

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

João Victor Lippert

**AÇÕES ANTRÓPICAS EM AFLORAMENTOS DO ARENITO DA FORMAÇÃO
BOTUCATU NO PLANALTO SERRANO DE SANTA CATARINA: CONTRIBUIÇÃO
PARA GESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Curitibanos, SC

2020

JOÃO VICTOR LIPPERT

Ações antrópicas em afloramentos do arenito da Formação Botucatu no Planalto
Serrano de Santa Catarina: contribuição para gestão de águas subterrâneas

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Graduação
em Agronomia, do centro de Ciências
Agrárias, da Universidade Federal de
Santa Catarina, Campus de
Curitibanos, como requisito para a
obtenção do Título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Lunardi
Neto

Curitibanos, SC

2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela capacidade e pela oportunidade de trilhar a caminhada acadêmica e concluir o curso de Engenharia Agrônômica. Agradeço aos meus pais, Danilo Roque Lippert e Silvia Rachel Zanotti, pela educação, apoio e amparo para passar pelas dificuldades e desafios diários.

Agradeço também todos os familiares que colaboraram e incentivaram o estudo, bem como os meus amigos que levo para sempre em meu coração e foram importantes nesse processo criando laços, vivenciando experiências, momentos importantes na vida e o incentivo mútuo.

A todos os professores eu agradeço por sua missão de ser peça de transformação de informação em conhecimento, agradeço a paciência e a competência, visto que o curso de Engenharia Agrônômica é extremamente amplo e necessita ótimos links entre suas diversas áreas. Em especial, meu agradecimento pelo professor Dr. Antônio Lunardi Neto por sua visão diferente, por repassar a importância do assunto deste Trabalho de Conclusão de Curso e evidenciar a responsabilidade que temos perante ele. Obrigado pela disponibilidade, comprometimento e também pela amizade no desenvolvimento do trabalho. Ademais, parabenizo pela sua extrema qualidade de trabalho.

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

Lippert, João Victor

Ações antrópicas em afloramentos do arenito da Formação Botucatu no Planalto Serrano de Santa Catarina: contribuição para gestão de águas subterrâneas / João Victor Lippert ; orientador, Antônio Lunardi Neto, 2020.
59 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2020.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Formação Botucatu. 3. Aquífero Guarani.
4. Ações Antrópicas. I. Lunardi Neto, Antônio. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia

Rodovia Ulysses Gaboardi km3

CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC

TELEFONE (048) 3721-2176 E-mail: agronomia.cba@contato.ufsc.br.

JOÃO VICTOR LIPPERT

"Ações antrópicas em afloramentos do arenito da Formação Botucatu no Planalto Serrano de Santa Catarina: contribuição para gestão de águas subterrâneas"

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 18 de junho de 2020.



Documento assinado digitalmente

Elis Borcioni

Data: 23/06/2020 22:22:25-0300

CPF: 978.376.396-49

Prof. Dra. Elis Borcioni
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

Antônio Lunardi Neto

Data: 23/06/2020 15:56:18-0300

CPF: 623.479.259-15

Prof. Dr. Antônio Lunardi Neto
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

Joni Stolberg

Data: 23/06/2020 17:47:27-0300

CPF: 683.796.929-04

Prof. Dr. Joni Stolberg
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

Eduardo Marques Martins

Data: 22/06/2020 16:34:38-0300

CPF: 004.706.968-02

Prof. Dr. Eduardo Marques Martins
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

O Planalto Serrano de Santa Catarina (SC) coincide com áreas de afloramento do arenito da Formação Botucatu, o qual delimita rochas vulcânicas e as demais rochas sedimentares da Bacia do Paraná. Em SC, o afloramento do arenito da Formação Botucatu ocorre na forma de faixa estreita e contínua de norte a sul do Estado. A ação antrópica inadequada em áreas de recarga do aquífero Guarani, associado ao arenito da Formação Botucatu, um dos maiores mananciais de água doce do planeta, pode contaminar as suas águas, fato que remete à importância de um levantamento da utilização e da ocupação dessas áreas. Com o trabalho, pretende-se identificar os usos antrópicos dessas áreas no campo, de acordo com o Mapa Geológico de Santa Catarina, fotografar e realizar descrições a respeito das possíveis implicações das recargas de aquíferos possibilitando assim, dar subsídios para Comitês de Bacias Hidrográficas com sugestões para normatizar o uso e ocupação desses locais. Os Comitês de gestão de águas superficiais na região, como o Canoas – Pelotas, poderiam abranger de fato, em suas atribuições, as águas subterrâneas, haja vista a atribuição dos Comitês de aprovar o Plano de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, sendo que foram observadas a campo atividades como lavouras de culturas anuais, pastagem para pecuária, silvicultura, áreas de urbanização, exploração de areia, turismo e áreas sujeitas a poluição por efluentes líquidos não tratados.

Palavras chave: Aquífero Guarani, Áreas de Recarga, Formação Botucatu, Afloramento do aquífero.

ABSTRACT

The Serrano Plateau of Santa Catarina (SC) coincides with areas of outcropping of the sandstone of the Botucatu Formation, which delimits volcanic rocks and the other sedimentary rocks of the Paraná Basin. In SC, the outcrop of the sandstone of the Botucatu Formation occurs in the form of a narrow and continuous strip from north to south of the State. The inadequate anthropic action in recharge areas of the Guarani aquifer, associated with the sandstone of the Botucatu Formation, one of the largest freshwater springs on the planet, can contaminate its waters, a fact that points to the importance of surveying the use and occupation of these areas . With the work, it is intended to identify the anthropic uses of these areas in the field, according to the Geological Map of Santa Catarina, to photograph and make descriptions about the possible implications of aquifer recharges, thus enabling to give subsidies to Hydrographic Basin Committees with suggestions to standardize the use and occupation of these places. The surface water management committees in the region, such as Canoas - Pelotas, could in fact cover, in their attributions, groundwater, given the attribution of the Committees to approve the Hydrographic Basin Water Resources Plan, and they were observed field activities such as annual crops, pasture for livestock, forestry, urbanization areas, sand exploitation, tourism and areas subject to pollution by untreated liquid effluents.

Keywords: Guarani Aquifer, Recharge Areas, Botucatu Formation, Aquifer Outcrop.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1 Bacia do Paraná.....	10
2.2 Formação Botucatu.....	13
2.3 Geologia Regional.....	14
2.4 Aquífero Guarani.....	15
2.5 Solos Arenosos.....	20
2.6 Agência Nacional de Águas (ANA).....	20
2.7 Diretoria de Recursos Hídricos de Santa Catarina.....	21
2.8 Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina.....	22
2.9 Comitê Canoas – Pelotas.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Área de Estudo.....	25
3.2 Metodologia.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
4.1 Culturas Anuais e Matas Nativas.....	29
4.2 Áreas de Pastagem.....	31
4.3 Silvicultura e Estradas.....	32
4.4 Exploração de Areia.....	34
4.5 Estação de Psicicultura da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI).....	35
4.6 Turismo.....	36
4.7 Urbanização.....	38
4.8 Poluição.....	40
4.9 Seca e a Água Subterrânea.....	43
5. CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS.....	49
ANEXOS.....	55

1. INTRODUÇÃO

No Estado de Santa Catarina aflora a Formação Botucatu, constituída de arenitos eólicos predominantes na porção superior da Formação, localizados em uma região de depósitos sedimentares, a Bacia do Paraná. A Bacia do Paraná abriga um reservatório de águas subterrâneas com extensão de cerca de 1.195.500 km² (CAMPOS, 2000), o conhecido Aquífero Guarani, inserido na estrutura arenosa da Formação Botucatu, e que possui grande importância tendo em vista sua extensão e uso de sua água. Esses locais, nos quais essa Formação aflora, apresentam a característica de áreas de recarga do Aquífero Guarani. A alta porosidade, permeabilidade, homogeneidade e dimensões da Formação Botucatu a caracterizam como uma “esponja” (CPRM, 2013).

A utilização e ocupação inadequada de locais em que a Formação Botucatu aflora pode acarretar no carregamento de substâncias para a água do Aquífero pela infiltração direta nesses locais de afloramento (ROCHA, 1996). O potencial de infiltração do solo nessas áreas é considerado alto, o que deixa as áreas de recarga em vulnerabilidade. A Formação Botucatu aflora nas bordas do Planalto Serrano de Santa Catarina, local de estudo.

A água do Aquífero Guarani é extraída na forma de poços tubulares. Aquíferos porosos com expectativa de alta vulnerabilidade possuem médio risco de contaminação por insumos agrícolas e em menor escala dejetos humanos. Esta zona aquífera caracteriza-se por apresentar água com qualidade boa para todos os fins: abastecimentos domésticos e públicos, agrícolas e industriais sendo extraída para abastecimento (CPRM, 2013).

Cada vez mais discute-se a qualidade dos recursos naturais, porém, cada vez mais há menos água de qualidade no ambiente. O levantamento do uso das áreas de afloramento da Formação Botucatu e também de recarga do Aquífero Guarani, em SC, até o momento escasso na região do Planalto Serrano de Santa Catarina, remonta à importância de diagnósticos e pesquisas na área para dar subsídios aos Comitês Gestores de Bacias, em especial, o Comitê Canoas – Pelotas.

Os Comitês de gestão de águas superficiais na região, poderiam abranger de fato, em suas atribuições, as águas subterrâneas, haja vista a atribuição dos

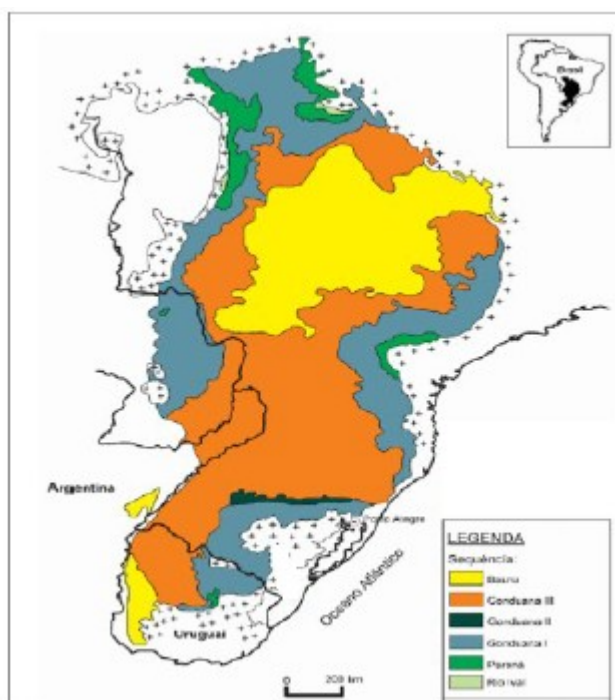
Comitês de aprovar o Plano de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas. O objetivo do trabalho foi realizar um diagnóstico a campo de ações antrópicas em áreas de afloramento do arenito da Formação Botucatu. Foram identificadas a campo essas áreas de afloramento, e os usos antrópicos dessas áreas fotografando os locais realizando descrições e comentários a respeito das possíveis implicações e a ocupação de populações em área de recarga de aquíferos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bacia do Paraná

A bacia do Paraná é uma região de depósitos sedimentares (Figura 1) recoberta por rochas vulcânicas, localizada no Brasil e possui contorno determinado por limites erosivos (MILANI, 2004). Possui um dos domínios geológicos mais amplos do Sul do Brasil que pertence a grande estrutura com dimensões continentais, extensiva a outros países abrangendo aproximadamente 1.500.000 km² e localiza-se na porção centro-leste da América do Sul, sendo que, grande parte desse valor, cerca de 1.100.000 km² estão no território brasileiro e o restante é encontrado no Paraguai oriental, nordeste da Argentina e norte do Uruguai. Nesses locais, porém, recebe o nome de bacia Chaco-Paraná (GOMES, 2008).

