

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE GEOGRAFIA**

Debora Cristina Cantador

**MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA COM VISTAS À  
DETERMINAÇÃO DOS RISCOS DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS: O CASO DA BACIA DO RIO CORRENTES – SC.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Geografia, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. MEng. Luiz Antônio Paulino.  
Co-orientador: Prof. Dr. Joel R. G. Marcel Pellerin.

Florianópolis

2010

Debora Cristina Cantador

**MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA COM VISTAS À  
DETERMINAÇÃO DOS RISCOS DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS: O CASO DA BACIA DO RIO CORRENTES – SC.**

Esta Monografia foi julgada adequada para obtenção do Título de Bacharel em Geografia, e aprovada em sua forma final pelo Departamento de Geociências, Curso de Geografia.

Florianópolis, 29 de novembro de 2010.

---

Prof. Clécio Azevedo - Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. MEng. Luiz Antônio Paulino - Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Dr. Joel R. G. Marcel Pellerin - Co-Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe – Membro  
Universidade Federal de Santa Catarina

*Dedico esse trabalho a toda minha família, que sempre acreditou e confiou que eu seria capaz.*

## AGRADECIMENTOS

Durante todos os quatro anos vividos na Ilha de Santa Catarina, quero agradecer à Deus por ter me dado as forças necessárias em minha caminhada.

Nessa jornada foram muitas as pessoas que me acompanharam, me ajudaram e me incentivaram a nunca desistir e chegar até aqui com a conclusão e término desse trabalho.

Quero agradecer ao meu orientador, professor, amigo e nada mais justo do que adotá-lo como “pai” que mostrou a saída no final do túnel, com suas conversas, incentivos e lições de vida das quais nunca me esquecerei, obrigada Prof. Paulino.

Quero agradecer também ao meu segundo orientador, Prof. Joel, que mostrou o fascinante mundo do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento e da Geografia, com seu vasto conhecimento sobre a real compreensão de mundo, sempre disponível me auxiliando em todas as dúvidas no LabGeop e em campo.

Ao Prof. Scheibe que aceitou o convite para me avaliar e contribuir com seu conhecimento para que meu trabalho adquirisse características mais geográficas.

A Prof<sup>a</sup> Gerusa Maria Duarte que também me ajudou num dos momentos difíceis da minha caminhada contribuindo para que eu proseguisse em meus estudos, e que conseguiu minha admiração eternamente.

Agradeço a todo o Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina, que colaborou para o meu crescimento profissional.

E não foram apenas professores que me ajudaram nessa lenta e breve caminhada, novos e antigos amigos estavam lá quando precisei.

Agradeço a minha grande amiga de cá Manoella de Souza Soares, que aguentou comigo, literalmente, trancos e barrancos, não importando o dia e o horário, sempre pronta a me ajudar, a me ouvir e a me aguentar. E a sua mãe Ioni, por me receber tantas vezes em sua casa, quando eu precisava sentir a presença de um lar.

A minha amiga também de cá, Joyce Ganassali que com sua alegria sempre conseguiu me fazer sorrir em momentos inusitados.

Aos meus colegas de laboratório, meu grande amigo José Henrique Vilela, que contribuiu para que eu adquirisse a capacidade de compreender a

essência da arte de elaborar mapas. As minhas companheiras que estavam presentes em tardes a fim, trabalhando e fofocando, obrigada Natalia Wiederkehr e Kátia Spinelli.

Agradeço a minha família ceulina, obrigada por me receberem. Principalmente a Silvia de Souza Espíndula por me esperar várias vezes na fila do RU e por saber que eu precisava de um abraço quando não existiam palavras. E a minha amiga Daniela Tonke que me ensinou como é bom ver filme com pipoca doce e sempre preocupada em me ajudar de todas as formas.

Aos meus dois amigos de lá que se tornaram de cá, Aline Gonçalves Vasconcelos e Lucas Munhoz Pélos, que preencheram momentos em que a saudade do nosso Estado estava presente.

