastres naturais e a conservação da biodiversidade.

Os Blocos Hidrogeológicos foram analisados partir dos pontos de controle hidroestratigráficos e dos resultados das localizações das falhas observadas nos perfis longitudinais dos rios, foi possível traçar possíveis limites de blocos hidrogeológicos, levando em consideração todas as variáveis anteriormente apresentadas, como o índice de concentração de rugosidade, os padrões de drenagem, sendo eles alinhamentos de cabeceiras, inflexões abruptas (cotovelos), entre outras.

A Figura 14 abaixo apresenta o mapa dos pontos de controle estratigráficos e do resultado dos perfis longitudinais de drenagem, com os sistemas de falhas interpretados. Essas informações são importantes para a compreensão da geologia e da geomorfologia da região, bem como para a identificação de áreas com maior potencial para a ocorrência de recursos minerais e hídricos e para a gestão ambiental da região.

Figura 12 – Mapa dos pontos de controle estratigráficos e do resultado dos perfis longitudinais de drenagem, com os sistemas de falhas interpretados.



Fonte: RGSG (2020).

De acordo com os autores, o controle estratigráfico e o resultado dos perfis longitudinais de drenagem favorecem no processo de compreensão das cotas de contato do SASG com o SAG, pontuando que as regiões mais profundas são localizadas geralmente no meio e extremo-oeste, zonas abatidas. Enquanto contatos mais próximos da superfície já se apresentam em regiões soerguida e/ou em transição.

Nota-se a consonância com Scheibe e Furtado (1989), e explica-se que o comportamento dos rios Canoas e Antas é exceção em relação aos outros rios estudados. O rio Canoas sofre influência do soerguimento intenso na região de suas cabeceiras, principalmente na região do Campo dos Padres, onde ocorrem as maiores altitudes do estado e geologicamente há intrusões de soleiras de rochas vulcânicas que apresentam boas espessuras, incluindo o morro da Igreja. Já o rio das Antas não apresenta trechos de abatimento e soerguimento, pois seu canal principal encontra-se em equilíbrio devido ao seu encaixe ao longo de uma falha

normal. No rio Timbó, suspeitava-se de uma falha, mas a quebra no perfil do rio é resultado da mudança litológica e não da influência tectônica.

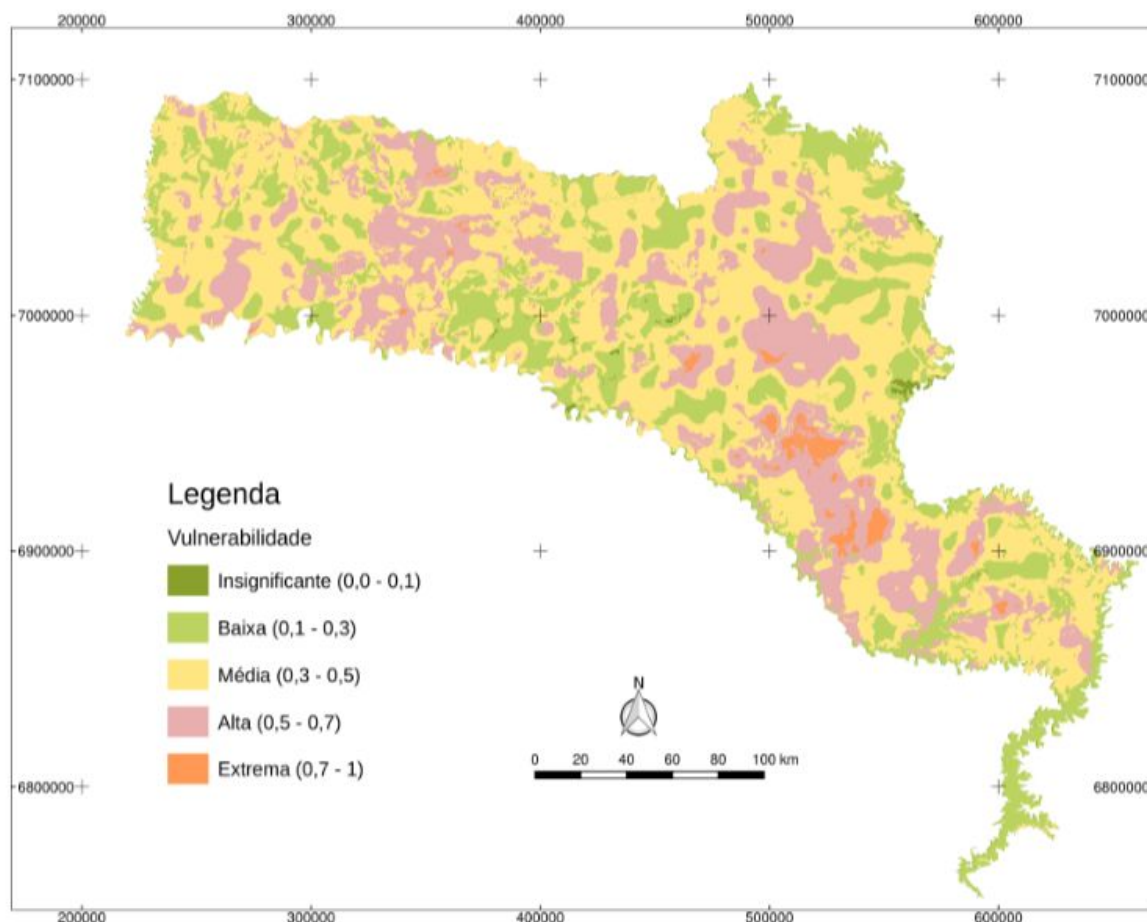
A segunda base cartográfica contempla o mapeamento da vulnerabilidade natural do SAIG/SG e o risco à contaminação. A representação das análises e delimitações quanto às características de resiliência e o controle natural de entrada das cargas contaminantes são essenciais para a gestão das águas subterrâneas, embora os mapas de vulnerabilidade sejam um primeiro passo para identificar áreas que requerem pesquisas hidrogeológicas mais detalhadas e medidas de proteção.

A vulnerabilidade natural do SAIG/SG foi determinada conforme as camadas de cobertura de solos, densidade de fraturas e zonas aquíferas, sendo gerados mapas temáticos que as indicam dentro da área de estudo, considerando diferentes descritores, como a declividade, a densidade de drenagem, a litologia, a cobertura vegetal, entre outros. Esses mapas permitem identificar as áreas mais vulneráveis à contaminação e orientar ações de prevenção e controle da poluição.

- Risco à contaminação: Foram realizadas análises de risco à contaminação, considerando o uso da terra e a vulnerabilidade natural da área. Foram gerados mapas temáticos que indicam as áreas com diferentes classes de risco à contaminação, levando em consideração a atividade em superfície e a vulnerabilidade natural da área. Esses mapas podem ser utilizados como ferramentas de planejamento territorial, auxiliando na tomada de decisões relacionadas ao uso e ocupação do solo;
- Uso e cobertura da terra: Dentre os tipos de uso e cobertura da terra mapeados de forma semiautomática, a predominância em área segue a ordem: cultura temporária/área descoberta; pastagem/campestre; florestas; sucessional;

O produto dessa interpretação foi o mapa com as classes de vulnerabilidade natural, cuja representação favorece a compreensão das condições intrínsecas dos aquíferos. Conforme os autores, as áreas com maior vulnerabilidade estão associadas a declividades mais acentuadas, maior densidade de drenagem, solos mais rasos e cobertura vegetal menos densa. Observe na Figura 15 abaixo:

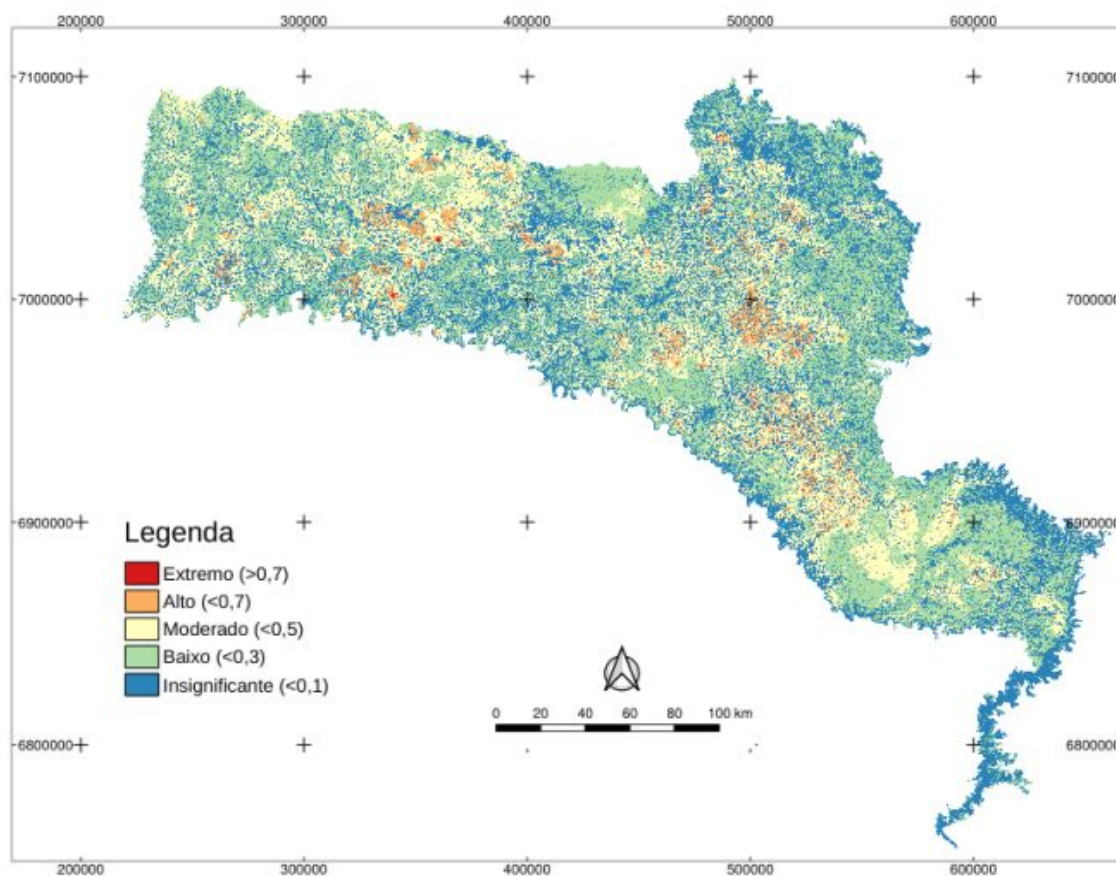
Figura 13 – Classes de vulnerabilidade natural para o SAIG/SG.