Figura 1: Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná e sua abrangência no Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai.



Fonte: MILANI, 2004.

A Bacia do Paraná pode ser subdividida em duas porções: formações sedimentares, acumuladas até o Período Triássico, e derrames de lavas, de composição predominantemente básica, a partir do Jurássico Superior.

Figura 2: Coluna Geológica simplificada da Bacia do Paraná em Santa Catarina.

PERMIANO	CRETÁCEO		
	TRIÁS JURÁS	INFERIOR	
CISURALIANO	SUP	<p>Bacia do Paraná (Sedimentação Gonduânica e Magmatismo Serra Geral) Supergupo São Bento - magmatismo fissural intracontinental e sedimentação eólica.</p> <p>Grupo Serra Geral (βsg): basaltos, basalto andesitos, riódacitos e riolitos, de filiação tholeiítica, com arenitos intertrápicos Botucatu na base e litarenitos e sedimentos vulcanogênicos da porção mediana ao topo da sequência. Formação Campo Erê (βce): basaltos granulares finos a médio, melanocráticos cinza; horizontes vesiculares preenchidos por zeolitas, carbonatos, apofilitas e saponita; estruturas de fluxo e <i>pahoehoe</i> comuns. Formação Cordilheira Alta (βca): basaltos granulares finos, melanocráticos, com espessos horizontes vesiculares com quartzo (ametista), zeolitas, carbonatos, celadonita, Cu nativo e barita; compreende as maiores jazidas de ametista do estado. 136,2±2 Ma Ar-Ar. Formação Palmas (αpa): rochas de composição intermediária a ácida, riódacitos a riolitos, mesocráticos, microgranulares a vitrofiricos, textura esferulítica comum (tipo carijó), forte disjunção tabular no topo dos derrames e maciço na porção central, dobras de fluxo e autobrechas frequentes; vesículas preenchidas predominantemente por calcedônia e ágata. 132,3±0,5 Ma Ar-Ar. Formação Chapecó (αch): rochas ácidas variando entre riódacitos a riolitos, matriz vitrofírica contendo pórfiros de feldspato, 132,1±0,19 Ma Ar-Ar. Formação Campos Novos (βcn): basaltos, microgranulares, textura microgranular, predominantemente pretos; comuns vesículas mili a centimétricas com opala preta e água, eventual presença de Cu nativo, alteração amarelo ovo (jarosita) característica. Formação Paranapanema (βpr): basaltos microgranulares cinza, alterações nas faces de disjunção vermelho amarronzadas, horizontes vesiculares espessos preenchidos por quartzo (ametista), zeolitas, carbonatos, celadonita, Cu nativo e barita. Formação Gramado (βgr): derrames basálticos onde predominam formas de lóbulos, melanocráticos cinza; horizontes vesiculares espessos e abundantes onde predominam zeolitas, carbonatos, apofilita e saponita, estruturas de fluxo e <i>pahoehoe</i>; intercalações frequentes com rochas sedimentares eólicas (intertrápicas) da Formação Botucatu.</p> <p>Formação Botucatu: arenitos eólicos de ambiente desértico, avermelhados, finos a médios, com estratificações cruzadas de médio a grande porte; localmente, arenitos argilosos mal selecionados de ambiente lacustre, mais frequentes na base da formação.</p> <p>Grupo Passa Dois - sedimentação fluvial à lagunar gradando a plataformal costeiro raso e costa-afora.</p> <p>Formação Rio do Rasto: pelito e arenito com dominância de camadas tabulares ou lenticulares muito estendidas, ambiente lacustre (Mb. Serrinha); siltito tabular, arenito fino tabular ou lenticular, ambiente lacustre, deltaico, eólico e raros depósitos fluviais (Mb. Morro Pelado).</p> <p>Formação Teresina: depósitos marinho rasos representados pela alternância de argilitos e folhelhos cinza-escuro com siltitos e arenitos muito finos cinza-claro, apresentando laminação <i>flaser</i>, com ocorrência de calcários, por vezes oolíticos e leitões de coquina intercalados na porção superior.</p> <p>Formação Serra Alta: depósitos marinhos compreendendo argilitos, folhelhos e siltitos cinza-escuro, com lentes e concreções calcíferas.</p> <p>Formação Irati: folhelho, siltito e argilito, calcário, marga e folhelho betuminoso portador de répteis mesossaurídeos, ambiente marinho de costa-afora, deposição por decantação em águas calmas abaixo do nível de ação de ondas; períodos de estratificação da coluna de água com influência de tempestades.</p> <p>Super Grupo Tubarão</p> <p>Grupo Guatá - sedimentação plataformal costeira, marinho de costa-afora e flúvio-deltaico.</p> <p>Formação Palermo: siltito, siltito arenoso, arenito fino a muito fino e folhelho, lentes de arenito grosso e conglomerado com seixos discóides, ambiente marinho de costa-afora com influência de tempestades.</p> <p>Formação Rio Bonito (P1rb): arcóseo, siltito, siltito carbonoso e quartzo-arenito, folhelho carbonoso e carvão, <i>tonstein</i>, diamictito com matriz carbonosa e marga, ambiente flúvio-deltaico, litorâneo e marinho plataformal. Membro Triunfo (P1rb1): ritmitos com alternância centimétrica de siltitos e arenitos. Rumo ao topo aumenta a frequência de intercalações de arenitos maciços de espessura métrica. Subordinadamente, camadas de conglomerados.</p> <p>Grupo Itararé - sedimentação periglacial, subglacial glácio-marinha a glacial.</p> <p>Formação Taciba: conglomerados polimíticos com matriz arenosa. Arenitos finos a grossos com estratificação cruzada, plano-paralela e maciça, localmente conglomeráticos. Alternância de folhelhos e siltitos com grânulos, seixos e matacões pingados. Ambiente deposicional na interface continente-plataforma marinha com influência glacial.</p> <p>Membro Rio do Sul: folhelhos e siltitos cinza-escuros a pretos, diamictitos e conglomerados com acamadamento gradacional, ritmitos varvitos com seixos pingados e arenitos muito finos a médios, com laminações plano-paralelas e cruzadas, convolutas, <i>climbing</i>, <i>flaser</i> e <i>hummocky</i>.</p>	
	INF		
	LOPINGIANO		
GUADAL.			
CARBONIF.	PENSILVAN		

Fonte: WILDNER et al., 2014.

A configuração de superposições dos pacotes depositados, tanto de rochas sedimentares quanto vulcânicas, em, pelo menos, três ambientes tectônicos diferentes comandam assim a evolução de Gondwana (CASTRO, 1994), supercontinente que existiu ao sul da linha do Equador, por volta de 200 milhões de

anos atrás, durante o Período Triássico, incluindo terras dos atuais continentes da Antártida, América do Sul, África, Parte da Ásia (Índia) e Oceania.

Essa deposição de sedimentos associada ao vulcanismo pode alcançar até 7.000 m de espessura, além de apresentar, através do vulcanismo fissural o empilhamento de cerca de 2.000 m de lavas na forma de diques e soleiras (MILANI; THOMAZ FILHO, 2000).

O registro sedimentar magmático da Bacia do Paraná difere entre seis sequências deposicionais: Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, Gondwana II, Gondwana III e Bauru. Essas diferentes sequências deram origem a diferentes formações e variações das características dos solos (MILANI, 1997). Esse estudo concentra-se na Formação Botucatu e seus afloramentos, originário da Supersequência Gondwana III.

Associados à ruptura do Paleocontinente Gondwana e ao maior vulcanismo fissural em região continental resultante no empilhamento de 2.000 m de basalto sobre os sedimentos da Bacia do Paraná e também intruso entre os mesmos, apresentam-se arenitos quartzosos da Formação Botucatu, originários da Supersequência Gondwana III (MILANI; THOMAZ FILHO, 2000).

Apresenta-se em porções diferentes no país, em estados como Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo, Mato Grosso do Sul, além do Sul do Estado do Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais. Na Bacia do Paraná são encontradas sequências de sedimentos extensos e espessos com granulação geralmente fina e intercalações de calcários. Os afloramentos das rochas sedimentares da Bacia do Paraná no Estado de Santa Catarina localizam-se em uma faixa grosseira de Norte a Sul com cerca de 100 km de largura (SCHEIBE; FURTADO, 1989).

O ciclo sedimentar final do preenchimento da Bacia do Paraná é iniciado pelo Deserto de Botucatu com vasta superfície de deflação eólica culminando na aridez desértica no interior desta Bacia (WILDNER *et al.*, 2004). Essa ocorrência culminou na interrupção da sedimentação que vinha se desenvolvendo e ocasionou no rearranjo da morfologia da Bacia. Condições de abrasão eólica dentro da bacia acompanham uma tendência de desenvolvimento de soerguimentos, temporalmente

coloca-se no grande ciclo geotectônico que está ligado a separação de Pangea, e dos continentes Africano e Sul-americano (SCHERER, 2000).

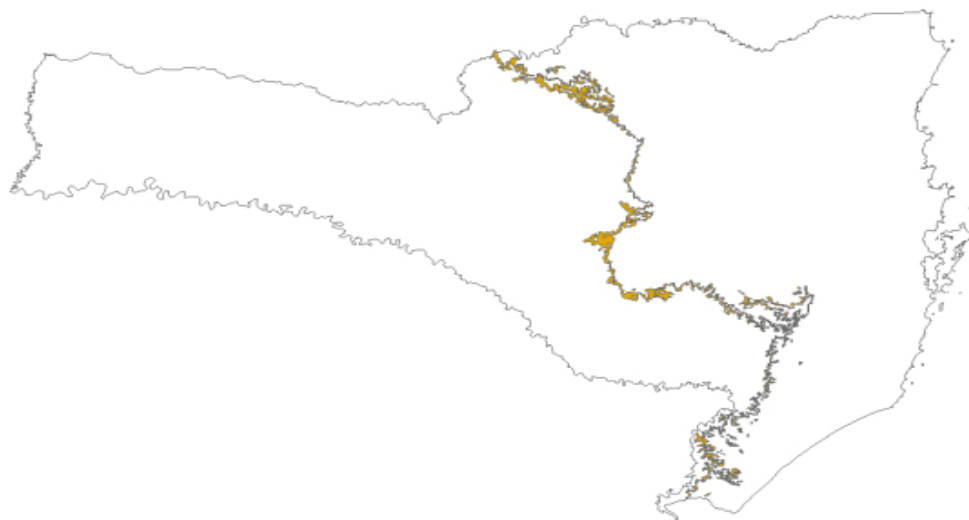
2.2 Formação Botucatu

Há 190 milhões de anos, durante o Período Triássico, o atualmente chamado Grande Deserto de Botucatu cobria grande parte do sul do Brasil, Paraná, Santa Catarina, parte do Rio Grande do Sul além de estados como São Paulo, sul de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, sul do Estado do Mato Grosso e sul de Goiás (CASTRO; DEZOTI, 1966). Essas áreas eram cobertas por um extenso deserto de areia avermelhada, dunas e pouquíssima água. No Período Jurássico, há cerca de 130 milhões de anos, derrames de lavas cobriram a areia do Deserto de Botucatu acarretando em um processo gradativo de compactação da areia em um pacote sedimentar. A separação do megacontinente Gondwana, através de movimentos sísmicos romperam a crosta terrestre lançando lavas fluidas para a superfície e deram origem a outros tipos de rocha, como Basalto que atualmente, recobrem o Arenito.

A Formação Botucatu é constituída de arenitos eólicos que se fazem predominantes na porção superior da Formação (MANIERI, 2010). Em áreas de afloramento dos arenitos dessa Formação geralmente os solos são arenosos, de cor avermelhada, amarelada ou mesmo esbranquiçada (CASTRO; DEZOTI, 1966).