A minha “irmã”, amiga, companheira, confidente Gleice Teixeira da Silva, que mesmo ficando lá, soube acompanhar em meu coração.

Eu não seria o que sou e não estaria aqui hoje, se não fosse a compreensão, o companheirismo e o amor da minha família.

Agradeço de todas as formas e de todo coração a minha mãe Idalina, um exemplo de mulher, guerreira e que com seu amor de mãe mostrou que eu nunca vou estar sozinha.

Ao meu pai Marcos, que me ensinou a ter forças para conseguir o que se deseja, sempre com sua forma paternal de dizer as coisas certas no momento certo.

A meu irmão João Pedro, “meu gordinho”, agradeço por você compreender minha ausência, e saiba que sua “irmãzona” sempre esteve com você em tudo o que você fazia.

Agradeço a minha avó Mercedes, por me mostrar o verdadeiro valor das coisas durante nossa vida.

Ao meu grande amor, Daniel Scalioni, amigo, companheiro, confidente e amante, a quem eu agradeço por estar presente e me acompanhar enfrentando barreiras e por sempre estar lá me esperando.

Agradeço a Natalia Scalioni, mãe de meu grande amor, dedicada e amiga que sabia o que dizer para nos encorajar quando as coisas pareciam ter fim.

E por último a todos que direta ou indiretamente contribuíram para minha jornada ser vencida. Obrigada a todos!

As pessoas só observam as cores do dia no começo e no fim, mas, para mim, está muito claro que o dia se funde através de uma multidão de matizes e entonações, a cada momento que passa. Uma só hora pode consistir em milhares de cores diferentes. Amarelos céreos, azuis borrifados de nuvens, escuridões enevoadas. No meu ramo de atividade, faço questão de notá-los.

(Markus Zusak, 2006)

## Sumário

LISTA DE FIGURAS .....	IX
LISTA DE MAPAS .....	X
LISTA DE TABELAS .....	XI
LISTA DE FOTOS .....	XII
LISTA DE SIGLAS.....	XIII
RESUMO .....	XIV
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1. APRESENTAÇÃO .....	1
1.2. JUSTIFICATIVA .....	2
1.3. PROBLEMÁTICA .....	3
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. OBJETIVO GERAL .....	3
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - BACIA RIO CORRENTES/SC.....	5
2.1. ASPECTOS FÍSICOS – AMBIENTAIS. ....	5
2.2. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DOS MUNICÍPIOS. ....	10
CAPÍTULO 3 - BACIA HIDROGRÁFICA DO CORRENTES.....	15
CAPÍTULO 4 - SUBSÍDIOS TEÓRICOS AO DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....	20
4.1. A CIÊNCIA CARTOGRÁFICA .....	20
4.1.1. SENSORIAMENTO REMOTO .....	21
4.1.2. GEOPROCESSAMENTO.....	23

4.1.3.	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA - SIG .....	24
4.2.	USO E COBERTURA DA TERRA .....	25
4.2.1.	SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO .....	26
4.3.	RECURSOS HÍDRICOS .....	27
4.3.1.	QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	28
4.3.2.	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	29
4.4.	O SISTEMA AQUÍFERO INTEGRADO GUARANI/SERRA GERAL (SAIG/SG).....	32
4.4.1.	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS .....	32
4.4.2.	QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	34
4.4.3.	USOS E RISCOS À CONTAMINAÇÃO. ....	34
CAPÍTULO 5 - ROTEIRO METODOLÓGICO PARA O DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....		37
5.1.	DELIMITAÇÃO DA BACIA DO RIO CORRENTES – SC.....	37
5.2.	LEVANTAMENTO DE DADOS E ESTUDO BIBLIOGRÁFICO SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA DO CORRENTES – SC.....	38
5.3.	ELABORAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO.....	38
5.4.	PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS DE SATÉLITE. ....	39
5.5.	ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS. ....	41
5.6.	COMPLEMENTAÇÃO COM ATIVIDADE EM CAMPO. ....	42
CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....		45
6.1.	USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO RIO CORRENTES .....	45
6.2.	USOS E SUAS INFLUÊNCIAS NA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS..	56
CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....		64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		67