Fonte: RGSG (2020)

Por fim, realizou-se o mapeamento quanto ao risco à contaminação, considerando o uso da terra e a vulnerabilidade natural da área. Inclusive, os autores contam com um quadro de ações de prevenção e controle da poluição, favorecendo as ações/tomada de decisão de acordo com cada índice de vulnerabilidade natural, destacando a necessidade de medidas de contenção e atendimento emergencial em caso de acidente. O mapa, afinal, indica as áreas com diferentes classes de risco à contaminação, levando em consideração a atividade em superfície e a vulnerabilidade natural da área, de acordo com a Figura 16 abaixo:

Figura 14 – Classes e índices de risco à contaminação para o SAIG/SG.



Fonte: RGSG (2020)

Percebe-se que a Figura 16 representa a distribuição das diferentes classes de risco na área de estudo, com valores de risco variando de zero a um. As áreas com maior risco à contaminação são aquelas associadas a atividades como agricultura, pecuária e mineração, além das atividades relacionadas ao desenvolvimento urbano. Além disso, o texto aborda os riscos associados às atividades de fraturamento hidráulico para mineração de óleo e gás, que podem representar uma ameaça à qualidade das águas subterrâneas.

Ademais, são abordados pontos importantes quanto à gestão integrada, integradora e participativa dos aquíferos, com ênfase na importância da participação do cidadão comum no processo de decisão quanto ao uso das águas, destacando que instrumentos como o que é apresentado no estudo muitas vezes não chegam ao conhecimento da população em geral. Embora, a identificação das vulnerabilidades e riscos associados ao SAG/SG na área de estudo, possam orientar ações de prevenção e controle da poluição. Uma vez que, a divulgação do

conhecimento da estrutura geológica, vulnerabilidade natural e risco à contaminação desses aquíferos pode corroborar em ações para a conservação do recurso.

Desta maneira, foram feitas recomendações para a adoção de estratégias de gestão em escala local, em conjunto com a participação popular, visando assim evitar conflitos de uso da água e garantir a conservação das águas, e nesse sentido os produtos e mapas e gerados no estudo são instrumentos de gestão aplicáveis na escala de 1:250.000, para que auxiliassem os gestores públicos na tomada de decisão para a conservação das águas, conferindo ao final o agrupamento formal dos resultados para atingir alguns dos objetivos da Meta 1 do Projeto RGSG.

4.2 SITUAÇÃO ATUAL, RESULTADOS E PERSPECTIVAS DO PROJETO REDE GUARANI/SERRA GERAL EM SANTA CATARINA

Entrevista 1: Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe, Coordenador do Projeto Rede Guarani/Serra Geral:

Uma visão sinótica geral dos projetos RGSG e RGSG/SC-ICI, de seus resultados e das perspectivas atuais dos mesmos, consta da apresentação “**OS PROJETOS RGSG E RGSG/SC-ICI – Situação, Resultados e Perspectivas**”, disponível para consulta detalhada em https://rgsgsc.files.wordpress.com/2014/03/ana_fapesc_rgsgsc_ici_01082017.pdf.

Conforme se verifica, os objetivos das seis Metas da Rede e dos 17 Componentes a elas associados foram alcançados, tanto do ponto de vista da geração de conhecimentos técnicos e científicos relevantes para a proteção e uso sustentável das águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral, como pela formação de uma densa rede regional de universidades e centros de pesquisas voltados a esta temática.

Resumidamente, podemos afirmar que o projeto tem se dedicado a múltiplas linhas de pesquisa, abrangendo a hidrogeologia, a compartimentação das rochas que compõem os aquíferos, a relação entre os aquíferos e o conceito do Sistema Aquífero Integrado Guarani Serra Geral (SAIG/SG) para fins de gestão, o estudo das legislações referentes aos recursos hídricos e a comparação entre as leis dos países e estados envolvidos no SAIG/SG. Também são objeto de investigação a qualidade das águas e a sua contaminação, tanto superficial como subterrânea, a vegetação, a

fauna, a ameaça aos aquíferos e às águas superficiais pelo *Fracking* (fraturamento hidráulico para exploração de gás de xisto – *shale gas*), os comitês de bacias e a educação ambiental e até a aplicação da homeopatia vegetal e animal, entre outros temas.

Ressalte-se, como ganhos paralelos, a formação de dezenas de doutores, de mestres e de profissionais voltados a esses campos de conhecimentos e principalmente ligados a instituições técnicas, de ensino e de pesquisa em Santa Catarina, além da modernização e equipamento de laboratórios especializados nas universidades participantes do Projeto, entre elas a UNIPLAC, a FURB, a UDESC/Lages, a UFSC, a UNOESC/Joaçaba, a UNC/Videira e a UNOCHAPECÓ, assim como a EPAGRI/Lages, com a completa utilização dos recursos referentes à Emenda Parlamentar Coletiva da Bancada Federal Catarinense em 2005, repassados à ANA e disponibilizados ao projeto através da Caixa Econômica Federal.

Apesar da completa utilização dos recursos dos projetos, esses pesquisadores e os respectivos laboratórios prosseguem com sua pesquisa e formação de recursos humanos, com os meios institucionais e respectivos projetos de pesquisa, ou mesmo, de forma voluntária.

Como exemplos de novas pesquisas, estão atualmente (agosto de 2023) em fase de conclusão os trabalhos referentes:

- À Tese de Doutorado de Geovano Pedro Hoffmann, no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFSC (PPGG), sobre o tema “Integração entre variáveis ambientais na avaliação da interação entre águas subterrâneas e superficiais em diferentes domínios hidrogeológicos na gestão de bacias hidrográficas”. Conforme se pode verificar, trata-se da aplicação e padronização, para os diferentes domínios hidrogeológicos de nosso estado, da metodologia inicialmente desenvolvida pelo autor em sua dissertação de mestrado, já elaborada no âmbito do Projeto RGSG. (CONCLUÍDA).
- À Tese de Doutorado de Glorgia Barbosa de Lima de Farias, também no PPGG, sobre o tema “Governança das águas subterrâneas diante das mudanças climáticas e a importância da gestão integrada dos recursos hídricos: um estudo sobre o Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra

Geral – SAIG/SG”. A autora, docente no campus de Bragança do Instituto Federal do Pará, na Amazônia, portanto, realizou amplo estudo bibliográfico sobre a relação das águas subterrâneas com a temática das mudanças climáticas, tomando como base parte dos trabalhos referentes ao SAIG/SG desenvolvidos em nosso projeto, que é também responsável por essa visão de conjunto dos dois grandes aquíferos – o SAG e o SASG – cuja gestão integrada é o foco principal de nossos estudos. (CONCLUÍDA)

- À presente Dissertação de Mestrado, também no PPGG, de Larissa Veridiane Coutinho, a qual se propôs a “Analisar os avanços científicos sobre o conhecimento dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: entre os anos de 2002 a 2022”, tendo ainda, como objetivo secundário, “Elaborar uma linha do tempo dos principais estudos científicos disponibilizados na literatura”, no âmbito do Componente 1 da Meta 1 do projeto de pesquisa REDE GUARANI/SERRA GERAL.

As seis Metas do RGSG, abrangendo, no total, cerca de 17 Componentes, foram e continuam de certa forma sendo as seguintes:

Meta 1 – Hidrogeologia e recuperação ambiental;

Meta 2 – Qualidade da água (subterrânea e superficial);

Meta 3 – Políticas Públicas;

Meta 4 – Marco Jurídico (nacional e transnacional);

Meta 5 – Educação ambiental e Tecnologias Alternativas;

Meta 6 – Coordenação da Rede Guarani/Serra Geral (Figura 17)

Figura 15 – Visualização das Metas do Projeto RGSG.



Fonte: https://rgsgsc.files.wordpress.com/2014/03/ana_fapesc_rgsgsc_ici_01082017.pdf .

É importante assinalar ainda, que ao lado desse projeto, foi executado o projeto **REDE GUARANI/SERRA GERAL SC-ICI (Infraestrutura, Capacitação e Intervenção) (RGSG/SC-ICI)** (Contrato de Repasse n. 0215221-13/2006/ANA/CAIXA – FAPESC), já encerrado, que teve por objetivo “implementar ações de Infraestrutura, Capacitação e Intervenção, inclusive do ponto de vista da elaboração de marco legal competente, para a proteção e uso sustentável das águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG), no Estado de Santa Catarina, por meio de uma Rede Estadual de Universidades e Centros de Pesquisas, associados à REDE GUARANI/SERRA GERAL”.

O projeto resultou em mais de uma centena de relatórios técnicos de contrapartida, entregues e aprovados pela Caixa Econômica Federal – que, no entanto, não concordou com sua prorrogação e na utilização dos recursos resultantes das aplicações financeiras dos recursos originais de R\$ 4.250.000,00,

resultantes de Emenda Parlamentar da Bancada Catarinense, no ano de 2005. Maiores detalhes constam de memorando nº1 da Coordenação do Projeto, que vai como ANEXO da presente Entrevista.

Entrevista 2 – Dr. Luciano Augusto Henning, Presidente do Fórum de Meio Ambiente da União dos Parlamentares Sul-americanos e do MERCOSUL – UPM

- Em 2018, o presidente do Fórum de Preservação e Conservação do Rio Uruguai e Aquífero Guarani, vinculado à UPM, José Antonio Pérsigo, convidou o coordenador do projeto RGSG, professor Luiz Fernando Scheibe, e sua equipe para uma expedição até as nascentes do rio Uruguai. Essas nascentes, localizadas nas áreas mais altas do Estado, na região da Serra Catarinense em Urubici e Bom Retiro, são as mais distantes da foz e correspondem às nascentes do rio Pelotas e rio Canoas, formadores do Rio Uruguai. O objetivo dessa expedição foi conhecer as nascentes, coletar amostras de águas e obter imagens e vídeos para a produção de um documentário sobre os 500 anos da chegada dos espanhóis ao rio Uruguai.

Diversos aspectos chamaram a atenção durante essa expedição, especialmente o brilho nos olhos de José Pérsigo ao exibir uma garrafa transparente, repleta de água limpa, coletada nas nascentes. Esse momento enfatizou a importância da água pura naquele local e da região preservada, levando à reflexão sobre a relevância dessas nascentes para toda a bacia e para o Estado de Santa Catarina.