A Formação Botucatu possui uma faixa de afloramentos de norte a sul no Estado de Santa Catarina (Figura 3). Está associada ao rebordo da Serra Geral, desde a divisa com o Estado do Rio Grande do Sul ao sul e ao norte com a divisa do Estado do Paraná. O Aquífero Guarani, está inserido no interior dos areais dessa Formação.

Figura 3: Mapa de localização da área aflorante da Unidade Hidroestratigráfica Botucatu.

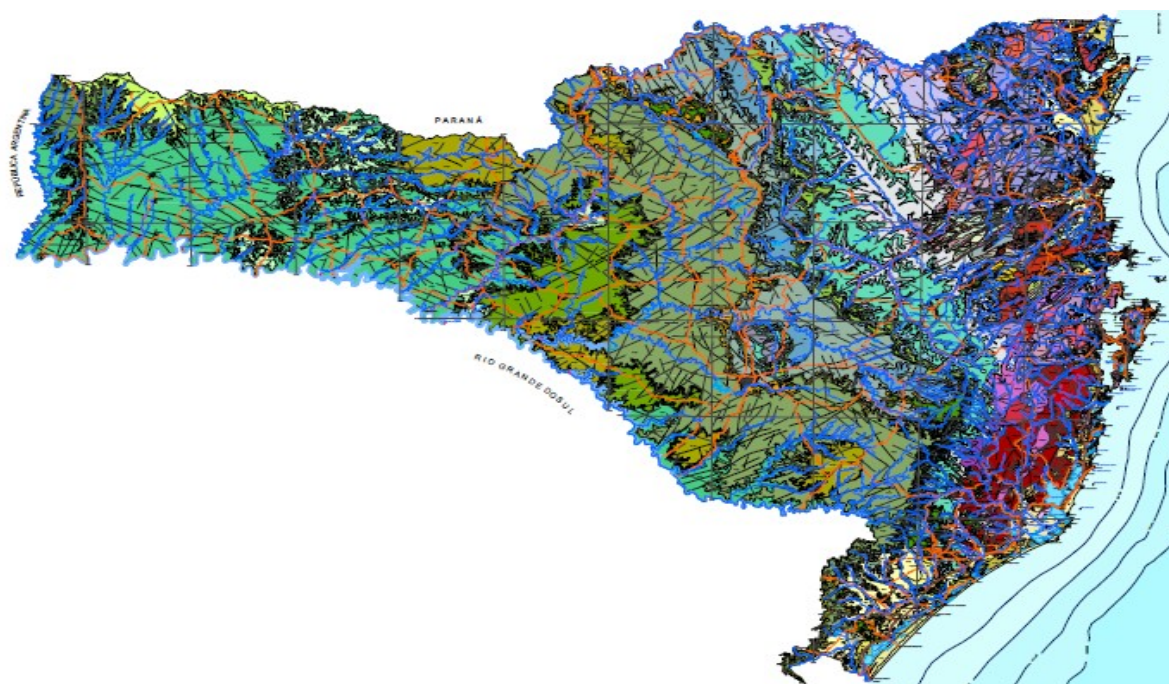


Fonte: CPRM, 2013.

2.3 Geologia Regional

No Estado de Santa Catarina e em específico na área estudada (Figura 3) são encontrados diferentes solos desenvolvidos de rochas vulcânicas. Encontramos também, solos desenvolvidos de rochas sedimentares, a exemplos de argilitos e folhelhos siltico-argilosos (EMBRAPA, 2004).

Figura 4: Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina.



Fonte: WILDNER et al., 2014.

Uma Formação importante na Região Serrana é a Formação Rio do Rasto. É dividida em dois membros: Serrinha e Morro Pelado, respectivamente, inferior e superior na Formação. Trata-se de depósitos de planícies costeiras contando com siltitos cinza esverdeados em camadas inferiores, ou seja, no membro Serrinha, se intercalando com camadas de calcário e em porções superiores, Morro Pelado, conta com arenitos, siltitos e folhelhos avermelhados (EMBRAPA, 2004). A Formação Rio do Rasto possui contato discordante erosivo pela Formação Botucatu, sendo recoberta pela mesma.

2.4 Aquífero Guarani

A Bacia do Paraná abriga um reservatório de águas subterrâneas com extensão de cerca de 1.195.500 km², o conhecido Aquífero Guarani, inserido nas areias do Botucatu. A Formação Botucatu é coberta por derramamentos de lavas que formaram rochas vulcânicas, dando ao aquífero característica de confinamento em cerca de 90% da área total (CAMPOS, 2000). Sua maior parte está localizada

em território brasileiro (Figura 4) apesar de uma faixa estar localizada na Argentina (222.500 km²), no Uruguai (58.500 km²) e também no Paraguai (71.700 km²) (BORGHETTI et al., 2004). Para o Mercosul o Aquífero Guarani possui grande importância tendo em vista sua extensão e também os vários usos de sua água.

O Aquífero Guarani possui área de afloramento em Santa Catarina (Figura 2) em faixa estreita e contínua, de norte a sul do Estado, delimitando as rochas vulcânicas e rochas sedimentares da Bacia do Paraná (CPRM, 2013). Existem duas maneiras de recarga, sendo que a primeira é a infiltração vertical em áreas de confinamento. A outra consiste na infiltração direta nas áreas de afloramento do arenito (ROCHA, 1996). Salienta-se que as regiões onde ocorre a recarga do aquífero são os locais em que o mesmo se encontra em maior vulnerabilidade.

O uso inadequado desses locais pode comprometer a qualidade da água do Aquífero Guarani por agentes poluentes. A identificação e controle das fontes de poluição não apenas em áreas confinadas, mas também nas áreas de recarga direta, trazem à tona a ideia de gestão sustentável (GOMES, 2008). O interesse no conhecimento da ocupação dessas áreas de afloramento são decorrentes da fragilidade que elas oferecem em relação à contaminação do aquífero.

O Mapa Hidrogeológico Regional foi elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Serviço Geológico do Brasil com a Base planimétrica digital do IBGE e a base digital do Projeto Sistema Aquífero Guarani ajustadas às imagens do Mosaico GeoCover 2000. Pode-se observar no Mapa Hidrogeológico Regional (Figura 4), arenitos amarelo-avermelhados e róseos. Esta zona aquífera caracteriza-se por apresentar água com qualidade boa para todos os fins: abastecimentos domésticos e públicos, agrícolas e industriais. Aquíferos porosos com expectativa de alta vulnerabilidade possuem médio risco de contaminação por insumos agrícolas e em menor escala dejetos humanos (CPRM, 2013).

Figura 5: Mapa esquemático do Sistema Aquífero Guarani no Brasil.



Fonte: Borghetti et al., 2004

GOMES et al. (2002) relatam em seus estudos a vulnerabilidade natural do solo em áreas agrícolas no município de Ribeirão Preto-SP em zonas de recarga do Aquífero Guarani preconizando o potencial de infiltração, escoamento superficial do solo, declividade do terreno e condutividade hidráulica.

Condições favoráveis à contaminação do solo foram encontradas tendo em vista o potencial de infiltração do solo ser considerado alto, deixando as áreas de recarga em vulnerabilidade. Teores baixos de matéria orgânica e argila, recorrentes em solos desenvolvidos em afloramentos da Formação Botucatu indicam que, principalmente para produtos químicos como agrotóxicos, geralmente neutros e básicos, possuem alto potencial de contaminação pela alta capacidade de lixiviação (RIBEIRO et al., 2007).

Figura 6: Mapa Hidrogeológico de Santa Catarina com ênfase na área de estudo.



Fonte: CPRM, 2013.

Na Microbacia do Córrego do Espirado, em Ribeirão Preto-SP predomina o cultivo de cana-de-açúcar com demandas constantes de aplicações de herbicidas. Utilizando-se de geoprocessamento e programas de simulação que estimam a concentração e o movimento de compostos através da resposta ao movimento da água no solo, Pessoa et al., (1997), analisando vários agrotóxicos, ao final de quatro anos simulados, indicam que o herbicida Hexazinone atingiu 30,3 m de profundidade em solos arenosos e a Atrazina, que atingiu cerca de 20,5 m de profundidade.

A probabilidade de que uma situação física com potencial causador de danos venha a acontecer, em diferentes níveis, em decorrência da exposição durante determinado tempo se torna alvo de estudos voltados a qualidade ambiental de

sistemas produtivos (PESSOA e SRAMIN, 2004). A movimentação vertical de produtos químicos em áreas de recarga do aquífero foram analisados por Pessoa et al., (1997) utilizando programas de simulação nas cidades de Alegrete-RS e Mineiros-GO para um período de três anos. Nos dois simulados os resultados mostraram que vários produtos químicos atingiram grandes profundidades.

Em áreas urbanas, Cordeiro e Machado (2005) levantaram a urbanização no Município de Ribeirão Preto-SP em áreas aflorantes do Aquífero Guarani uma vez que a cidade é totalmente abastecida pelo manancial. Com o desenvolvimento do estudo, comprovou-se que a Companhia Habitacional Regional de Ribeirão Preto está situada sobre área em que se localizava disposição de lixo (urbano, hospitalar e industrial) e que a mesma não possuía sistema de drenagem de gases e de chorume. O local também não possui medida de saneamento necessária para tornar o local urbanizado. A área na qual estão construídos os conjuntos habitacionais, e que foi utilizada pela Prefeitura de Ribeirão Preto para “lixão” situa-se sobre área de recarga do Aquífero Guarani.

Guerrero et al., (2017) em estudos no córrego do Gouveia, localizada no município de Brotas, São Paulo, referente ao ano de 2017, sugerem a vulnerabilidade das águas subterrâneas da bacia do córrego Gouveia a ações antrópicas potencialmente impactantes. A área é predominantemente agrícola, com cultivo de cana-de-açúcar e café. Na maioria da área da bacia, cerca de 59% do total, o potencial de contaminação foi considerado “Alto”, estendendo-se por praticamente toda a bacia e causado pela combinação entre solos potencialmente frágeis (especialmente Neossolos Quartzarênicos), geologia das Formações Botucatu e Pirambóia, declividade baixa e/ou muito baixas e presença de solos expostos de uso agrícola, urbano e uso silvícola. Existe relação intrínseca entre os solos arenosos provenientes da Formação Botucatu com o alto potencial de contaminação para todo o Sistema Aquífero Guarani, já que Santos et al. (2015) também identificaram maior vulnerabilidade do aquífero nessa litologia no município de Ribeirão Bonito-SP.

2.5 Solos Arenosos

Os solos arenosos são formados de rochas areníticas ou quartzíticas apresentando dominância da fração areia seja em superfície, ou ainda, em subsuperfície. Os solos arenosos são de forma geral, bem drenados, apresentam-se geralmente em relevo plano a suave-ondulado, com baixa retenção de umidade e baixa fertilidade natural, com baixos teores de matéria orgânica. Por serem predominantemente constituídos por grãos de quartzo, possuem pouca agregação de partículas tornando-se muito suscetíveis à erosão quando manejados, e sua capacidade de troca de cátions (CTC) depende quase exclusivamente da matéria orgânica (EMBRAPA, 2004).

A granulometria de solos arenosos é maior quando comparada com solos ricos em silte e/ou argila e justamente por isso, os solos arenosos são mais aerados e possuem mais rápida velocidade de infiltração da água (ANDREOLI, ANDREOLI e JUSTI JUNIOR, 2014). Predominantemente, solos arenosos ao sul do Brasil, ocorrem na faixa litorânea de Santa Catarina, Paraná e também no Rio Grande do Sul, derivados de depósitos sedimentares costeiros, porém, podem encontrar-se em menores manchas em outros locais.