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Representação das áreas de afloramento e confinamento do Aquífero Guarani .....	33
Figura 02 - Plantações de kiwi, pera, alho e fumo, respectivamente, em Lebon Régis .....	53
Figura 03 - Esquema do método GOD.....	60

## LISTA DE MAPAS

MAPA 01 - Localização Geográfica da Bacia do Rio Correntes.....	6
MAPA 02 - Hipsometria da Bacia do Rio Correntes .....	8
MAPA 03 - Localização de poços para captação de água na Bacia do Rio Correntes .....	18
MAPA 04 - Pontos e percursos levantados em campo no período de 15/10 a 18/10/2010 .....	44
MAPA 05 - Uso e cobertura da terra na Bacia do Rio Correntes-SC .....	47
MAPA 06 - Áreas de reflorestamento na Bacia do Rio Correntes em 2008 e 2010 ..	50
MAPA 07 - Aspectos geológicos da Bacia do Rio Correntes-SC .....	58
MAPA 08 - Uso e cobertura da terra associado ao relevo da Bacia do Rio Correntes- SC .....	63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Usos da terra nos municípios com parte na Bacia do Rio Correntes. ....	14
Tabela 02 - Características dos poços cadastrados na CPRM. ....	19
Tabela 03 - Principais tipos de usos e seus efeitos na água. ....	29
Tabela 04 - Contaminantes das águas subterrâneas e fontes de contaminação. ....	57

## LISTA DE FOTOS

Foto 01 - Águas com alto teor de argila do Rio Mansinho, em Fraiburgo. ....	46
Foto 02 – Águas do Rio Correntes, antes de desaguar no Rio Marombas, em Frei Rogério.....	48
Foto 03 - Plantação de Pinus ocupando áreas íngremes, em Santa Cecília. ....	49
Foto 04 - Grande plantação de maçã, no município de Fraiburgo. ....	51
Foto 05 - Grande parcela de plantação de trigo no município de Frei Rogério. ....	52
Foto 06 - Porções de terra com diversos cultivos de cereais, em Lebon Régis. ....	53
Foto 07 - Paisagem característica de pastagem natural, em Santa Cecilia. ....	54
Foto 08 - Paisagem característica de campos de altitude, em Lebon Régis.....	55
Foto 09 - Floresta Ombrófila Mista dividindo espaço com Pinus, em Santa Cecilia..	55
Foto 10 - Paisagem de Savana de Floresta Ombrófila Mista, em Lebon Régis. ....	56

## LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas.

CAD – Computer Aided Design.

CAM – Computer Aided Mapping.

CBERS – China-Brasil Earth Resources Satellite.

CPRM – Companhia de Pesquisa dos Recursos Minerais.

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.

DQO – Demanda Química de Oxigênio.

GPS – Global Positioning System.

HRC – High Resolution Camera.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

OD – Oxigênio Dissolvido.

SAIG/SG – Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral

SDM – Secretária do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.

SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas.

SIG – Sistemas de Informações Geográficas.

TM – Thematic Mapper

UTM – Universal Transversa de Mercator.