A partir de então, o projeto passou a direcionar um olhar mais atento à bacia do Rio Uruguai, buscando divulgar em Santa Catarina a importância da preservação de suas nascentes, bem como, elucidação e divulgação da localização de tais no estado. Faz-se interessante enfatizar o empenho do projeto em incentivar a participação da comunidade nessa esfera, favorecendo a conscientização sobre essa importância, mesmo que de forma simbólica.

Com a pandemia da COVID-19 em 2020 e 2021, as reuniões virtuais permitiram o desenvolvimento do Fórum do Rio Uruguai, com a participação de representantes dos três países (Brasil, Argentina e Uruguai). Esse espaço promoveu

grande interação, integração e compartilhamento de conhecimentos sociais, técnicos e políticos, por meio de uma série de eventos. Entre as ações desenvolvidas, destaca-se a criação do Observatório da Qualidade da Água do Rio Uruguai, com participação de diversas universidades da Argentina, do Brasil e do Uruguai; o pré-lançamento do livro “Peregrinos do Rio Uruguai”, ainda no prelo, escrito por mais de 50 autores dos três países; e o projeto musical “Cabalgata Musical – Canções do Rio Uruguai”, que reuniu artistas de mais de 40 cidades da Bacia do Rio Uruguai. Ademais, o projeto dos Coletores do Rio Uruguai engajou grupos organizados na coleta de lixo no rio Uruguai e em seus principais afluentes.

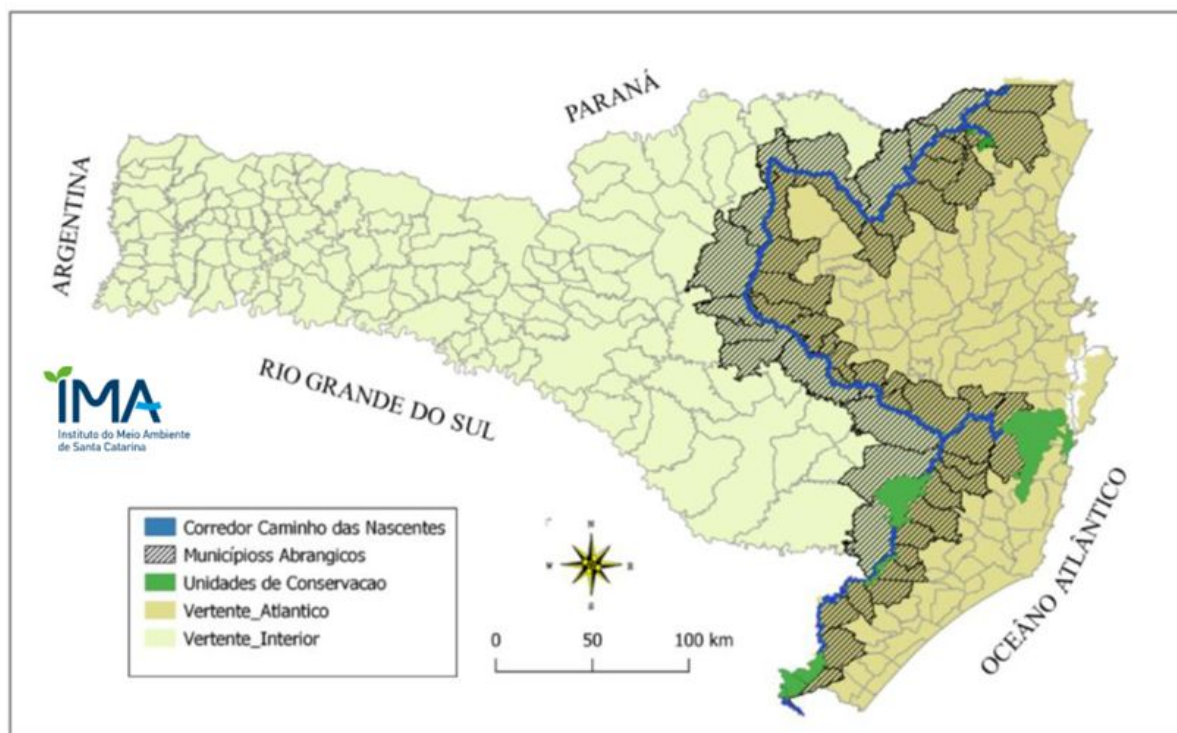
Em 2022, o Projeto RGSG realizou em parceria com o Fórum do Rio Uruguai, a UPM e o governo de Santa Catarina, um Simpósio Internacional em Itá, reunindo representantes dos países do Mercosul. O evento teve como objetivo reafirmar o compromisso de integração regional em prol da Bacia do Rio Uruguai. Participaram do Simpósio autoridades, parlamentares e representantes de instituições civis e acadêmicas da bacia, o que resultou na elaboração da **Carta de Itá**⁷ propondo ações para a preservação e conservação do meio ambiente na região, com previsão de um próximo encontro em 2025.

Outro importante projeto beneficiado pela Rede Guarani/Serra Geral foi o **Corredor Ecológico Caminho das Nascentes**⁸, que visa a proteção da linha de cumeada da Serra Geral e da Serra do Mar, em território catarinense, respeitando uma largura de 1.000 metros para cada lado do eixo estabelecido pelo divisor de águas. Isso inclui as nascentes dos principais rios formadores das bacias contidas na vertente do Interior e na vertente do Atlântico, como o Rio Pelotas, Rio Canoas, Rio Canoinhas, Rio Araranguá, Rio Tubarão, Rio Itajaí-Açu, Rio Itapocu e Rio Cubatão Norte. O decreto do Corredor Ecológico foi assinado pelo então governador de Santa Catarina, Carlos Moisés da Silva, em dezembro de 2022, abrangendo uma extensão de 1.519 km e ocupando uma área de 1.716 km², englobando 46 municípios.

⁷ Disponível em <https://fororiouruguayupm.files.wordpress.com/2023/07/carta-ita-2022.pdf>. Acessado em: 15 de agosto de 2023

⁸ DECRETO Nº 2.367, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2022. Institui o Corredor Ecológico Caminho das Nascentes: <https://leisestaduais.com.br/sc/decreto-n-2367-2022-santa-catarina-institui-o-corredor-ecologico-caminho-das-nascentes>

Figura 18: **Corredor Ecológico Caminho das Nascentes**



Fonte: <https://ndmais.com.br/meio-ambiente/sc-cria-corredor-ecologico-de-15-mil-quilometros-em-46-municipios/>

Essas são algumas das ações desenvolvidas ao longo dos anos pelo projeto RGSG. Para os próximos anos, estão previstos diversos eventos científicos, culturais e políticos, preparatórios para um grande encontro em 2025, ou seja, uma nova Cúpula de governos, com a participação dos Presidentes, para sacramentar as reivindicações da sociedade da Bacia do rio Uruguai – ou mesmo do rio da Prata – a serem apresentadas na COP que acontecerá na Amazônia.

Ainda em 2023, está prevista a participação no I Fórum Latino-americano da Água, em novembro, onde teremos a oportunidade de compartilhar nossas atividades como exemplo de integração regional a nível de bacia transfronteiriça. Recentemente, ocorreu o I Seminário Internacional sobre Recursos Hídricos da Bacia do Rio Uruguai no Campus da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), em Erechim, RS, Brasil. O evento contou com a participação de 217 inscitos, a apresentação de 25 trabalhos científicos e, até o momento, registra mais de 1.000 visualizações online. Seu objetivo principal foi promover a colaboração entre

pesquisadores e gestores na área de recursos hídricos, visando à preservação das águas da bacia do Rio Uruguai, que abrange Brasil, Argentina e Uruguai.

5 DISCUSSÃO E SÍNTESE DOS RESULTADOS

A literatura analisada apresenta um conjunto abrangente de estudos relacionados às águas subterrâneas em Santa Catarina, focando no Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) e suas características hidrogeológicas, qualidade da água, uso da terra, vulnerabilidade à contaminação e gestão dos recursos hídricos. Ao examinar essas obras em conjunto, é possível identificar pontos de convergência e destacar a importância desses aspectos para a compreensão e gestão adequada dos recursos hídricos subterrâneos.

Em relação à caracterização hidrogeológica do SAIG/SG, observa-se um esforço significativo para compreender a estruturação, distribuição espacial e interação entre os aquíferos. Autores como Descovi Filho (2015), Blank *et al.* (2017) Carasek (2015) e o relatório do RGSG (2020) fornecem análises detalhadas das formações geológicas, blocos geomorfoestruturais e compartimentação tectônica, contribuindo para um melhor entendimento da dinâmica do sistema aquífero. Essas informações são cruciais para identificar áreas de maior vulnerabilidade e risco, bem como para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

No que diz respeito à qualidade da água subterrânea, as obras de Carasek (2015), Facco *et al.* (2018) e Hoffmann (2017) oferecem uma visão abrangente sobre os parâmetros físico-químicos, a presença de contaminantes e as possíveis fontes de contaminação. Esses estudos destacam a importância do monitoramento contínuo e da avaliação da qualidade da água para garantir sua segurança e usabilidade. Além disso, a análise da vulnerabilidade natural e do risco à contaminação, abordada por Descovi Filho (2015) e Carasek (2015) fornece uma base sólida para a implementação de medidas de proteção e controle, visando à preservação da qualidade das águas subterrâneas.

A modificação do uso da terra e seus efeitos sobre as águas subterrâneas são abordados em estudos como os de Hoffmann (2017) e Facco *et al.* (2018). Essas obras mostram que o uso inadequado do solo, como a agricultura intensiva e a urbanização desordenada, pode ter impactos significativos no comportamento hidrológico e na qualidade das águas subterrâneas. A compreensão dos processos de interação entre as águas subterrâneas e superficiais, bem como a consideração

dos aspectos socioeconômicos e ambientais, são fundamentais para uma gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos.

No contexto geográfico/geológico, os estudos de Descovi Filho (2015), Hoffmann (2017) e Blank *et al.* (2017) ressaltam a importância de considerar a geomorfologia, estruturas tectônicas e distribuição espacial dos aquíferos para entender a dinâmica hidrogeológica e os processos de interação entre as águas subterrâneas e superficiais. Essa abordagem multidisciplinar permite uma análise mais abrangente e precisa dos sistemas aquíferos, contribuindo para o avanço do conhecimento científico e para a tomada de decisões relacionadas à gestão dos recursos hídricos.