Nas áreas aflorantes da Formação Botucatu, área de recarga do aquífero Guarani, na região do Planalto Serrano, os solos também apresentam classe textural arenosa, quando não receberam contribuições de origem basáltica proveniente de partes mais elevadas da paisagem, ou ainda, acréscimo de materiais provenientes de outros locais.

2.6 Agência Nacional de Águas (ANA)

A Agência Nacional de Águas (ANA) foi criada por meio da Lei nº 9.984 de 2000. A ANA tem como missão implementar e coordenar a gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos e regular o acesso à água, promovendo seu uso sustentável em benefício das atuais e futuras gerações regulando contratos e também a operação de recursos hídricos. A Agência é uma autarquia sob regime

especial, com autonomia administrativa e financeira, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2000).

Possui um diretor-presidente além de quatro outros diretores-gerais responsáveis pela gestão. Possui caráter descentralizador ultrapassando divisas de estados, arbitrando o conflito de uso da água no âmbito administrativo sendo responsável pela quantidade de água bruta que pode ser retirada mediante concessões. A ANA realiza o monitoramento de dados tais como: nível, vazão, sedimentos dos rios e quantidade de chuvas. Tem responsabilidade no acompanhamento da situação dos recursos hídricos do Brasil planejando o uso dos mesmos e prevenindo eventos críticos, como secas e inundações. Também regula os serviços públicos de irrigação e adução de água bruta.

A ANA estimula a participação de representantes dos governos, usuários e das comunidades, em gestão participativa e democrática e também capacita as comunidades e interessados oferecendo cursos através do Portal de Capacitação para Gestão de Águas. Dentre as suas ações, participa de estudos estratégicos, como os Planos de Bacias Hidrográficas, Relatórios envolvendo o uso de Recursos Hídricos, entres outros, em parceria com órgãos do poder público. Por fim, apoia programas e projetos, órgãos gestores estaduais e a instalação de Comitês e Agências de Bacias (BRASIL, 2020).

2.7 Diretoria de Recursos Hídricos de Santa Catarina

A Lei Estadual nº 9.748, de 30 de novembro de 1994, sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, garante que o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser integrado, descentralizado e participativo, sem dissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos superficial e subterrâneo do ciclo hidrológico (SANTA CATARINA, 1994).

Dentro disso a Diretoria de Recursos Hídricos de Santa Catarina, através da Secretaria do Estado de Desenvolvimento Econômico Sustentável age com o objetivo de assegurar a disponibilidade de água no Estado, garantindo o uso racional

dos recursos hídricos. Segundo o Sistema de Informações de Recursos Hídricos de Santa Catarina, a Diretoria promove a educação ambiental e serviços como o Plano de Recursos Hídricos de diferentes Bacias Hidrográficas, que são avaliados pelos Comitês de Bacias, fundamentando e orientando a implementação de ações para o gerenciamento de recursos além de solucionar problemas de quantidade e qualidade de água para regiões.

A diretoria promove educação ambiental e campanhas educativas para conscientizar a sociedade sobre a importância do uso racional das reservas de água do Estado. Além disso, fiscaliza e monitora as condições dos rios do Estado, administra as informações sobre a gestão de recursos hídricos e também realiza o desenvolvimento de pesquisas aplicadas nas Áreas de Recursos Hídricos e saneamento.

A Diretoria de Recursos Hídricos presta informação através do Portal Web do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina – SIRHESC, que foi lançado oficialmente no dia 17 de novembro de 2014, como parte dos Estudos dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos para o Estado de Santa Catarina.

2.8 Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH foi criado pela Lei nº 6.739, de 16 de dezembro de 1985 (SANTA CATARINA, 1985). Segundo a Lei de Criação, presente no Portal do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, é função do Conselho estabelecer diretrizes com vistas ao planejamento para aproveitamento e controle dos recursos hídricos, analisando propostas de estudos, preservação e recuperação dos recursos. Propõe diretrizes para o Plano Estadual de uso dos recursos compatibilizando a política estadual e a política federal, além de compatibilizar ações intermunicipais com a ação estadual na área de utilização de recursos hídricos.

É de domínio do Conselho também, estabelecer normas para institucionalizar Comitês de Bacias Hidrográficas orientando a sua constituição. Promove a

integração dos programas e atividades governamentais no abastecimento urbano e industrial, controle de cheias, irrigação e drenagem, transporte fluvial, aproveitamento hidroelétrico, entre outros. A administração é dividida entre Presidência, Vice-Presidência, Comissão Consultiva e Secretaria-Executiva.

Possui entidades representantes, como a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura, Polícia Militar do Estado de Santa Catarina, Centrais Elétricas de Santa Catarina S/A – CELESC, Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN, Fundação do Meio Ambiente – FATMA.

2.9 Comitê Canoas – Pelotas

De acordo com a Resolução CERH Nº 26, de 20 de agosto de 2018, o que antes era chamado de Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, passou a ser chamado Comitê Canoas – Pelotas (SANTA CATARINA, 2018). O Planalto Serrano é composto pelas Bacias Hidrográficas dos afluentes do Rio Canoas e pelas Bacias Hidrográficas dos afluentes catarinenses do Rio Pelotas com exutórios localizados entre sua nascente e a confluência com o Rio Canoas. A Bacia Hidrográfica referida está distribuída em diferentes municípios do Estado de Santa Catarina, entre eles, municípios objetos de estudo: Curitibanos, São Cristóvão do Sul, Ponte Alta, Correia Pinto, Lages e Paineira. A água da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas e do Rio Pelotas é utilizada tanto para indústrias como para a agricultura e pecuária.

Os objetivos estão ligados à promoção do gerenciamento descentralizado, participativo e integrado da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, e à defesa contra eventos hidrológicos críticos, que ofereçam riscos à saúde e segurança pública. Reconhece a água como bem público com valor econômico combatendo e prevenindo as causas e efeitos adversos da poluição, das inundações, das estiagens, da erosão do solo e do assoreamento dos corpos de água nas áreas urbanas e rurais.

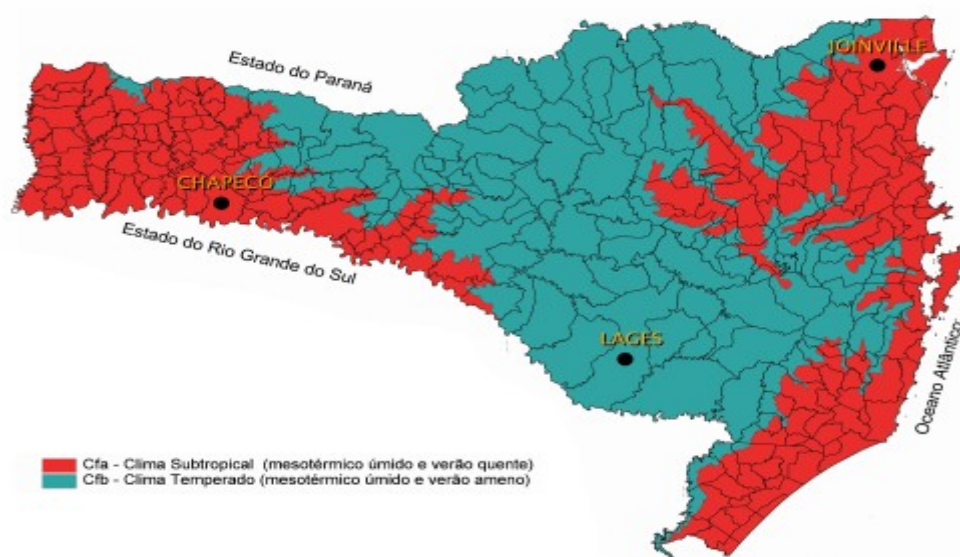
O Comitê do Rio Canoas – Pelotas promove o debate das questões relacionadas a recursos hídricos elaborando e aprovando a proposta do plano de recursos hídricos para a bacia do rio Canoas e acompanha sua implementação sugerindo providências necessárias. Cabe também ao Comitê estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e propor ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos critérios para promover o rateio dos custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo a serem executados na bacia hidrográfica. Os interesses de diferentes segmentos da sociedade são compatibilizados pelo Comitê sendo que o mesmo também realiza estudos e debates acerca da bacia, além de fornecer subsídios para elaboração do relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica (CGBHRC, 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger (BRAGA e GUELLERE, 1999), o clima de Santa Catarina é subtropical úmido com duas variações: Subtipo Mesotérmico Úmido com verão quente (Cfa) e Subtipo Mesotérmico úmido com verão ameno (Cfb), respectivamente (Figura 8). O Subtipo Mesotérmico Úmido com verões quentes (Cfa) é encontrado em áreas com menos de 800 metros de altitude, enquanto o Subtipo Mesotérmico Úmido com verões amenos (Cfb) é encontrado em áreas com altitude mais elevada o que faz com que as temperaturas variem de acordo com o local.

Figura 7: Classificação climatológica do Estado de Santa Catarina segundo Koppen.

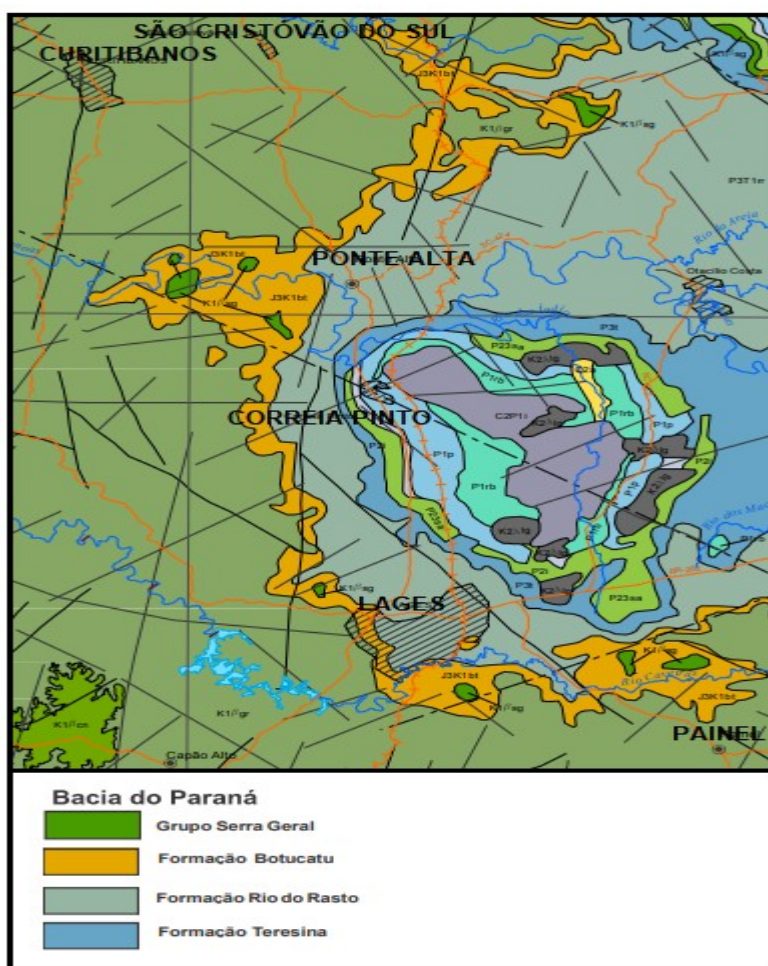


Fonte: Atlas Climatológico de Santa Catarina, 1997.

No Estado de Santa Catarina e em específico na área estudada são encontrados diferentes solos desenvolvidos de rochas vulcânicas. Encontramos também, solos desenvolvidos de rochas sedimentares, a exemplos de argilitos e folhelhos siltico-argilosos além de arenitos (EMBRAPA, 2004).