## RESUMO

Trata o presente trabalho do mapeamento do uso e cobertura da terra na Bacia do Rio Correntes, assim como o mapeamento geológico da área em questão. As representações cartográficas são realizadas utilizando-se imagens orbitais obtidas pelo sensor TM a bordo do satélite Landsat-5, bem como imagens orbitais obtidas pelo sensor HRC do satélite CBERS-2B, com o intuito de identificar os principais usos da terra na área de estudo, avaliando, respectivamente, a interferência sobre as águas subterrâneas. Na área em estudo os principais fatores que podem ser considerados possíveis contaminantes são as atividades agrícolas, incluindo as grandes plantações de maçãs e os cultivos (trigo, alho, fumo, aveia), que devido ao intensivo uso de agrotóxicos, contaminam as águas superficiais, e percolam por entre os poros do solo atingindo as águas subterrâneas. Neste trabalho trata-se sobre as principais águas subterrâneas da América Latina, as do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral. São incluídas também neste estudo as grandes áreas de reflorestamento existentes, o que indica matéria-prima para as indústrias papeleiras que produzem muitos efluentes causadores de poluição, novamente, tanto para as águas superficiais como as subterrâneas. O trabalho proposto, através da utilização da Cartografia, Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas, visa representar cartograficamente os principais usos da terra na Bacia do Rio Correntes, identificando-os como possíveis elementos poluidores das águas subterrâneas, assim como relacioná-los com os aspectos geológicos e geomorfológicos da área em questão, verificando as possíveis áreas de maior risco à contaminação.

Palavras-chave: Sistema Aquífero Integrado Guarani – Serra Geral, uso da terra, risco de contaminação, Cartografia, Sensoriamento Remoto.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. APRESENTAÇÃO**

O estudo na área da Bacia do Rio Correntes é realizado para atender expectativas na busca pela identificação dos principais aspectos contribuintes a contaminação das águas superficiais e conseqüentemente das águas subterrâneas.

A área de estudo, com uma superfície de 1.834km<sup>2</sup>, está localizada no planalto catarinense e abrange parte de cinco municípios: Curitibanos, Fraiburgo, Frei Rogério, Lebon Régis e Santa Cecília. É considerada uma sub-bacia do Rio Canoas e sua hidrografia contribui para a recarga das águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral.

Estudos que abordam a temática uso/preservação das águas, tanto superficiais quanto subterrâneas, vem sendo realizados com maior intensidade e preocupação, uma vez que a água é considerada um recurso necessário e indispensável às atividades humanas. Assim, a busca por uma maior conscientização e entendimento sobre as possíveis medidas para seu uso sustentável surge na medida em que são identificados fatores que possam prejudicar a qualidade desse recurso.

O uso de tecnologias é fundamental para a aquisição de informações mais específicas e detalhadas sobre o objeto de estudo, assim como auxiliam para obter-se uma melhor compreensão e acuracidade dos dados, possibilitando que as tomadas de decisões sejam efetuadas de forma mais precisa.

A proposta de pesquisa apresentada neste trabalho envolve a utilização de mecanismos disponíveis, como a Cartografia Digital, o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas, para a identificação e aquisição de informações referentes ao uso e cobertura da terra e os aspectos geológicos da área em questão, visando a análise dos fatores que possivelmente contribuem para a contaminação do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral e para que assim, sejam propostas possíveis medidas mitigadoras no quesito uso/preservação das águas subterrâneas.

## 1.2.JUSTIFICATIVA

O cuidado com a água deve ser meta primordial de todos que habitam a Terra, devido a sua importância para diversas finalidades, como o consumo humano, atividades industriais, agrícolas, fabricação de produtos, entre outros.

Com um volume estimado em  $1,386 \times 10^{15}$  litros, os recursos hídricos estão distribuídos desigualmente em diversos tipos de reservatórios (Rebouças, 2006).

Em muitos lugares, devido aos períodos de estiagem, um dos principais ambientes de retirada da água é o subterrâneo terrestre, onde as águas apresentam melhor qualidade por estarem confinados, e por isso mesmo merecem destaque no quesito preservação.

Com isso, é importante a realização de estudos sobre os fatos que influenciam na contaminação das águas subterrâneas, como este trabalho que tratado especificamente das águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG).