Além disso, a análise hidroquímica das águas subterrâneas, abordada por Blank *et al.* (2017) e Facco *et al.* (2018) oferece informações valiosas sobre a composição química dessas águas, identificando diferentes tipos hidroquímicos e sua distribuição espacial. Esses estudos permitem compreender a proveniência das águas subterrâneas, suas interações e a influência das características geológicas na qualidade e usabilidade dessas águas. Favorecendo, desse modo, o desenvolvimento de estratégias de gestão adequadas, considerando a conservação dos recursos hídricos e a proteção da saúde humana e dos ecossistemas.

No contexto da gestão dos recursos hídricos, observou-se a compatibilidade dos estudos quanto à importância da gestão integrada e sustentável das águas subterrâneas. Descovi Filho (2015) destaca a necessidade de uma abordagem multidisciplinar que considere aspectos geográficos, geológicos e hidrogeológicos para uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos subterrâneos. Hoffmann (2017) resalta a importância da gestão integrada das águas subterrâneas e superficiais, considerando a reconfiguração do uso da terra e a adoção de abordagens hidrogeológicas. Facco *et al.* (2018) também destacam a importância da gestão adequada e sustentável, considerando a preservação, uso responsável e controle da qualidade das águas subterrâneas.

No âmbito prático, essas obras fornecem ferramentas e diretrizes para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. A criação de modelos hidrogeológicos, a definição de áreas de vulnerabilidade e risco, o mapeamento geológico-estrutural e a avaliação da qualidade da água, que são instrumentos fundamentais para a análise ambiental, definição de planos de manejo e implementação de medidas de proteção, estão sintetizados na Nota Técnica intitulada “Blocos Hidrogeológicos,

Vulnerabilidade Natural e Risco à Contaminação do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral em Santa Catarina” que configura uma síntese dos resultados que o Componente 1 da Meta 1 (M1C1) do projeto RGSG alcançou. Conforme já salientado, essa Nota Técnica reúne os dados hidrogeológicos, do mapeamento geológico-estrutural e avaliação da vulnerabilidade natural e do risco à contaminação de toda a área de ocorrência do SAIG/SG em escala 1:250.000. Para a estruturação dessa pesquisa, foram utilizadas como base de dados, os produtos desenvolvidos pelo próprio projeto RGSG, agrupando as informações e centralizando-as em bases cartográficas, configurando de certa forma os avanços observados no conhecimento do sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG), graças ao Projeto Rede Guarani/Serra Geral, desde sua implementação.

5.1 SÍNTESE INDIVIDUAL

Com o intuito de estruturar de maneira organizada as pesquisas que foram objeto de análise, foi elaborado um quadro categorizando-as em quatro grupos distintos, levando em consideração as temáticas abordadas em cada uma delas. Essa abordagem foi adotada com o objetivo de proporcionar uma visualização e uma caracterização das pesquisas, facilitando assim a compreensão das áreas de enfoque. O referido quadro (Figura 18), encontra-se apresentado a seguir:

Figura 16 – Classificação das pesquisas analisadas



Fonte: A Autora (2023)

Ademais, dos 10 estudos analisados, elaboraram-se quadros relativos aos principais aspectos de cada um dos estudos analisados. São eles:

PUBLICAÇÃO 01: Contexto tectônico dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina

Quadro 2 – Aspectos principais da revisão

(continua)

Aspecto	Descrição
Importância do projeto SAG	O projeto SAG é destacado como uma oportunidade única para ampliar e organizar o conhecimento sobre o Sistema Aquífero Guarani.
Conexões entre os aquíferos	Há evidências crescentes de conexão hidráulica entre o Sistema Aquífero Guarani e o Sistema Aquífero Serra Geral em determinadas áreas.
Desafios hidrogeológicos	As características hidrogeológicas diversificadas da Formação Serra Geral apresentam desafios na avaliação e compreensão adequadas.
Gestão integrada dos recursos hídricos	É destacada a necessidade de uma abordagem integrada para gerenciar os recursos hídricos, considerando águas superficiais e subterrâneas e suas interações.
Críticas ou limitações	Apesar de terem vários acessos a bancos de dados, um estudo mais abrangente, incorporando as informações coletadas, necessita da confirmação de muitos destes dados.

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2023)

(conclusão)

PUBLICAÇÃO 02 – A Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe – Natureza e Sociedade

Quadro 3 – Aspectos principais do livro analisado.

Aspecto	Descrição
Caracterização da BHRP	Apresenta uma análise detalhada da bacia hidrográfica, abordando aspectos geográficos, geológicos e hidrogeológicos, proporcionando um entendimento amplo da região.
Importância da gestão integrada dos recursos hídricos	Discute a importância de uma abordagem integrada na gestão dos recursos hídricos, considerando aspectos técnicos, sociais, culturais e ambientais.
Políticas públicas e desafios de proteção dos recursos hídricos	Aborda questões relacionadas às políticas públicas e os desafios enfrentados na proteção dos recursos hídricos, incluindo aspectos históricos e legais.
Qualidade das águas superficiais e subterrâneas	Apresenta resultados preliminares sobre a qualidade das águas na bacia hidrográfica, identificando a necessidade de monitoramento e tratamento de efluentes.

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2023)

Quadro 4 – Pontos centrais do estudo

Aspecto	Descrição
Objetivo do Projeto	Reunir pesquisadores de diversas áreas para gerar conhecimentos técnicos e científicos visando a proteção e uso sustentável das águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina. Propor um marco legal para a gestão transfronteiriça do sistema.
Colaboração Interdisciplinar	Reunião de pesquisadores de diferentes áreas, como Juristas, Geógrafos, Geólogos, Biólogos, Químicos, Engenheiros e Cientistas Sociais, para uma compreensão abrangente dos desafios relacionados à gestão dos recursos hídricos considerando aspectos técnicos, científicos, sociais e políticos.
Contribuição da Geografia Política	Utilização do conceito de escala como construção social para analisar os espaços de dependência e compromisso no processo de construção e funcionamento da Rede RGSG. Compreensão das interações entre pesquisadores, técnicos e agentes políticos na gestão dos recursos hídricos (conclusão).
Consonância com a Política Nacional de Recursos Hídricos	O Projeto RGSG está em conformidade com a Política Nacional de Recursos Hídricos e o conceito de governança, sendo estruturado em esquemas de cooperação e espaços de compromisso eficientes.
Resultados e Impacto	Produção de conhecimentos científicos relevantes, formação de pesquisadores para a gestão integrada dos recursos hídricos e promoção de debates em comitês de gerenciamento de bacias hidrográficas em Santa Catarina.
Relação com os Artigos	Os artigos mencionados nas seções 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.3 têm relação direta com a obra, abordando questões relacionadas à qualidade das águas superficiais e subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe em Santa Catarina. Contribuem com informações, análises e subsídios para a compreensão da problemática ambiental e proposição de medidas para a proteção dos recursos hídricos.

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2023)

PUBLICAÇÃO 03 – Recursos hídricos e uso da terra na bacia do Rio do Peixe/SC, mapeamento das áreas de vulnerabilidade e risco de contaminação do Sistema Aquífero Serra Geral

Quadro 5 – Aspectos principais da tese analisada.

Aspecto	Descrição
Objetivo da obra	Investigar a interação entre os recursos hídricos e uso da terra na Bacia do Rio do Peixe, Santa Catarina.
Importância da análise	Identificação de áreas mais vulneráveis à contaminação e analisar os riscos que os usos da terra sem manejo adequado na região estudada apresentam. Apontar os pontos de atenção.
Metodologia empregada	Utiliza metodologia de geoprocessamento, em que foram identificadas áreas com maior vulnerabilidade e risco de contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos
Contribuição para a gestão dos recursos hídricos	Os resultados apontam a necessidade de atenção especial para proteger os recursos hídricos na região da BRP, principalmente devido a atividades agrícolas intensivas e falta de tratamento de efluentes.

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2023)

PUBLICAÇÃO 04 – Uma abordagem crítica do projeto RGSG no estado de SC: espaços de dependência e espaços de compromisso

Quadro 6 – Aspectos principais da Dissertação analisada:

Aspecto	Descrição
Análise crítica do Projeto RGSC	Estudo aprofundado e detalhado que examina de forma crítica o Projeto Rede Guarani/Serra Geral em Santa Catarina, buscando compreender as dinâmicas de poder, interesses políticos e econômicos envolvidos na iniciativa.
Estrutura do Projeto RGSG	O Projeto é composto por 6 Metas e 17 Componentes, buscando gerar conhecimentos técnicos e científicos para a proteção e uso sustentável das águas do SAIG/SG, além de propor um marco legal para a gestão transfronteiriça do sistema.
Colaboração interdisciplinar	Reunião de pesquisadores de diversas áreas, como Juristas, Geógrafos, Geólogos, Biólogos, Químicos, Engenheiros e Cientistas Sociais, para uma compreensão mais abrangente dos desafios relacionados à gestão dos recursos hídricos, considerando aspectos técnicos, científicos, sociais e políticos.
Contribuição da Geografia Política	Utilização do conceito de escala como construção social para analisar os espaços de dependência e espaços de compromisso no processo de construção e funcionamento da Rede. Compreensão das interações e relações entre pesquisadores, técnicos e agentes políticos na gestão dos

Aspecto	Descrição
	recursos hídricos.
Consonância com a Política Nacional de Recursos Hídricos	O Projeto RGSG está em conformidade com a Política Nacional de Recursos Hídricos e com o conceito de governança, sendo estruturado em esquemas de cooperação e espaços de compromisso eficientes.
Resultados e Impacto	Produção de conhecimentos científicos relevantes, formação de pesquisadores capacitados para a gestão integrada dos recursos hídricos e promoção de debates relevantes nos Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina.

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2023) (conclusão)

PUBLICAÇÃO 05 – Geomorfoestruturas e compartimentação tectônica do SAIG/SG em SC

Quadro 7 – Aspectos principais da tese Analisada

Aspecto	Descrição
Objetivo da obra	Estudo detalhado das características geológicas e estruturais do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina, Brasil, com foco nas geomorfoestruturas e na compartimentação tectônica.
Importância da análise geomorfoestrutural	Identificação das formas de relevo resultantes da interação entre a estrutura geológica e os processos de modelagem do relevo, permitindo compreender a compartimentação tectônica do SAIG/SG na região estudada.
Metodologia empregada	Abordagem geológica e geotécnica, utilizando técnicas de mapeamento, análise de dados geofísicos e estudos de campo. Combinando informações geomorfológicas, geológicas e uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG) para criar e analisar camadas temáticas, seções transversais, blocos geomorfoestruturais e blocos tectônicos e hidrogeológicos.
Contribuição para a gestão dos recursos hídricos	Compreensão das interações entre as geomorfoestruturas, a compartimentação tectônica e o comportamento hidrogeológico do SAIG/SG, possibilitando a identificação de áreas de maior permeabilidade, conexões entre compartimentos, velocidade e direção dos fluxos de água subterrânea, armazenagem e disponibilidade de água, qualidade das águas e áreas vulneráveis à contaminação. Embasamento para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2023)

PUBLICAÇÃO 06 – Qualidade da água subterrânea do Sistema Aquífero Serra Geral na região Oeste do estado de Santa Catarina

Quadro 8 – Aspectos principais da Dissertação analisada:

Aspecto	Descrição
Objetivo da obra	Avaliar a qualidade da água subterrânea para consumo humano na região oeste de Santa Catarina, considerando parâmetros físico-químicos e metais pesados.