A área estudada compreende áreas nas quais ocorrem afloramentos do Arenito da Formação Botucatu, em faixa estreita no sentido norte-sul que compreende os municípios de São Cristóvão do Sul a Paineira – SC, municípios pertencentes ao Planalto Serrano Catarinense (com exceção do município de São Cristóvão do Sul).

Figura 8: Mapa Geológico de Santa Catarina da área estudada ilustrando as áreas de afloramento do arenito da Formação Botucatu.



Fonte: WILDNER et al., 2014.

3.2 Metodologia

Realizou-se levantamento bibliográfico e documental com base em diferentes trabalhos presentes na literatura com temáticas relacionadas ao assunto tratado e referenciados no trabalho.

O levantamento do uso das áreas de afloramento da Formação Botucatu e também de recarga do Aquífero Guarani, em Santa Catarina, foi realizado a campo de acordo com os locais indicados pelo Mapa Geológico de Santa Catarina (WILDNER et al., 2014), percorrendo durante vários dias com veículo, as estradas existentes nos locais de afloramento do arenito da Formação Botucatu identificados através do mapa.

Esses locais foram visitados percorrendo-se as rodovias, BR-470, BR-112, SC-114, periferias de Lages em partes elevadas da cidade e também no local de encontro entre o Rio Carahá e o Rio Caveiras e várias estradas municipais dos municípios de Ponte Alta e Correia Pinto. Os usos antrópicos dessas áreas foram registrados e fotografados de acordo com os objetivos do trabalho que se baseiam na identificação desses usos em áreas de afloramento do arenito da Formação Botucatu, e, possíveis problemáticas relacionadas com o referencial teórico, tendo em vista que são áreas de recarga direta do Aquífero Guarani.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com o Mapa Geológico de Santa Catarina (WILDNER et al., 2014) nos municípios de Correia Pinto, Curitibanos, Lages, Paineira, Ponte Alta e São Cristóvão do Sul ocorrem afloramentos do arenito da Formação Botucatu (Figura 11). Desse modo, percorreu-se com veículo durante vários dias, algumas áreas mapeadas realizando o registro do uso das áreas em fotografias. A importância do diagnóstico da utilização dessas áreas justifica-se porque o uso antrópico inadequado pode contaminar a água de um dos maiores mananciais de água doce do planeta, o Aquífero Guarani.

Figura 9: Contato entre solo de basalto e arenito da Formação Botucatu em Correia Pinto – SC.



Fonte: Autor.

Atualmente, os municípios têm sua economia baseada na agricultura, pecuária e indústria madeireira. Percorrendo-se as áreas de afloramento do arenito da Formação Botucatu notam-se diferentes atividades antrópicas nesses locais.

4.1 Culturas Anuais e Matas Nativas

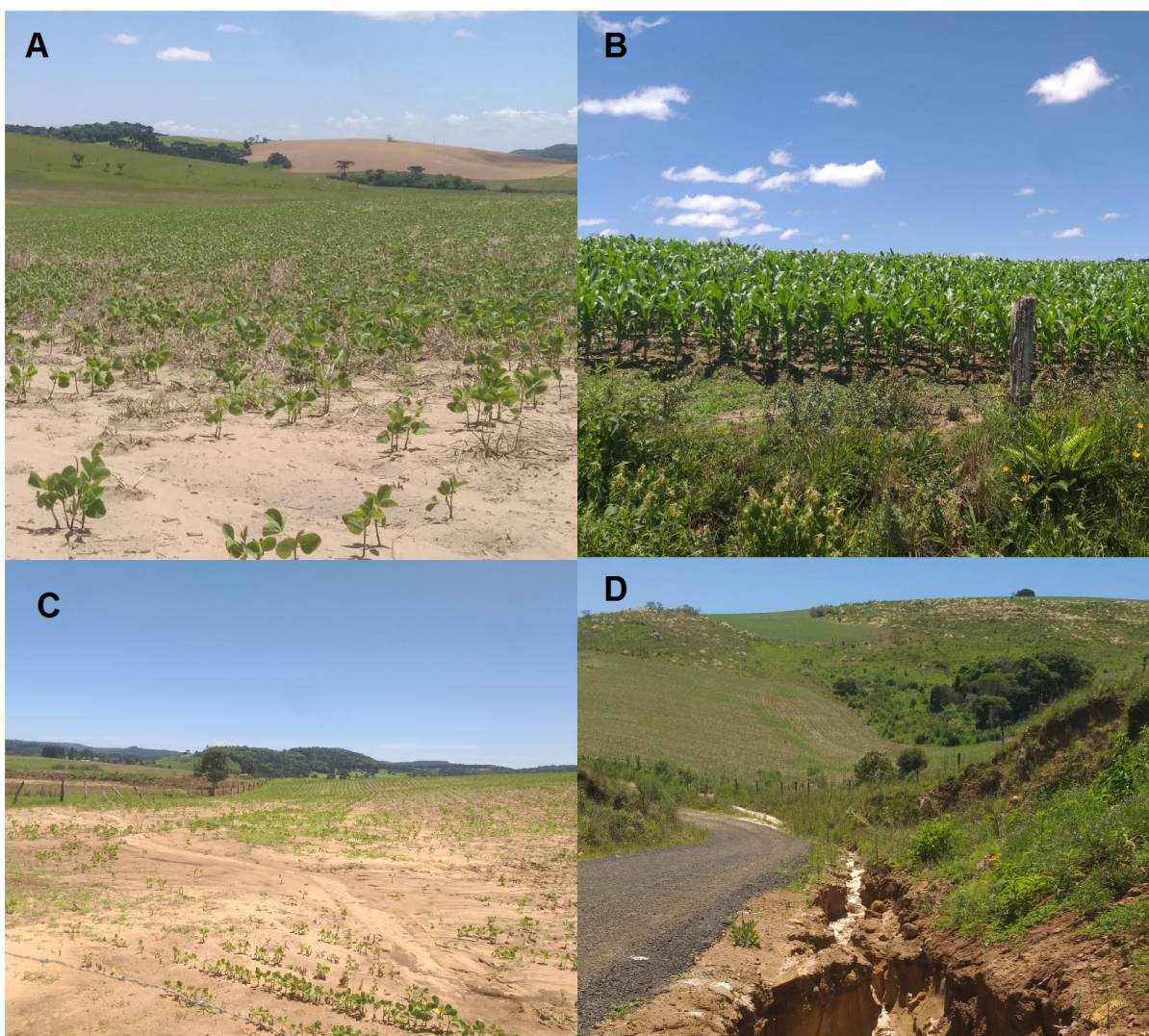
O cultivo de Soja (*Glycine max*) e Milho (*Zea mays*), atividades predominantes na região, também são encontradas em solos das áreas de afloramento do arenito, onde normalmente adota-se o uso de insumos agrícolas como os agrotóxicos e fertilizantes minerais. Os solos desses locais são predominantemente arenosos e muito suscetíveis à erosão por terem pouca agregação de partículas primárias (EMBRAPA, 2004), além de alta taxa de infiltração de água.

O plantio de culturas anuais através dos anos faz com que a probabilidade de que uma situação física com potencial causador de danos venha a acontecer em decorrência da exposição contínua desse solo (PESSOA; SRAMIN, 2004). Pessoa et al. 1997) analisaram a movimentação vertical de produtos químicos em áreas de recarga do aquífero nas cidades de Alegrete-RS e Mineiros-GO para um período de três anos em que os resultados mostraram que vários produtos químicos atingiram grandes profundidades no solo.

No inverno, em algumas dessas áreas são cultivadas forrageiras que servem de alimento para o gado e outros animais. Ao entorno das áreas cultivadas são observadas áreas de preservação de mata nativa (Figura 11), bem como, vegetação rasteira. Em áreas próximas às plantações de Soja e de Milho, um solo com classe textural arenosa e o afloramento do Arenito da Formação Botucatu podem ser observados na estrada (Figura 10).

No município de Brotas – SP, em cerca de 59% das áreas agrícolas o potencial de contaminação foi considerado “Alto”, causado especialmente pela combinação entre solos potencialmente frágeis, geologia da Formação Botucatu, declividade baixa e/ou muito baixas e presença de solos expostos ao uso agrícola e silvicultura. Existe uma relação intrínseca entre os solos arenosos provenientes da Formação Botucatu com o alto potencial de contaminação de aquíferos (SANTOS et al., 2015).

Figura 10 – Culturas anuais em áreas de afloramento do arenito da Formação Botucatu: Cultivo de soja em Ponte Alta – SC (A); Cultivo de milho em Ponte Alta – SC (B); Erosão do solo em Ponte Alta – SC (C); Vossoroca em leito de estrada em Ponte Alta – SC(D).



Fonte: Autor

Figura 11: Área com preservação de mata nativa, em Ponte Alta – SC.



Fonte: Autor.

4.2 Áreas de Pastagem

O gado de corte faz parte da cultura e história da região, que se localiza em antiga rota de tropeiros, que levavam gado do sul ao sudeste. Com o tempo expandiu-se a colonização desses locais e áreas foram abertas para a atividade pecuária extensiva. Áreas extensivas com campo nativo de vegetação rasteira, utilizada para criação de gado de corte fazem parte das atividades diagnosticadas, sendo que na prática pode-se observar pastagens degradadas.

Figura 12: Locais de afloramento do arenito da Formação Botucatu com pastagem cultivada utilizado para criação extensiva de gado. Ponte Alta (A); Correia Pinto (B).



Fonte: Autor.

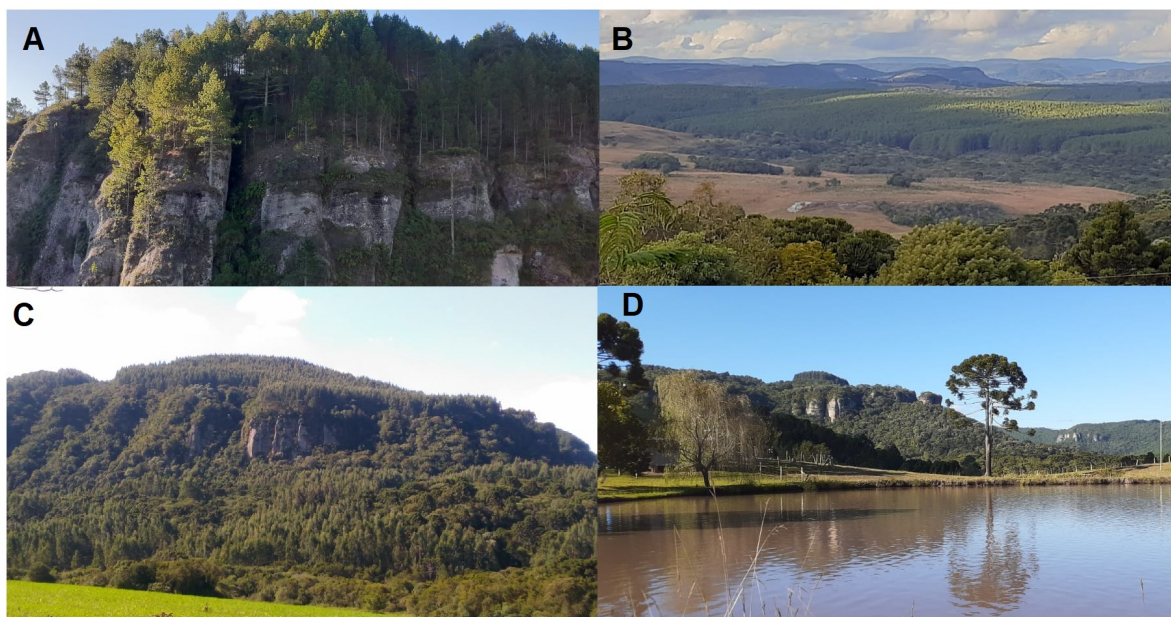
Áreas de pastagem cultivada para gado também foram diagnosticadas em áreas de afloramento do arenito da Formação Botucatu. A crescente degradação

desses solos devido ao manejo inadequado, sem a adoção de práticas de conservação de solo e água, faz com que, considerando a fragilidade de áreas de recarga do Aquífero Guarani (GOMES, 2008) seja necessária a adequação do manejo visto a vulnerabilidade natural na Formação dos processos erosivos e também ao uso de agroquímicos.

4.3 Silvicultura e Estradas

A indústria madeireira é uma das atividades mais presentes na economia dos municípios objetos do estudo e espécies comerciais como o Pinus (*Pinus spp.*) é muito comum nesses locais, existindo ainda duas grandes indústrias de papel e celulose, dentre outras, que consomem grande quantidade dessas árvores.

Figura 13: Áreas de plantio de espécies madeireiras comerciais em Ponte Alta.



Fonte: Autor.

Os afloramentos do arenito da Formação Botucatu podem ser observados em variados lugares: em estradas, beiras de estradas, encostas, sob trilhos de trem, pastagens cultivadas e nativas, lavouras, em locais de turismo. Na Figura 14, onde

ocorre afloramento do arenito em estradas, nitidamente observa-se o efeito do fluxo da rocha carreada pela chuva da parte mais alta à parte mais baixa do relevo, evidenciando a fragilidade desses locais.

Figura 14: Leito de estradas sobre arenito da Formação Botucatu. Ponte Alta (A);
Correia Pinto – SC (B).



Fonte: Autor.

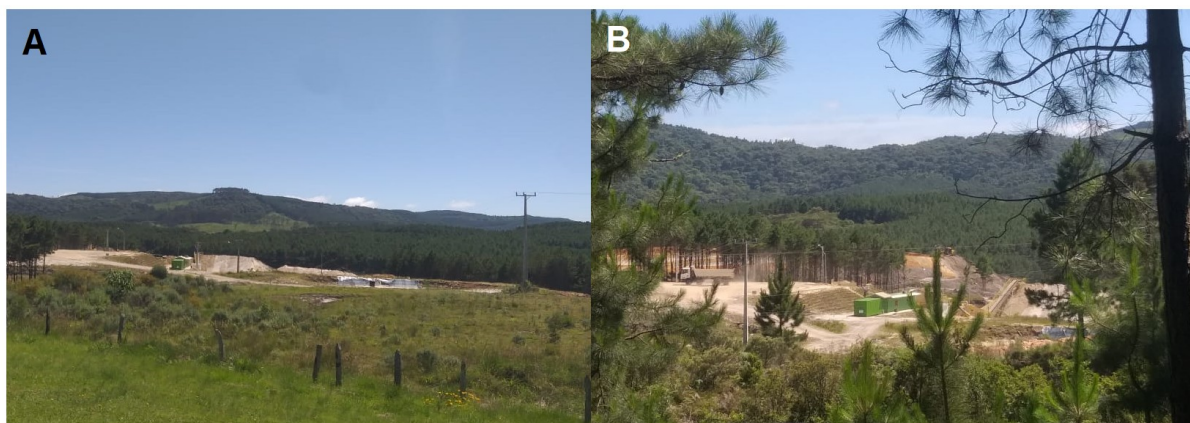
Vários são os locais em que os afloramentos podem ser observados, de vez que ocorrem em faixa estreita e contínua no sentido norte-sul no Estado de Santa Catarina.

Características naturais como a condutividade hidráulica, o alto potencial de infiltração e a taxa de infiltração em Áreas de Recarga, onde predominam solos arenosos (Figura 14), como é o caso do Córrego do Espriado em São Paulo, evidenciam a alta vulnerabilidade natural do Aquífero Guarani à contaminação (PESSOA et al., 1997).

4.4 Exploração de Areia

Companhias de extração de areia instalaram-se na região para a exploração do recurso natural. Ambientes peculiares, devido à acidificação de lagoas de extração de areia, são encontrados em áreas de mineração do recurso. A mineração é, por si só, uma atividade impactante, uma vez que promove a alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio onde está inserida (VIEIRA; REZENDE, 2015). Uma composição atípica da água dessas lagoas, quando comparadas com outros corpos de água naturais, indica a possibilidade de que o processo da atividade de extração de areia seja o fator que desencadeia mudanças na química da água (TUBBS et al., 2011).

Figura 15: Exploração de areia em áreas de Afloramento do arenito da Formação Botucatu em São Cristóvão do Sul – SC.



Fonte: Autor.

Na Figura 15 observa-se uma empresa em plena atividade, enquanto na Figura 16 observa-se o passivo ambiental deixado após a exploração, em outro local.

Figura 16: Passivo ambiental deixado por empresa após exploração de areia em Ponte Alta – SC.



Fonte: Autor.

4.5 Estação de Piscicultura da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI)

A Estação de Piscicultura da EPAGRI, localizada no km 242 da SC-114, às margens da rodovia, no município de Paineira, está localizada em área de afloramento do arenito da Formação Botucatu. A estação possui uma área vasta estruturada com tanques para criação de alevinos; A área total do parque é de 19 hectares.

Inaugurada em março de 1985, como Estação Nacional de Truticultura da Superintendência de Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE), órgão vinculado ao Ministério da Agricultura, também serviu como sede da Polícia Militar Ambiental de Lages, nos anos entre 1998 e 2006, bem como Base Avançada de Pesquisa do

Ibama, que realizava atividades de repovoamento alevino de espécies nativas, proteção a animais silvestres e programas de educação ambiental até 2014.

Figura 17: Estação de Psicultura da EPAGRI no município de Paineira – SC.



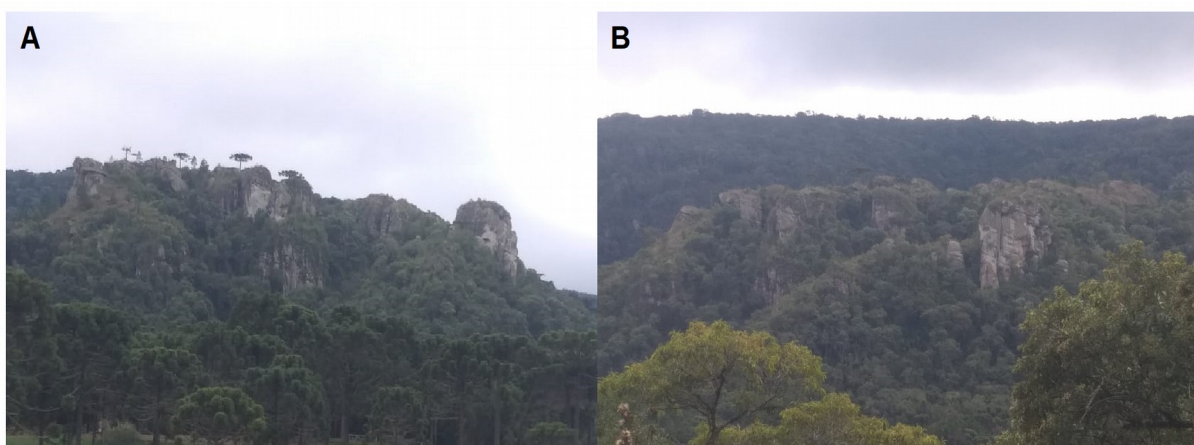
Fonte: Autor.

4.6 Turismo

Além de áreas diretas de recarga do Aquífero Guarani, os paredões rochosos oriundos do arenito da Formação Botucatu, chamam atenção pela beleza em locais em que afloram e são utilizados como forma de turismo.

A Fazenda Pedras Brancas, localizada a 14 km do centro de Lages, oferece o chamado Turismo Rural onde se preserva a história, costumes, culinária serrana e o modo de vida simples do interior. Em 1985, foram abertos os portões da Fazenda para receber turistas oriundos de todo o Brasil e também do exterior. A denominação Pedras Brancas se dá justamente pelos paredões rochosos formados pelas rochas do arenito da Formação Botucatu, nítidos mesmo sem entrar na Fazenda (PORTAL FAZENDA PEDRAS BRANCAS, 2020).

Figura 18: Afloramentos do arenito da Formação Botucatu observadas na Fazenda Pedras Brancas em Lages – SC.



Fonte: Autor

A Gruta de Nossa Senhora de Aparecida localizada na comunidade rural do Cafundó, no município de Ponte Alta – SC, é um conjunto natural de afloramentos do arenito da Formação Botucatu. O local trata-se de uma caverna, ponto turístico centro de romarias, na qual ocorre uma queda d'água de mais de 40 metros de altura.

Figura 19: Gruta de Nossa Senhora Aparecida na Comunidade do Cafundó, em Ponte Alta – SC. Gruta de Nossa Senhora de Aparecida (A); Paredão rochoso ao localizado ao lado da Gruta de Nossa Senhora de Aparecida (B).



Fonte: Autor

4.7 Urbanização

Em Lages – SC são observados afloramentos do arenito da Formação Botucatu dentro do município e em locais de expansão dos bairros (Figura 20). Percorreram-se os bairros Boqueirão, Cidade Alta e Área Industrial e foram constatadas ocorrências do arenito nesses locais em meio a urbanização.

Cordeiro e Machado (2005) levantaram a urbanização no Município de Ribeirão Preto – SP, visando a conscientizar o Poder Público a respeito do uso indiscriminado, a contaminação e a degradação dos mananciais subterrâneos, em áreas aflorantes do Aquífero Guarani e abastecida pelo manancial. A área na qual estão construídos os conjuntos habitacionais em Ribeirão Preto – SP, situa-se sobre área de recarga do Aquífero Guarani em área que anteriormente era um local de disposição de resíduos sólidos sem manejo. O local também não possui nenhuma medida de saneamento necessária.

Figura 20: Afloramentos do arenito da Formação Botucatu em áreas Urbanas em Lages – SC nas áreas mais elevadas a oeste do município. Bairro Área Industrial (A); Bairro Boqueirão (B, C); Bairro Cidade Alta (D).



Fonte: Autor.

Zonas urbanas residenciais apresentam, muitas vezes, um complexo de atividades potencialmente poluidoras de águas subterrâneas. No município de Lages, uma grande preocupação é em relação ao destino de efluentes líquidos não tratados, que, muitas vezes, estão a céu aberto ou ainda em sistemas de fossas, sobre a rocha permeável. Medidas de proteção em relação a esses sistemas devem ser tomadas. Agentes biológicos associados a fossas sanitárias, poluidoras de águas subterrâneas, estão ligados a doenças como cólera, febre tifóide, entre outras (CORDEIRO; MACHADO, 2005). Um ponto a ser salientado é a existência de uma

Área Industrial no município de Lages – SC em área de afloramento do arenito da Formação Botucatu.

4.8 Poluição

Um agravante encontrado no município de Lages – SC é o Rio Carahá, que é destino de grande parte dos efluentes líquidos não tratados da cidade. Ainda no município de Lages, o Rio se encontra com o Rio Caveiras e parte de seu leito está em contato com locais de afloramento do arenito da Formação Botucatu. No local do “Triste Encontro”, termo utilizado por moradora local para descrever a união dos dois rios, é notória a poluição do Rio Carahá e a não união instantânea das águas em decorrência desse fator.

Figura 21: Rio Carahá em diferentes locais. Em Área Urbana (A); Em proximidade ao local de encontro com o Rio Caveiras (B, C); Encontro do Rio Carahá com o Rio Caveiras (D).



Fonte: Autor.

Parte do leito do Rio Caveiras está em área de afloramento do arenito da Formação Botucatu e recebe todos os efluentes e esgotos na cidade de Lages – SC por meio do Rio Carahá. Há um aumento do risco nas áreas de abastecimento levando em conta a poluição orgânica e química, contaminação dos rios pelos esgotos sanitários e industriais, a falta de coleta e disposição dos resíduos sólidos urbanos (CORDEIRO; MACHADO, 2005).