Aspecto	Descrição
Composição dos aquíferos	Caracterização dos dois aquíferos principais presentes na região: aquífero fraturado Serra Geral e aquífero poroso Guarani.
Metodologia de estudo	Descrição detalhada da seleção de poços de amostragem, coleta de amostras e análise laboratorial dos parâmetros e metais pesados.
Presença de cobre, nitrito e nitrato	Detecção desses elementos em diferentes poços, porém dentro dos limites legais para consumo humano.
Importância da análise geoestatística	Uso dessa abordagem para avaliar a distribuição espacial dos parâmetros, identificar áreas de contaminação e estudar áreas de recarga dos aquíferos.
Conclusões sobre a qualidade da água	A qualidade geral da água subterrânea é satisfatória para consumo humano, mas há concentrações elevadas de ferro e manganês em alguns poços, requerendo monitoramento contínuo.

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2023)

PUBLICAÇÃO 07 – Efeitos da modificação do uso da terra sobre o comportamento do escoamento em área de descarga do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral

Quadro 9 – Aspectos principais da Dissertação analisada:

Aspecto	Descrição
Objetivo da obra	Avaliar os efeitos da modificação do uso da terra sobre o comportamento do escoamento em uma área de descarga do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral. (conclusão)
Análise multitemporal do uso da terra	Utilização de imagens de satélite e aerofotografias para mapear e quantificar as mudanças na paisagem ao longo do tempo, identificando categorias de uso da terra.
Importância das florestas na regulação hídrica	Evidenciação do papel das florestas na regulação do balanço hídrico e na recarga das águas subterrâneas, com aumento da área florestal e conseqüente incremento da infiltração de água no solo.
Efeitos das mudanças no uso da terra	Avaliação dos impactos das mudanças no uso e cobertura da terra no comportamento do escoamento das águas subterrâneas, com redução da velocidade média do escoamento superficial.
Propostas de gestão integrada	Sugestão de estratégias de reconfiguração do uso da terra, criação de áreas protegidas, uso de tecnologias sociais e abordagens hidrogeológicas para a gestão sustentável das águas.

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2023)

PUBLICAÇÃO 08 – Hidroquímica das águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral nos municípios de Águas Frias e Quilombo, SC

Quadro 10 – Aspectos principais da pesquisa (TCC) analisada:

Aspecto	Descrição
Objetivo da obra	Analisar as características hidroquímicas das águas subterrâneas nos municípios de Águas Frias e Quilombo, SC, pertencentes ao Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral.
Análise das amostras	Utilização de 31 amostras de poços tubulares para identificar e classificar as águas hidroquimicamente e investigar possíveis misturas entre os aquíferos SASG, SAG e aquíferos permianos subjacentes.
Métodos de análise	Cálculo do balanço iônico, utilização do diagrama de Piper e classificação com base nos parâmetros hidroquímicos para diferenciar as características das águas subterrâneas.
Identificação dos tipos hidroquímicos	Identificação de sete tipos hidroquímicos principais, indicando diferentes tempos de residência e possíveis misturas entre os aquíferos envolvidos.
Importância para a gestão dos recursos hídricos	Contribuições para a gestão adequada dos recursos hídricos, fornecendo informações sobre a proveniência, qualidade e interações entre os aquíferos, auxiliando na tomada de decisões e planejamento de políticas públicas.

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2023)

PUBLICAÇÃO 09 – Os usos e a qualidade das águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral – SAIG/SG no município de Chapecó-SC

Quadro 11 – Aspectos principais da Tese analisada:

Aspecto	Descrição
Objetivo da obra	Investigar os usos, qualidades e características das águas dos aquíferos Serra Geral e Guarani no oeste de Santa Catarina, com foco na sua utilização para irrigação.
Análise das amostras	Coleta de amostras de água de 105 poços tubulares e aplicação de diagramas de classificação hidroquímica para analisar a qualidade das águas, aplicação do GTP para conectar as análises de uso do solo e água.
Classificação do Uso da Terra	A economia da área de estudo está voltada para a agricultura e agropecuária, atividades que possuem demandam alta de água e indicam possibilidade de pressão dos recursos hídricos subterrâneos.
Características das águas do aquífero Guarani	Restrições para irrigação devido a valores elevados de sódio ou salinidade, com presença de águas sódicas magnesianas sulfatadas e sódicas magnesianas mistas.
Importância para a gestão dos recursos hídricos	Contribuições para a gestão adequada dos recursos hídricos na região oeste de Santa Catarina, fornecendo informações sobre a qualidade das águas e auxiliando na tomada de decisões relacionadas ao uso eficiente da água.

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2023)

PUBLICAÇÃO 10 – Blocos hidrogeológicos, vulnerabilidade natural e risco à contaminação do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral em Santa Catarina

Quadro 12 – Aspectos principais da Nota Técnica analisada:

Aspecto	Descrição
Objetivo da obra	Coleta de dados hidrogeológicos, mapeamento geológico-estrutural e avaliação da vulnerabilidade natural e do risco à contaminação do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina, em escala 1:250.000.
Importância da gestão dos aquíferos	Garantir o abastecimento da população e o desenvolvimento econômico da região, considerando a compreensão da vulnerabilidade natural dos aquíferos e o risco de contaminação relacionados ao uso da terra em superfície, subsuperfície e em profundidade.
Ferramentas para a gestão das águas subterrâneas	Mapeamento da vulnerabilidade natural do SAIG/SG e do risco à contaminação, que são importantes para identificar áreas que requerem pesquisas hidrogeológicas mais detalhadas e medidas de proteção prioritárias contra a poluição das águas subterrâneas.
Produtos intermediários	Trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e teses de doutorado que abordaram temas relacionados à área de estudo da Meta 1, Componente 1, fornecendo suporte para o desenvolvimento do projeto e complementando o estudo da vulnerabilidade e risco do SAIG/SG.
Contribuições dos resultados	Compreensão da estrutura geológica, vulnerabilidade natural e risco à contaminação do SAIG/SG, destacando a importância estratégica dos aquíferos para o abastecimento da população e para a economia da região. Necessidade de gestão integrada e estudos complementares em escalas detalhadas.

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2023)

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No escopo desta pesquisa, a atenção foi direcionada para o desenvolvimento do Projeto RGSG, visando compreender os avanços científicos sobre o SAIG/SG, entre os anos de 2002 e 2022. A complexidade desse desafio reside na necessidade de elucidar, de maneira coerente, as realizações do projeto. Para tal, foram averiguados os relatórios do PROESC e PEA, documentos oriundos de iniciativas passadas, que despertaram novas indagações a serem respondidas, assim como, o panorama da Meta 1, Componente 1 do RGSG. Assim, inicialmente selecionaram-se 10 obras ancoradas no projeto, com o propósito de atender aos objetivos desta dissertação.

Tal avaliação constatou, dentre os avanços sobre o conhecimento, informações acerca: (1) do detalhamento da estrutura geológica e geomorfológica; (2) da identificação da compartimentação tectônica das formações geológicas que sustentam os aquíferos; (3) da verificação de como a cobertura da terra interfere no escoamento e na recarga das águas; (4) da classificação da vulnerabilidade natural e risco à contaminação do SAIG/SG; (5) das características hidroquímicas, além de informações sobre os usos das águas dos aquíferos. Ademais, é importante destacar que os estudos se deram tanto em âmbito estadual, quanto municipal. Desse modo, revestem-se de significado as pesquisas locais por abarcarem particularidades que poderiam passar despercebidas em estudos de maior amplitude.

A partir da seleção e análise de tais pesquisas, elaborou-se uma linha do tempo e figuras com a disposição geográfica, com a finalidade de ilustrarem essas 10 pesquisas por ordem cronológica. Assim, espera-se que o leitor consiga sistematizar um panorama assim como identificar cronologicamente as principais descobertas nesse intervalo de tempo visando compreender os avanços científicos nos SAIG/SG. Ainda sobre os resultados, a percepção dos entrevistados desse estudo igualmente salientou para a necessidade de esforços concentrados na proteção e uso sustentável dos recursos hídricos, enfatizando a relevância de uma abordagem colaborativa e multidisciplinar para enfrentar os desafios da gestão hídrica e ambiental.

Por meio dos resultados acima mencionados, espera-se viabilizar a compreensão da importância estratégica dos aquíferos para o abastecimento da população e para a economia da região. Também, sinalizar a necessidade de gestão integrada dos recursos hídricos, assim como a realização de estudos complementares.

Como sugestão para novos estudos, sugere-se a investigação sobre poços profundos e sua caracterização hidroquímica, assim como incluir avaliações que abordem a presença de contaminantes emergentes, como antibióticos e hormônios, nas águas, conforme indicam investigações recentes. Isso justifica-se pela relevância desses avanços para melhorar o monitoramento da qualidade da água e enriquecer a base de dados para o manejo.

Ademais, salienta-se a importância de financiamentos que venham a dar suporte a demais estudos sobre o tema. O próprio Projeto RGSG é um exemplo de como o incentivo, tanto do setor público, quanto do privado favorece o desenvolvimento de pesquisas qualificadas, a aquisição de equipamentos avançados e a formação de profissionais competentes; fatores estes que impactam diretamente nos resultados obtidos. Ao ilustrar como as descobertas influenciam decisões informadas, moldam políticas de gestão de água e protegem o meio ambiente, é possível construir um argumento sólido a favor de mais projetos e recursos voltados para a pesquisa e a preservação dos sistemas aquíferos.