Figura 22: Rio Caveiras em área de afloramento do arenito da Formação Botucatu entre os municípios de Lages – SC e Painel – SC, na SC 114. Placa de Sinalização do Rio Caveiras (A); Contato do leito do Rio Caveiras com o arenito da Formação Botucatu (B).



Fonte: Autor.

A pesca é uma atividade comum nas águas do Rio Caveiras, passatempo para muitos moradores da região e, também, fonte de renda para outros. A preocupação é em decorrência de todas essas atividades poluidoras e fatores que prejudicam a qualidade da água do Rio que pode vir a contaminar peixes e, posteriormente, quem vier a se alimentar deles. Em 2018, os técnicos da Agência Reguladora de Serviços Públicos de Santa Catarina (Aresc) investigaram as causas

das mortes frequentes de peixes no Rio Caveiras, porém as coletas de água não foram conclusivas para o laudo.

Figura 23: Barcos de pescadores que desenvolvem a atividade no Rio Caveiras, BR 116. Placa de sinalização da Ponte sobre o Rio caveiras (A); Barcos de pescadores no leito do Rio Caveiras (B).



Fonte: Autor

Considerando como carga potencial poluidora a presença de indústrias de papel/papelão e a liberação de efluentes, como no caso da região do Planalto Serrano Catarinense, em que a atividade madeireira e de produção de papel está entre as atividades mais recorrentes e importantes economicamente percebe-se a possibilidade de contaminação do Aquífero Guarani (SCHEIBE; FURTADO, 1989).

O Rio Canoas (Figura 24), em ampla faixa, possui contato direto de seu leito para com a rocha porosa característica de áreas aflorantes do arenito da Formação Botucatu. A Figura 24 evidencia o paredão de arenito em área coincidente com o leito do rio. Esses locais estão suscetíveis à infiltração de contaminantes e contaminação do aquífero.

Figura 24: Afloramentos do arenito da Formação Botucatu em contato com o Rio Canoas em Correia Pinto – SC.



Fonte: Autor.

4.9 Seca e a Água Subterrânea

O ano de 2020 se apresenta com dificuldades no abastecimento hídrico em decorrência de uma das maiores secas registradas pela Região Sul. A mudança de paisagens, prejuízos na safra, bem como os problemas com abastecimento no Estado de Santa Catarina, fez com que municípios decretassem situação de emergência. O Rio Pelotas se apresenta muito abaixo do normal na divisa entre os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Figura 25).

Figura 25: Rio Pelotas e a seca de 2020.



Fonte: Autor.

O crescimento da demanda de água potável e a crise hídrica estimulam a exploração de águas subterrâneas e, além disso, remetem à importância da preservação da qualidade desse recurso. As águas subterrâneas potencialmente apresentam boa qualidade para consumo humano, embora o lençol freático seja muito vulnerável à contaminação (CPRM, 2013).

Elaborar um planejamento de uso e ocupação do território com ênfase nas áreas em que ocorrem afloramentos do Sistema Aquífero Guarani, levando em conta seus processos de recargas de águas subterrâneas e evitando atividades potencialmente perigosas é uma forma de controle de fonte de poluições pontuais

(MANZIONE, 2015). A de Lei Nº 16.656, de 2 de julho de 2015, incumbe ao Estado sinalizar 37 locais inseridos na Zona de Recarga Direta do Aquífero Guarani, ou seja, as áreas de afloramento do arenito da Formação Botucatu. Porém, de todas as áreas percorridas nesse estudo, apenas uma placa foi encontrada, na SC – 114 em Lages – SC (Figura 26).

Figura 26: Placa sinalizando Zona de Recarga Direta do Aquífero Guarani.



Fonte: Autor.

A utilização inadequada, bem como a irresponsabilidade perante a sinalização desses locais, descumprindo a Lei Nº 16.656, de 2 de julho de 2015, elucida a necessidade de conscientização a respeito da cautela com que se deve tratar essas áreas de afloramento do arenito da Formação Botucatu, que são áreas de Recarga Direta do Aquífero Guarani.

Corre-se o risco, através da utilização desordenada de águas subterrâneas com a perfuração de poços tubulares em épocas de escassez, de se diminuírem os estoques de água subterrânea (MANZIONE, 2015).

5. CONCLUSÕES

Diversas atividades antrópicas foram encontradas em locais com áreas de afloramento do arenito da Formação Botucatu. Nessas áreas, a utilização antrópica inadequada condiciona a uma maior vulnerabilidade a contaminação da água de um dos maiores mananciais de água doce do planeta, uma vez que o lençol freático é muito vulnerável à contaminação. O crescimento da demanda de água e a crise hídrica levantam a importância da preservação da qualidade desse recurso.

O levantamento da utilização dessas áreas remete à importância da elaboração de um planejamento de uso consciente e ocupação do território com ênfase nas áreas em que ocorrem afloramentos do Aquífero Guarani, não deixando de lado os processos de recarga do aquífero e sua dinâmica. Deve ser adotada cautela no tocante a atividades potencialmente perigosas nessas áreas de recarga do aquífero.

A utilização antrópica das áreas de afloramento do arenito da Formação Botucatu no Planalto Serrano, remete a importância da expansão das atribuições do Comitê Canoas – Pelotas, também para águas subterrâneas. A existência de normativas com relação a uso e ocupação nesses locais podem fazer parte do Comitê gestor de águas da bacia.

Dados obtidos associados a possíveis problemáticas evidenciam a necessidade de normatizar o uso dessas áreas uma vez que Comitês de Bacias são responsáveis pela elaboração do Plano de Recursos Hídricos. Sugere-se o aprimoramento do Regimento Interno do Comitê Canoas – Pelotas com Normas presentes na Legislação da Diretoria de Recursos Hídricos – DRHI uma vez que são observadas possíveis contaminações do aquífero oriundas de atividades antrópicas em áreas de recarga do Aquífero Guarani.

Quadro 1: Principais atividades desenvolvidas em áreas de afloramento de arenito da Formação Botucatu nas cidades visitadas e possíveis problemáticas.

ATIVIDADE ANTRÓPICA	CIDADES	PROBLEMÁTICA
Culturas anuais	Correia Pinto Ponte Alta São Cristóvão do Sul	Possibilidade de infiltração de contaminantes em águas subterrâneas; Possibilidade de exposição e degradação do Solo devido ao manejo associado a fragilidade de solos da Formação Botucatu;
Pecuária/Pastagem cultivada e nativa	Correia Pinto Lages Painel Ponte Alta São Cristóvão do Sul	Possibilidade de infiltração de contaminantes em águas subterrâneas; Possibilidade de exposição do solo decorrente de manejo inadequado e degradação de pastagens;
Urbanização	Lages	Efluentes líquidos não tratados em contato com afloramento do arenito da Formação Botucatu; Residências e Industrial sobre o afloramento do arenito da Formação Botucatu;
Poluição	Lages	Lançamento de água contendo efluentes líquidos não tratados em áreas de recarga do aquífero;
Exploração de areia	Ponte Alta São Cristóvão do Sul	Atividade modificadora de aspectos físicos, químicos e biológicos do solo; Acidificação de lagoas de extração de areia;

		Possibilidade de contaminação do aquífero por infiltração de contaminantes;
Silvicultura	Correia Pinto Curitibanos Lages Ponte Alta São Cristóvão do Sul	Possibilidade de exposição e erosão do solo decorrente de manejo inadequado;
Turismo	Lages Ponte Alta	

Fonte: Dados elaborados pelo autor deste trabalho (2020).

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, Cleverson V.; ANDREOLI, Fabiana de Nadai; JUSTI Junior, Jorge. Formação e características dos solos para o entedimento de sua importância agrícola e ambiental. In: Andreoli, Cleverson v.; torres, Patrícia Lupion. Complexidade: redes e conexões do ser sustentável. Curitiba: kairós, 2014. P. 511-529.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). Sobre a ANA. Brasil, 2020. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/>>. Acesso em: 02/04/2020.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.

BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. da. Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul. **Fundação Roberto Marinho**. Curitiba-PR, 2004.

BRAGA, H.J.; GHELLERE, R. Proposta de diferenciação climática para o Estado de Santa Catarina. **Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**. Florianópolis-SC, 1999.

CAMPOS, H. C. N. S. Modelación conceptual y matemática del Acuífero Guarani, cono Sur. **Acta Geologica Leopoldensia**. São Leopoldo-RS, v. 4, n. 23, p. 3-50, 2000.

CASTRO, J. C. Coluna White: Estratigrafia da Bacia do Paraná no Sul do Estado de Santa Catarina. **CPRM**. Florianópolis-SC, p. 68, 1994.

CASTRO, J. C.; DEZOTI, N. **Botucatu**: Nossa Terra, Nossa Gente, Nossas Riquezas. Tipografia Comercial, Bauru-SP, 1966.

CORDEIRO, R. A.; MACHADO, M. A. V. Análise e caracterização da urbanização na área de recarga do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto-SP. Ribeirão Preto-SP, 2005.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Hidrogeológico de Santa Catarina**. 2013. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas_publicacoes/mapa_hidro_sc.pdf> Acesso em: 22 ago. 2019.

EMBRAPA. Solos do Estado de Santa Catarina. **Embrapa Solos**. Rio de Janeiro, 2004.

FAZENDA PEDRAS BRANCAS. Disponível em: <<https://www.fazendapedrasbrancas.com.br/>>. Acesso em: 21/05/2020.

GOMES, M. A. F.; COUTINHO, H. L. da C.; CERDEIRA, A. L.; LUCHIARI JUNIOR, A. Uso agrícola das áreas de recarga do Aquífero Guarani e implicações na qualidade da água subterrânea, In: Congresso Brasileiro de Soja e Mercosoja 2002. **Embrapa Informação Tecnológica**. Londrina, 2002.

GOMES, M. A. F. (Ed.). Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil: implicações para a água subterrânea e propostas de gestão com enfoque agroambiental. **Embrapa Informação Tecnológica**. Brasília-DF, 2008.

GUERRERO, J. V. R; CHAVES, M. E. D; JUSTINO, R. C; MATAVELI, G. A. V; MOSCHINIA, L. E. Potencial de contaminação de aquíferos na bacia do córrego do Gouveia, São Paulo. São Paulo, 2017.

MANIERI, D. D. Comportamento morfoestrutural e dinâmica das formas do relevo da bacia hidrográfica do Rio São Pedro. Dissertação (Pósgraduação em Geografia), Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2010.

MANZIONE, R. L. Águas subterrâneas: princípios e práticas sob uma visão multidisciplinar. Paco Editorial. 2015.

MILANI, E. J. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: MANTESSO NETO V, BARTORELLI A, CARNEIRO CDR AND BRITO NEVES B; **B. Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo, p. 265-279, 2004.

MILANI E. J. Evolução Tectono-Estratigráfica da Bacia do Paraná e o seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 255 p, 1997.

MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A. Sedimentary Basins of South América. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. 19 Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro, In-Fólio Produção Editorial. p.389-449. 2000.

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; NICOLELLA, G.; SOUZA, M. D. de; CERDEIRA, A. L.; MONTICELLI, A. Simulação do movimento vertical dos herbicidas hexazinone, diuron, atrazina, ametrina e simazina aplicados na cultura de cana-de-açúcar em solos da Microbacia do Córrego Espreado, Ribeirão Preto-SP. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO 1997**, Rio de Janeiro, 1997.

PESSOA, M. C. P. Y; SCRAMIN, S. Modelagem matemática e simulação da exposição do ambiente à aplicação de agrotóxicos: apoio à avaliação de risco

ambiental. In: SILVA, C. M. M. de S. FAY, E. F. (ED). **Agrotóxicos e ambiente**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

RIBEIRO, M. L.; LOURENCETTI C.; PEREIRA, S. Y.; MARCHI, M. R. R.; **Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar** *Quim. Nova* **2007**.