Por sua vez, a colaboração internacional desempenha um papel preponderante. Ao estabelecer redes de pesquisa e colaboração com outras nações, como a participação no Fórum de Preservação e Conservação do Rio Uruguai e Aquífero Guarani, vinculado à UPM, é possível compartilhar experiências, dados e melhores práticas em gestão de recursos hídricos, acelerando avanços e enriquecendo a troca de conhecimento global. Finalmente, a partir de uma abordagem abrangente e colaborativa, espera-se incentivar a capacidade de proteger e gerenciar efetivamente os recursos hídricos na região analisada buscando, dessa forma, um futuro sustentável para as gerações presentes e vindouras.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Lista de termos para o thesaurus de recursos hídricos da Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2014. 43 p. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20150406034300_Portaria_149-2015.pdf> Acesso em: 10 abr. 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**- Cadernos de Recursos Hídricos, Volume 5.- Brasília- DF, 2005. Disponível em: http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/estudos/caderno_derecursos.aspx. Acesso em 06 de Set. de 2022.

AMARAL, Leila C. Blocos hidrogeológicos do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral em Santa Catarina. Florianópolis, SC: Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas., 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/191868>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

AMORE. L. (Coord.). *Projecto para La protección Ambiental y Desarrollo Sostenible Del Sistema Acuífero Guarani*. Síntese Hidrogeológica do Sistema Aquífero Guarani. Série manuais e Documentos Técnicos do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani. 2009.

BORGHETTI, Nadia Rita Boscardin ; BORGHETTI, José Roberto ; ROSA Filho, Ernani Francisco da. **Aquífero Guarani** : a verdadeira integração dos países do Mercosul. Curitiba : [GIA]; 2004. Disponível em: <https://ihgb.org.br/pesquisa/biblioteca/item/19326-aq%C3%BC%C3%Adfero-guaran%C3%AD-a-verdadeiraintegra%C3%A7%C3%A3o-dos-pa%C3%Adses-do-mercosul-nadiarita-boscardin-borghetti,-jos%C3%A9-roberto-borghetti,-ernanifrancisco-da-rosa-filho.html>. Acesso 17-12-2022

BLANK, Mariana M.; KLOCK, Adriana. L. S.; GUARDA, J. S.; SCHEIBE, L. F.; NANNI, A. S. **Hidroquímica das águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral nos municípios de Águas Frias e Quilombo, SC**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia. Repositório Institucional. Universidade Federal de Santa Catarina. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/200094>. Acessado em 10 maio. 2023.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.984, de 17 de Julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA. Brasília, DF, 2000.

CARASEK, F. L. **Qualidade da água subterrânea do Sistema Aquífero Serra Geral na região oeste do estado de Santa Catarina, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, SC. 2015. Disponível em: <https://rgsgsc.files.wordpress.com/2019/06/dissertac387c383o-fabio-carasek.pdf>. Acessado em 10 maio. 2023

CARDOSO, F.B.F.; OLIVEIRA, F.R.; VARELLA NETO, P.L.; PAZ, R.N. Mapa dos domínios hidrogeológicos do Estado de Santa Catarina. In: OLIVEIRA, F.R (coord.). **Mapa dos domínios hidrogeológicos do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: SDS/ANA. 2007.

CARLOS, A. F. A. Henri Lefebvre: a problemática urbana em sua determinação espacial. *Geosp - Espaço e Tempo (Online)*, v. 23, n. 3, p. 458-477, dez. 2019. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/163371>. Acessado em 7 de Fevereiro de 2022.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. Disponível em: <http://geobank.cprm.gov.br/>. Acesso em: 17 Setembro 2023.

CHUEKE, G. V.; AMATUCCI, M. O que é bibliometria? Uma introdução ao Fórum. *Internext*, v. 10, n. 2, p. 1-5, 2015.

CONICELLI, B. P. A gestão das águas subterrâneas Transfronteiriças: o caso do Sistema Aquífero Guarani. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, Brasil. 2008. ISSN 2179-9784 (eletrônico). Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23283>. Acesso em: Set. 2021.

DE CASTRO, I. E. Escala e pesquisa na geografia. Problema ou solução?. **Espaço Aberto**, v. 4, n. 1, p. 87-100, 2014.

DESCOVI FILHO, L. L. V.; SCHEIBE, L. F.; NANNI, A. S. Espessuras do Grupo Serra Geral em Santa Catarina como resultado de um processo de estruturação em blocos. **Águas Subterrâneas**, 2016.

DESCOVI FILHO, Leônidas Luiz Volcato. **Geomorfoestruturas e compartimentação tectônica do SAIG/SG em SC**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFSC. Repositório Institucional. Universidade Federal de Santa Catarina. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/169498>. Acessado em 12 maio. 2022.

DEVINCENTIS, Alyssa J.; Guillon, H.; Gómez, R.; Patterson, N.; Brandeler, F.; Koehl, A.; Ortiz-Partida, J.; Garza-Díaz, L.; Gamez-Rodríguez, J.; Goharian, E., &

Solis, S. (2021). **Bright and Blind Spots of Water Research in Latin America and the Caribbean**. <https://doi.org/10.5194/hess-2021-106>.

DEVINCENTIS, Alyssa J. *et al.* **Bright and blind spots of water research in Latin America and the Caribbean**. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 25, n. 8, p. 4631-4650, 2021.

ESTÊVEZ, Laura. F. Biogeografia Climatológica e Hidrogeografia: Fundamentos Teóricos-Conceituais e Aplicados. **Curitiba: InterSaberes**, 2016

FACCO, Janete, CARASEK, F. L., DE OLIVEIRA JUNIOR, S. F., SCHEIBE, L. F., SMANIOTTO, M., & SANTANA KLOCK, Adriana L. Características Das Águas Dos Aquíferos Serra Geral E Guarani No Oeste De Santa Catarina. ABAS Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Revista Águas Subterrâneas**. 2018. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29339>. Acessado em 9 maio. 2023

FACCO, Janete, CARASEK, F. L., JUNIOR, S. F. D. O., SCHEIBE, L. F., SMANIOTTO, M., & BLANK, M. M., CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DOS AQUÍFEROS SERRA GERAL E GUARANI NO OESTE DE SANTA CATARINA. **XX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 2018.

FACCO, Janete, CARASEK, F. L., OLIVEIRA JUNIOR, S. F. D., SCHEIBE, L. F., PASSOS, M. G. D., & BLANK, M. M., Qualidade das águas subterrâneas no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Atenas**, 2019.

FACCO, Janete *et al.* **Formação dos aquíferos Serra Geral e Guarani: uma volta ao passado**. 2018.

FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed., Rio de Janeiro: CPRM; LABHIH, 2008. 812 p.

FERENHOF, Helio Aisenberg; FORCELLINI, Fernando Antonio; VARVAKIS, Gregório. Lições aprendidas: agregando valor ao gerenciamento de projetos. **Revista de Gestão e Projetos**, v. 4, n. 3, p. 197-209, 2013.

FOSTER, S., HIRATA, R., GOMES, D., D'ELIA, M., & PARIS, M., **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea**: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agencias ambientais. São Paulo: Servmar – Serviços Técnicos Ambientais LTDA., 2006.

FREITAS, M.A.; BRÁULIO; R., CAYE; J. L. F. M. (org.) PROESC: **Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina** – Projeto Oeste de Santa Catarina /Porto Alegre: CPRM/SDM-SC/DAS-SC/EPAGRI. 2003.

FREITAS, M. J.; OLIVEIRA, F. H. de. Estiagem no Oeste Catarinense: diagnóstico e resiliência (Relatório Técnico-científico). **Florianópolis: EDUNI**, 2018.

FREITAS, M. A.; MACHADO, J. L. F. O AQUÍFERO GUARANI NO OESTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Anais...**In: XIV SBRH – SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Aracajú: Disponível em: https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=12659&Name=o_aquifero_guarani_no_oeste_do_estado_de_santa_catarina . Acesso em: 01/09/2022

FRINHANI, E.M.D. AZZOLINI, J.C. NIENOV, F. **Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe em Santa Catarina.** Universidade do Oeste de Santa Catarina. Convenio FUNJAB/FAPESC. 2013.

GARCÍA, R. Conceptos básicos para el estudio de sistemas complejos In: GARCÍA, R. **Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo**, p. 381-409, 1986.

GASIK, Stanisław. A model of project knowledge management. **Project Management Journal**, v. 42, n. 3, p. 23-44, 2011.

GOMES, F.; OLIVEIRA, M.; CHAVES, M. S. An analysis of the relationship between knowledge sharing and the project management process groups. **Knowledge and Process Management**, v. 25, n. 3, p. 168-179, 2018.

GLEICK, Peter H. Water in crisis. Pacific Institute for Studies in Dev., **Environment & Security**. Stockholm Env. Institute, Oxford Univ. Press. 473p, v. 9, p. 1051-0761, 1993.

HAESBAERT, R. Ordenamento Territorial. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, n. 26, n. 1, jan/jun., 2006.

HARVEY, David. Parte II – A transformação político econômica do capitalismo do final do século XX. In: HARVEY, David. A condição pós-moderna. São Paulo: Loyola, 1992. p. 115-184

HENNING, L. A. **Uma abordagem crítica do Projeto Rede Guarani/Serra Geral (RGSG), no Estado de Santa Catarina:** espaços de dependência e espaços de compromisso. (2013). Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, 178 p., 2013.

HENNING, L. A.; WOLKMER, Maria De F. S.; SCHEIBE, L. F. **Uma abordagem crítica da Rede Guarani/Serra Geral (RGSG) no Estado de Santa Catarina.** Banner M6. Simpósio de Recursos Hídricos: Resultados e Perspectivas do Projeto Rede Guarani/Serra Geral em SC. Florianópolis, 2013.

HENNING, Luciano Augusto. **Uma abordagem crítica do Projeto Rede Guarani/Serra Geral (RGSG), no Estado de Santa Catarina: espaços de dependência e espaços de compromisso.** Universidade Federal de Santa

Catarina. 2013 Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/107053>. Acesso em 12 mai. 2023

HIRATA, Ricardo; SUHOGUSOFF, Alexandra Vieira. *How much do we know about the groundwater quality and its impact on Brazilian society today?*. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 31, 2019.

HOFFMANN, Geovano Pedro. **Efeitos da modificação do uso da terra sobre o comportamento do escoamento em área de descarga do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral**. . Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia Repositório Institucional. Universidade Federal de Santa Catarina. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/189493>. Acesso em 8 mai. 2023

KOGUT, Bruce; ZANDER, Udo. *Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology*. **Organization eposit**, v. 3, n. 3, p. 383-397, 1992.

LEFEBVRE, Henri, **Le droit à la ville**, Antropos, Paris: 1968.

LOPES, Andrea R. B. C. **Recursos hídricos e uso da terra na bacia do Rio do Peixe/SC, mapeamento das áreas de vulnerabilidade e risco de contaminação do sistema aquífero Serra Geral**. 2013.

LOPES, Andrea. R. de B. C.; SCHEIBE, L. F. Vulnerabilidade e risco de contaminação das águas do Sistema Aquífero Serra Geral na Bacia do Rio do Peixe/SC. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 30, n. 3, p. 560-570, 2015.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1994.

MACHADO, G. Por uma territorialização da Bacia Hidrográfica. In: SAQUET, M. A. (org) **Estudos Territoriais na Ciência Geográfica**. Ed. Outras Expressões, 2013. P. 107 – 128.

MACHADO, J. L. F. **Compartimentação espacial e arcabouço epositóriográficos do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul**. 2005. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 237 p., 2005.

MACHADO, J. L. F. **Mapa hidrogeológico do estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 2013.

MARENGO, J. A. (Org.). **Aquífero Guarani: Programa Estratégico de Ação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009.

MELLO, João B. F. Descortinando e (re) pensando categorias espaciais com base na obra de Yi-Fu Tuan. In: ROSENDAHL, Zeny; CORRÊA, Roberto L. (orgs.). **Matrizes da Geografia Cultural**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2001.

MILHEM, J. A. *et al.* **Caracterização do Aquífero Guarani**. In: Aquífero Guarani: Programa Estratégico de Ação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Agência Nacional de Águas. **Brasil: recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília MMA: ANA, 2007. P.47-48.

NANNI, A. S. **O Flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico**. 2008. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, RS, 2008. [127 p.].

NANNI, A. S. **Tipos de Aquíferos**: aquíferos em Santa Catarina. Notas de aula da disciplina de Hidrogeologia. – UFSC: Florianópolis, 2014

NORONHA, D. P.; FERREIRA, S. M. S. P. Revisões de literatura. In: CAMPELLO, B. S.; CONDÓN, B. V.; KREMER, J. M. (orgs.) **Fontes de informação para pesquisadores e profissionais**. Belo Horizonte: UFMG, 2000

OEA. – Organização dos Estados Americanos. **Aquífero Guarani: programa estratégico de ação**. Brasil; Argentina; Paraguai; Uruguai: Organização dos Estados Americanos (OEA), 2009. 424 páginas.

OLIVEIRA, P., Lucas, M., Godoi, R., & Wendland, E. (2021). **Groundwater recharge and sustainability in Brazil**., 393-407p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818172-0.00029-3>.

OLIVEIRA, A.U. **Modo Capitalista de Produção, Agricultura e Reforma Agrária**. 1ª Edição. FFLCH: São Paulo, 2007, 185p.

ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS. **Aquífero Guarani**: programa estratégico de ação/ **Aquífero Guarani**: programa epositório de acción (Edição bilíngüe) Brasil/ Argentina/ Paraguai/ Uruguai: Organização dos Estados Americanos (OEA), 2009, 424 p.

PERALTA, S. L. *et al.* **O Aquífero Guarani e a Biodiversidade**. In: **Aquífero Guarani: Programa Estratégico de Ação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2014.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **Água não se nega a ninguém**: a necessidade de ouvir outras vozes. **Observatório Latino-americano de Geopolítica** v. 6, n. 5,

2008. Disponível em: http://www.epositorio.ws/media_files/download/Wporto2. Pdf. Acesso em: 1 abr. 2021

PORTO-GONÇALVES, C. W.. **A globalização da natureza e a natureza da sociedade**. 4^a ed. – Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2012.

REBOUÇAS, A. C. Potencialidades hidrogeológicas dos basaltos da bacia do Paraná no Brasil. **Anais...** In Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife, v.6, 1963-1976, 1978.

REBOUÇAS, A. C. O Sistema Aquífero Botucatu no Brasil. In: 8º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. **Anais**: ABAS, Recife, PE., 1994.

REDE GUARANI/SERRA GERAL (RGSG). **Blocos hidrogeológicos, vulnerabilidade natural e risco à contaminação do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral em Santa Catarina**. Laboratório de Análise Ambiental e Laboratório de Hidrogeologia da UFSC. Nota Técnica. 2020. 155p. il. Mapas.

REDE GUARANI/SERRA GERAL (RGSG). **Blocos hidrogeológicos, vulnerabilidade natural e risco à contaminação do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral em Santa Catarina**. Repositório Institucional. Universidade Federal de Santa Catarina. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/213808>. Acessado em 10 maio. 2023

ROCHA, I. O.; GUTERRES, C.; ALBINO, L.; KABILIO, M. Desenvolvimento regional e dinâmicas socioeconômicas. Florianópolis, SC: In: FREITAS, M. J. C. C.; OLIVEIRA, F. H (orgs.). **Estiagem no Oeste Catarinense: diagnóstico e resiliência**. Relatório Técnico Científico. Florianópolis, p. 117-163, 2017.

ROSA FILHO, Ernani Francisco da. Aquífero Guarani: uma reserva de água salobra? In: CARUSO, Raimundo C. (Org.). **Desafios de Foz de Iguaçu: educação, saúde e segurança**. Florianópolis: Ofício, 2011.

ROSA FILHO, E. F. da; HINDI, E. C.; ROSTIROLLA, S. P.; FERREIRA, F. J. F.; BITTENCOURT, A. V. L. Sistema Aquífero Guarani: considerações preliminares sobre a influência do arco de Ponta Grossa no fluxo das águas subterrâneas. **Rev. Águas Subterrâneas**, São Paulo, n 17, Mai-2003.

SANTA CATARINA. **Comitês de Bacias Hidrográficas de Santa Catarina – CBH**. Disponível em: <http://www.cbh.gov.br/DataGrid/GridSantaCatarina.aspx>. Acesso em 10 Setembro 2022.

SANTOS, A.C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL, J.F. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. 412 p.

SANTOS, F. P. A. **A vida do acordo sobre o aquífero Guarani: um estudo de seus efeitos na gestão dos subterrâneos transfronteiriços das águas.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Curso de Ciências Jurídicas e Sociais, Porto Alegre, RS., 74p., 2019.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: espaço e tempo: razão e emoção.** 3 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. 384 p.

SANTOS, R. M.; HORTA, J. L. A utilização de linhas do tempo como ferramenta para análise da evolução da pesquisa científica. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 13, n. 30, p. 205-223, 2016. Disponível em: <https://rbpg.capes.gov.br/index.php/rbpg/article/view/1776>. Acesso em: 16 fev. 2023.

SOJA, Edward. **Geografias pós-modernas: a reafirmação do espaço na teoria social crítica.** Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 1993.

SILVA, Ewelyn Regina Rocha et al. **Estimativa da evapotranspiração do açaí (Euterpe oleracea) irrigado, por meio do surface energy balance algorithm for land-SEBAL, no leste da Amazônia.** 2020. Tese de Doutorado. UFRA/Campus Belém.

SCHEIBE, L. F.; BUSS, M. D.; FURTADO, S. M. de A. **Atlas Ambiental da Bacia do rio Araranguá, Santa Catarina, Brasil.** Florianópolis, SC: Cidade Futura, 2010, p. 8-24.

SCHEIBE, L. F.; FURTADO, S. M. A. Proposta de Alinhamentos Estruturais Para um Esboço Geotectônico de Santa Catarina. **REVISTA GEOSUL**, v. 4, n. 8, p. 78-91, 1989. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/download/12716/11885> Acesso em: 10 jun. 2022.

SCHEIBE, L. F.; HIRATA, R. C. A. O contexto tectônico dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: uma revisão. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 15. 2008. Natal-RN. **Anais** São Paulo: ABAS, 2008. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23794/15859>. Acessado em 12 maio. 2023

SCHEIBE, L. F.; HIRATA, R. C. A.; WOLKMER, M. de F. S.; NANNI, A. S.; PELLERIN, Joel R. G.; PAULINO, L. A.; SOARES, C. H. L.; LOPES, A. R. B.; HENNING, L. A. O Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) como Unidade de Gestão. Banner M1C1. **Simpósio de Recursos Hídricos: Resultados e Perspectivas do Projeto Rede Guarani/Serra Geral em SC.** Florianópolis, 2013. Disponível em https://rgsgsc.files.wordpress.com/2013/10/banner_rede.pdf

SEVERGNINI, B. R., BORTOLIN, T. A., & REGINATO, P. A. R. (2021). **Avaliação do Sistema Aquífero Serra Geral com um modelo de dupla porosidade baseado**

na análise de testes de bombeamento. *Águas Subterrâneas*, 35(1), 103–119.
<https://doi.org/10.14295/ras.v35i1.30010>

SHEPHERD, P. *et al.* O Aquífero Guarani: estrutura, evolução e hidrogeoquímica. In: *Aquífero Guarani: Programa Estratégico de Ação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

SOUSA, V., SANTOS, C. M., & MARQUES, G. (2018). **Revisão narrativa da literatura: um guia prático para estudantes de pesquisa.** *Revista Angolana de Sociologia*, 22(4), 129-147.

SOUZA, M. J. L. de. O território: sobre espaço e poder. Autonomia e desenvolvimento. In: CASTRO, I. E. de; GOMES, P. C. da C.; CORRÊA, R. L. (orgs.). **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, p.77-116.

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

TORRES, A.T.G. **Hidroterritórios (Novos Territórios da Água):** Os Instrumentos de Gestão dos Recursos Hídricos e seus Impactos nos Arranjos Territoriais. 2007. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFPB), 2007. 125 p.

TREVISOL, J. V.; SCHEIBE, L. F. (Orgs.) **Bacia hidrográfica do Rio do Peixe:** natureza e sociedade. Joaçaba, SC: Unoesc, 2011. Disponível em: [https://biblioteca.epagri.sc.gov.br/consulta/busca?b=ad&id=119533&biblioteca=vazio&busca=\(autoria:%22SCHEIBE,%20L.%20F.%22\)&qFacets=\(autoria:%22SCHEIBE,%20L.%20F.%22\)&sort=&paginaAtual=1](https://biblioteca.epagri.sc.gov.br/consulta/busca?b=ad&id=119533&biblioteca=vazio&busca=(autoria:%22SCHEIBE,%20L.%20F.%22)&qFacets=(autoria:%22SCHEIBE,%20L.%20F.%22)&sort=&paginaAtual=1). Acessado em 12 maio. 2023

TUCCI, C. E. M. **Visão dos Recursos Hídricos da bacia do Rio da Prata.** [s.l.]: GEF; CIC; PNUMA; OEA, 2004. 219 p. (Visão regional. Volume I). Disponível em: http://www.agua.org.py/images/%20stories/biblioteca/humedales/carlos-tucci_visao-dos-recursos-hidricosda-bacio-do-rio-de-prata.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.