ROCHA, G. A. O grande manancial do Cone Sul. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 11, n. 30, p. 191-212, 1996.

SANTA CATARINA. LEI Nº 6.739, de 16 de dezembro de 1985. Cria o Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Santa Catarina, 1985. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Legislação/Lei-Estadual-6739-1985.pdf> Acesso em: 28/06/2020

SANTA CATARINA. Lei Estadual nº 9.748, de 30 de novembro de 1994. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Santa Catarina, 1994. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Legislação/Lei-Estadual-9748-1994.pdf> Acesso em: 28/06/2020.

SANTA CATARINA. Resolução CERH Nº 26, de 20 de agosto de 2018. Dispõe sobre a Divisão Hidrográfica Estadual, em Regiões Hidrográficas e Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos, com a finalidade de orientar e implementar a Política Estadual de Recursos Hídricos. Santa Catarina, 2018. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/mvs/conselho/resolucao/Resolucao_CERH_n_026_divisao_hidrografica_estadual.pdf> Acesso em: 28/06/2020.

SANTOS, R. G., STURARO, J. R.; MARQUES, M. L.; FARIA, T. T. GIS Applied to the Mapping of Land Use, Land Cover and Vulnerability in the Outcrop Zone of the

Guarani Aquifer System. **Procedia Earth and Planetary Science**, v.15, p. 553-559, 2015.

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: <http://www.laam.cfh.ufsc.br/pdfpronto/o.pdf>

SCHERER C. M. Eolian Dunes of the Botucatu Formation (Cretaceous) in Southernmost Brasil: morphology and origin. **Sedimentary Geology**, v.137,p. 63-84, 2000.

TUBBS, D. et al. Impacto da Mineração de Areia sobre a Química das Águas Subterrâneas, Distrito Areeiro da Piranema, Municípios de Itaguaí e Seropédica, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geociências**, 2011.

VIEIRA, E. G; REZENDE, E. N. Exploração Mineral de Areia e um Meio Ambiente Ecologicamente Equilibrado: É possível conciliar? Minas Gerais, 2015

WILDNER, W.; CAMOZZATO, E.; TONIOLO, J.A.; BINOTTO, R.B.; IGLESIAS, C.M.F.; LAUX, J .H. Mapa geológico do Estado de Santa Catarina. Porto Alegre: CPRM, 2014. Escala 1:500.000. Programa Geologia do Brasil. Subprograma de Cartografia Geológica Regional.

WILDNER, Wilson ; ORLANDI FILHO, Vítorio; GIFFONI, Luís Edmundo . Excursão virtual aos Aparados da Serra - RS/SC: aspectos geológicos e turísticos - cânions do Itaimbezinho e Fortaleza. Porto Alegre: CPRM, 2004. 88p. il. color. Disponível em: < <http://www.cprm.gov.br> >. Acesso em 18/03/2020

ANEXOS

RESOLUÇÃO CNRH Nº 48, DE 21 DE MARÇO DE 2005

Estabelece critérios gerais para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

O CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CNRH, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, especialmente em seu art.35, inc. X, pela Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, pelo Decreto nº 4.613, de 11 de março de 2003, pela legislação pertinente; e

Considerando que compete ao CNRH formular a Política Nacional de Recursos Hídricos e estabelecer diretrizes complementares à sua implementação, à aplicação de seus instrumentos e à atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH;

Considerando que compete ao CNRH estabelecer critérios gerais para a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

Considerando que a viabilidade técnica e econômica da cobrança pelo uso de recursos hídricos exerce papel de fundamental importância na implementação dos Planos de Recursos Hídricos e na indução do usuário aos procedimentos de racionalização, conservação, recuperação e manejo sustentável das bacias hidrográfica, resolve:

CAPÍTULO I **DA FINALIDADE**

Art. 1º Estabelecer critérios gerais para a cobrança pelo uso de recursos hídricos nas bacias hidrográficas.

Parágrafo único. Os critérios gerais estabelecidos nesta Resolução deverão ser observados pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e pelos competentes Comitês de Bacia Hidrográfica na elaboração dos respectivos atos normativos que disciplinem a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

CAPÍTULO II **DOS OBJETIVOS DA COBRANÇA**

Art. 2º A cobrança pelo uso de recursos hídricos tem por objetivo:

I - reconhecer a água como bem público limitado, dotado de valor econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;

II - incentivar a racionalização do uso da água e a sua conservação, recuperação e manejo sustentável;

III - obter recursos financeiros para o financiamento de estudos, projetos, programas, obras e intervenções, contemplados nos Planos de Recursos Hídricos, promovendo benefícios diretos e indiretos à sociedade;

IV - estimular o investimento em despoluição, reuso, proteção e conservação, bem como a utilização de tecnologias limpas e poupadoras dos recursos hídricos, de acordo com o enquadramento dos corpos de águas em classes de usos preponderantes; e,

V – induzir e estimular a conservação, o manejo integrado, a proteção e a recuperação dos recursos hídricos, com ênfase para as áreas inundáveis e de **recarga** dos aquíferos, mananciais e matas ciliares, por meio de compensações e incentivos aos usuários.

Art. 2º Os órgãos gestores deverão promover estudos hidrogeológicos, a serem executados por entidades públicas ou privadas, com abrangência e escalas adequadas nas seguintes categorias:

I - estudos hidrogeológicos regionais para delimitar as áreas de **recarga** dos aquíferos e definir suas zonas de proteção;

II - estudos hidrogeológicos regionais, para identificar as potencialidades, disponibilidades e vulnerabilidades dos aquíferos para utilização das águas subterrâneas, em especial nas áreas com indícios de superexploração, poluição ou contaminação, que poderão determinar áreas de restrição e controle de uso de água subterrânea, abrangendo os seguintes aspectos:

a) os recursos hídricos disponíveis para exploração considerando, dentre outros fatores, a descarga de base dos rios;

b) o risco de instabilidade geotécnica, em especial nas áreas de aquíferos cársticos, bem como o uso e ocupação do solo; e

c) a sustentabilidade de exploração, em áreas de aquíferos costeiros, visando evitar a salinização pela intrusão marinha.

III - estudos hidrogeológicos locais para a delimitação de perímetros de proteção de fontes de abastecimento, devendo considerar:

a) as características do aquífero;

b) a proteção sanitária da fonte de abastecimento;

c) a distância em relação a fontes potenciais de contaminação; e

d) as interferências por captações no entorno.

Art. 3º Os planos de recursos hídricos devem delimitar as áreas de **recarga** de aquíferos e definir suas zonas de proteção.

§ 1º Para as zonas de proteção deverão ser propostas diretrizes específicas de uso e ocupação do solo.

§ 2º No caso da inexistência de planos de recursos hídricos, o órgão gestor de recursos hídricos competente poderá propor a delimitação e definição das áreas previstas no *caput*, com aprovação dos respectivos Comitês de Bacias, onde houver, e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

Art. 4º O órgão gestor de recursos hídricos competente, em articulação com os órgãos de meio ambiente, poderá instituir com aprovação dos Comitês de Bacias, onde houver, e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, áreas de restrição e controle de uso de águas subterrâneas, desde que tecnicamente justificadas, com ênfase na proteção, conservação e recuperação de:

I - mananciais para o abastecimento humano e dessedentação de animais;

II - ecossistemas, ameaçados pela superexploração, poluição ou contaminação das águas subterrâneas;

III - áreas vulneráveis à contaminação da água subterrânea;

IV - áreas com solos ou água subterrânea contaminados; e

V - áreas sujeitas a ou com identificada superexploração.

Parágrafo único. Para as áreas previstas no *caput* deverão ser indicadas as medidas de restrição e controle, com vistas a disciplinar o uso do solo e da água subterrânea.

Art. 5º No processo de análise e deferimento de outorga de direitos de uso das águas subterrâneas, devem ser considerados os estudos hidrogeológicos descritos no art. 2º desta resolução.

a) os recursos hídricos disponíveis para exploração considerando, dentre outros fatores, a descarga de base dos rios;

b) o risco de instabilidade geotécnica, em especial nas áreas de aquíferos cársticos, bem como o uso e ocupação do solo; e

c) a sustentabilidade de exploração, em áreas de aquíferos costeiros, visando evitar a salinização pela intrusão marinha.

III - estudos hidrogeológicos locais para a delimitação de perímetros de proteção de fontes de abastecimento, devendo considerar:

a) as características do aquífero;

b) a proteção sanitária da fonte de abastecimento;

c) a distância em relação a fontes potenciais de contaminação; e

d) as interferências por captações no entorno.

Art. 3º Os planos de recursos hídricos devem delimitar as áreas de **recarga** de aquíferos e definir suas zonas de proteção.

§ 1º Para as zonas de proteção deverão ser propostas diretrizes específicas de uso e ocupação do solo.

§ 2º No caso da inexistência de planos de recursos hídricos, o órgão gestor de recursos hídricos competente poderá propor a delimitação e definição das áreas previstas no *caput*, com aprovação dos respectivos Comitês de Bacias, onde houver, e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

Art. 4º O órgão gestor de recursos hídricos competente, em articulação com os órgãos de meio ambiente, poderá instituir com aprovação dos Comitês de Bacias, onde houver, e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, áreas de restrição e controle de uso de águas subterrâneas, desde que tecnicamente justificadas, com ênfase na proteção, conservação e recuperação de:

I - mananciais para o abastecimento humano e dessedentação de animais;

II - ecossistemas, ameaçados pela superexploração, poluição ou contaminação das águas subterrâneas;

III - áreas vulneráveis à contaminação da água subterrânea;

IV - áreas com solos ou água subterrânea contaminados; e

V - áreas sujeitas a ou com identificada superexploração.

Parágrafo único. Para as áreas previstas no *caput* deverão ser indicadas as medidas de restrição e controle, com vistas a disciplinar o uso do solo e da água subterrânea.

Art. 5º No processo de análise e deferimento de outorga de direitos de uso das águas subterrâneas, devem ser considerados os estudos hidrogeológicos descritos no art. 2º desta resolução.

Art. 8º A recarga artificial de aquíferos somente será admitida mediante autorização do órgão gestor de recursos hídricos competente.

Parágrafo único. A autorização para recarga artificial de aquíferos deve ser emitida com base em estudos hidrogeológicos e no uso preponderante da água subterrânea que justifiquem a adoção do procedimento requerido.

Art. 9º As captações de água que apresentem indícios de superexploração, poluição ou contaminação das águas subterrâneas deverão ser monitoradas com vistas a detectar alterações de quantidade e qualidade da água.

§ 1º O monitoramento deverá obedecer a critérios técnicos e metodologias aceitas pelo órgão gestor de recursos hídricos competente.

§ 2º Caso sejam constatadas alterações de qualidade da água que prejudique seus múltiplos usos, o usuário deverá adotar medidas mitigadoras indicadas pelo órgão gestor de recursos hídricos competente.

Art. 10. Programas de monitoramento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas devem ser implementados com ênfase nas áreas de:

- I - proteção;
- II - restrição e controle;
- III - influência de empreendimentos que apresentem potencial de poluição e risco de contaminação;
- IV - risco geotécnico;
- V - superexploração;
- VI - intrusão marinha;
- VII - **recarga** e descarga; e
- VIII - recarga artificial.

Parágrafo único. Os órgãos gestores dos recursos hídricos em articulação com os órgãos ambientais e de saúde poderão exigir dos usuários o monitoramento da água subterrânea outorgada nessas áreas.

Art. 11º As informações decorrentes da aplicação desta resolução deverão ser integradas aos sistemas estaduais de informações e incorporadas ao Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos.

Art. 12º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

CARLOS MINC
Presidente

BAUMFELD VICENTE ANDREU GUILLO
Secretário Executivo