TUAN, Yi-Fu. Space and place: humanistic perspective. In: BOARD, C.; CHORLEY, R.J.; HAGGETT, P.; STODDART, D.R. (eds.) **Progress in Geography**. London: E. Arnold, 1974. p. 211-252.

VILLAR, Pilar Carolina (autor) *et al.* **Governança das águas subterrâneas: desafios e caminhos.** Brasília: ANA, 2022. 200 p., il. ISBN 9786588101285. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/93658. Acesso em: 11 ago. 2023.

WIIG, Karl M. Knowledge management: an introduction and perspective. **Journal of Knowledge Management**, v. 1, n. 1, p. 6-14, 1997.

WOLKMER, M. de F. S.; SCHEIBE, L. F.; HENNING, L. A. A Rede Guarani/Serra Geral: um projeto em movimento. In: TREVISOL, J.V; SCHEIBE, L.F.. (Org.). **Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe**: Natureza e Sociedade. Joaçaba: Unoesc, 2011, v., p. 371-392.

WOLKMER, M. de F. S.; SCHEIBE, L. F.; ISRAEL, V. J. A Rede Guarani/Serra Geral em Santa Catarina e o Programa nacional de Águas Subterrâneas. In: II CONGRESSO AQUÍFERO GUARANI, 4 a 9 de julho de 2008, Ribeirão Preto, SP, 2008. **Anais...** Ribeirão Preto, São Paulo, 2008.

ZANATTA, L. C.; ANDRADE, C. A. V.; COITINHO, J. B. L. **Qualidade das Águas Subterrâneas do Aquífero Guarani para Abastecimento Público no Estado De Santa Catarina**. Anais. Anais... In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Natal: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2008

ANEXO – Ofício e Memorando citados na entrevista pelo Professor Dr. Luiz Fernando Scheibe:



Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação
do Estado de Santa Catarina



OFÍCIO Nº 0072/2020

Florianópolis, 16 de março de 2020.

ASSUNTO: Prorrogação de vigência – Projeto Aquífero Guarani

Prezado Senhor.

Informamos que a solicitação de prorrogação de vigência para utilização de rendimentos de aplicação em ampliação de metas para o contrato de Repasse 0215.221-13/2006 Projeto Aquífero Guarani não foi autorizada pela Caixa Econômica Federal por tratar-se de Contrato de Repasse vinculado ao exercício financeiro de 2006, tendo seu prazo findo em 31 de março de 2020.

Atenciosamente,

Mauro Bogo

Diretor de Ciência, Tecnologia e Inovação

Luiz Fernando Scheibe

Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis

RGSG – MEMORANDO 01 – ABRIL 2020

Prezados/as companheiros/as da REDE GUARANI/SERRA GERAL,

Em meio ao que se prenuncia como mais um "Ponto de Mutação", como o apontado por Fritjof Capra ao se referir à revolução ambiental dos anos 1970, estamos sendo sacudidos pela notícia de que, ao contrário do que acreditávamos, a Caixa Econômica Federal, unilateralmente, negou a prorrogação da vigência do Contrato de Repasse 0215.221-13/2006 CAIXA/FAPESC, que viabilizaria a execução do novo projeto de AMPLIAÇÃO DAS METAS, Projeto RGSG-SC/ICI (Ver Ofício Fapesc 072/2020, ANEXO B).

Pode-se dizer que a negativa foi unilateral pois, em resposta a uma consulta por nós efetuada à direção da ANA - Agência Nacional de Águas - recebemos a informação de que "...a ANA não se opõe a uma eventual prorrogação de prazo para a utilização dos recursos remanescentes..." sendo, no entanto, condição necessária para tal prorrogação a aquiescência da Caixa. A provisão legal para utilização dos rendimentos de projetos encontra-se na Lei 8666/93 e suas regulamentações posteriores.

Até então, a instrução por nós recebida era no sentido de que o acesso a esses rendimentos, via ampliação das metas, só seria liberado após a aprovação - já concretizada - das respectivas contrapartidas e a utilização completa do montante inicial do projeto - o que deverá ocorrer com o pagamento da última licitação efetuada, apenas após o encerramento das atuais medidas emergenciais referentes à pandemia do COVID-19.

O significado da negativa é de que não serão disponibilizados, de imediato, os recursos da ordem de R\$ 3.000.000,00, que nada mais são do que uma correção do capital inicial de R\$ 4.250.000,00 que foram destinados ao Estado de Santa Catarina por Emenda Parlamentar Coletiva da Bancada Federal Catarinense em 2005, atendendo à solicitação coordenada pela Profa. Dra. Maria de Fátima Schumacher Wolkmer, da Uniplac, e encaminhada pelo então Deputado Federal Edison Andrino de Oliveira. Recursos, portanto, do Estado de Santa Catarina.

Vale ressaltar que os principais resultados do Projeto REDE GUARANI/SERRA GERAL, entre 2006 e o presente ano de 2020, constam de mais de uma centena de relatórios técnicos de contrapartida, entregues e já aprovados pela Caixa Econômica Federal, e estão sumarizados no livro e *e-book* "Águas Subterrâneas, um Patrimônio Catarinense" (Florianópolis, 2018, 160 p. - disponível em http://expressao.com.br/ebooks/aguas_subterraneas/mobile/index.html). Vão desde a elaboração e implementação do conceito do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG), para o estudo e a gestão das águas subterrâneas de todo o oeste de SC; o equipamento de laboratórios da Udesc, UFSC, FURB, UnC, Unoesc, Uniplac, Unochapecó e Epagri, onde centenas de estudos e de análises da qualidade das águas superficiais e subterrâneas de SC já foram realizadas – com resultados preocupantes; a aplicação do conceito de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH), em conjunto com a CapNet e os Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas, incorporando a esses estudos os conhecimentos sobre as águas subterrâneas; a aplicação do conceito de "Terapias não Residuais" e realização de cursos de Homeopatia animal e vegetal, como apoio à agricultura orgânica em SC; inúmeras atividades de Educação Ambiental, com a realização de palestras e cursos, e publicação de cartilhas e do livro "Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe: Natureza e Sociedade" (Trevisol; Scheibe, Org., ed. Unoesc, 2011, 392p.) - e edição do documentário AGUA_VIDA, 25 min., disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=xg4AskwW0HY&t=17s>, e de mais de 90 vinhetas com duração média de 3 minutos, todas em conjunto com a TVUFSC e a direção de Zeca Pires; orientação e elaboração de dezenas de Teses de Doutorado, Dissertações de Mestrado, Trabalhos de Conclusão de Cursos, relatórios técnicos e de estágios; participação em expedições do projeto Rio Uruguai, em conjunto com a União dos Parlamentares do Mercosul (UPM); liderança pioneira na luta contra o

Fracking (gás de xisto) em SC e no Brasil, com participação em Audiências Públicas, debates e palestras sobre o tema; promoção do Seminário Internacional "O Futuro da Água em Santa Catarina: Gestão Integrada dos Recursos Hídricos" (Alesc, 2009), do "1º Congresso Internacional O Futuro da Água no Mercosul" (Alesc, 2011) e do "Simpósio de Recursos Hídricos: Resultados e Perspectivas do Projeto Rede Guarani/Serra Geral em SC (Alesc, 2013); e divulgação de resultados em artigos e resumos publicados em revistas científicas e em congressos e simpósios regionais, nacionais e internacionais. Todos esses resultados, somando cerca de 500 referências, estão relacionados no item "publicações" do site do projeto, disponível em: <https://rgsgsc.wordpress.com/publicacoes/>.

Mais do que isso:

Graças ao apoio dos Reitores de nossas Universidades e da Epagri; dos dirigentes e funcionários da ANA, do CNPq, da Caixa, da Fapesc, da Funjab, da Fapeu e outras; ao descortínio de políticos como o Deputado Cláudio Vignatti, responsável pela liberação, em Brasília, dos recursos iniciais; e, principalmente, à competência científica e ao empenho de nossos pesquisadores e estudantes, construímos em Santa Catarina uma rede de pesquisa interativa e colaboracional, a REDE GUARANI/SERRA GERAL, que, como visto acima, por quinze anos vem produzindo, aprofundando e divulgando conhecimentos científicos, tecnológicos e inovadores.

O projeto "AMPLIAÇÃO DAS METAS DO PROJETO RGSG-SC/ICI", entregue à Caixa pelo Presidente da Fapesc em 14/01/2020, foi elaborado através do esforço cooperativo dos colegas pesquisadores da Udesc, UFSC, FURB, Unoesc, Uniplac, Unochapecó e Epagri, contemplando a complementação dos laboratórios da RGSG para melhor capacitá-los a pesquisas referentes à presença, nas águas superficiais e subterrâneas, de agrotóxicos e da família de contaminantes categorizados como "emergentes", e visando a continuidade dos demais trabalhos de pesquisa e formação de recursos humanos.

Por isso mesmo, nossa História não fica por aqui.

Conhecemos hoje, como nunca, o potencial de nossos cientistas e de todos os profissionais, mestres e doutores que ajudamos a formar, e dos laboratórios que já equipamos, cujas pesquisas continuam em andamento no âmbito da REDE GUARANI/SERRA GERAL e que são da maior relevância para o bom uso da água e a qualidade de vida de toda a população catarinense. O último equipamento adquirido com recursos do projeto, um Espectrômetro de Plasma com detector de massas (ICP/MS), capaz de processar dezenas de análises de metais simultaneamente, com uma sensibilidade na faixa de concentração de ppt (partes por trilhão), com grande precisão, está sendo instalado no Laboratório de Ecotoxicologia do Departamento de Bioquímica da UFSC, com o compromisso de habilitar o mesmo para o uso compartilhado dos diversos grupos de pesquisa da Rede, o que mais do que nunca se afigura, doravante, como necessário e conveniente.

Atuar em Rede é a resposta adequada aos novos e complexos desafios técnico-científicos em um mundo cada vez mais conectado por meio da comunicação on-line e que, ao que tudo indica, após esta pandemia terá a oportunidade de redefinir muitas de suas prioridades. O mútuo conhecimento e as relações de troca e amizade acumuladas até aqui nos dão a garantia de que continuaremos trabalhando em conjunto.

Florianópolis, 06 de abril de 2020.

Dr. Luiz Fernando Scheibe

Coordenador da Rede Guarani/Serra Geral