Muitos projetos e pesquisas abordam questões sobre a temática relatada acima, um exemplo é o Projeto Rede Aquífero Guarani Serra Geral, que surgiu da proposta de reunir pesquisadores de diversas áreas, pertencentes a instituições e localidades diferentes do Estado de Santa Catarina, com o intuito de realizar um trabalho conjunto referente a estudos e ações ambientais associados à área do SAIG/SG, no Estado.

Não obstante, o presente trabalho objetiva atender a uma pequena parcela do projeto, visando auxiliar na identificação dos possíveis elementos contaminadores dessas águas subterrâneas.

A área de estudo refere-se à Bacia Hidrográfica do Correntes, escolhida justamente por fazer parte de uma das principais bacias contribuintes ao abastecimento do SAIG/SG em Santa Catarina, a Bacia Hidrográfica do Canoas, e por apresentar uma grande concentração de usos, como as grandes áreas de reflorestamento e plantio de maçãs, e outros cultivos (trigo, aveia, milho, fumo).



### **1.3. PROBLEMÁTICA**

Quando o principal objetivo é a identificação da área de estudo, bem como os usos nela praticados, a melhor maneira de fazer essa identificação é com o mapeamento do uso e cobertura da terra, uma vez que ele representa a distribuição espacial dos tipos de uso.

Assim, a disponibilidade de imagens de satélites, devido às inovações tecnológicas, fez com que os estudos sobre o uso e cobertura da terra ganhassem uma metodologia de pesquisa. Dessa forma, o conhecimento do uso da terra torna-se indispensável para o planejamento e tomada de decisão no que diz respeito às questões ambientais.

A metodologia relacionada ao processamento digital das imagens orbitais contribuiu para que a apresentação de informações fosse realizada em curto prazo e com grande precisão.

Assim, a problemática tratada nessa pesquisa está relacionada com o uso e ocupação da terra e os fatores potencialmente poluidores das águas subterrâneas na área da Bacia Hidrográfica do Correntes, auxiliando na identificação dos locais susceptíveis à contribuição da contaminação do SAIG/SG, auxiliando na proposição de possíveis medidas para amenizar o problema.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. OBJETIVO GERAL**

Mapear o uso e cobertura da terra e a na Bacia do Rio Correntes, integrante do SAIG/SG, utilizando as ferramentas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, com vistas a determinação da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas naquela área.

#### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar as áreas e tipos de uso da terra na bacia do Rio Correntes.
2. Classificar as atividades com maior influência na contaminação do lençol subterrâneo.
3. Representar cartograficamente os elementos identificados e classificados como contaminadores.

#### **1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO**

O trabalho apresentado subdivide-se em sete capítulos, estruturados com o intuito de facilitar a compreensão e explicitar o tema proposto, como segue abaixo:

Capítulo 1: refere-se à Introdução do trabalho, na qual são apresentados a justificativa, a problemática e os objetivos a serem atendidos no decorrer da pesquisa.

Capítulo 2: trata da Caracterização da Área de Estudo e apresenta as principais características físicas-ambientais, assim como os aspectos socioeconômicos dos municípios parcialmente incluídos na área da Bacia Hidrográfica do Correntes.

Capítulo 3: apresenta um detalhamento das características físicas e sócio-econômicas da Bacia Hidrográfica do Correntes.

Capítulo 4: trata sobre os Subsídios Teóricos ao Desenvolvimento do Trabalho, oferecendo embasamento técnico-científico para as discussões apresentadas no trabalho.

Capítulo 5: descreve os Materiais e Métodos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa realizada.

Capítulo 6: refere-se à apresentação dos Resultados Obtidos, nos mapas temáticos produzidos.

Capítulo 7: apresenta as Considerações Finais e recomendações sobre a análise realizada no estudo.

E por fim, traz as Referências utilizadas no decorrer do trabalho.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - BACIA RIO CORRENTES/SC**

### **2.1. ASPECTOS FÍSICOS – AMBIENTAIS.**

A Bacia Hidrográfica do Correntes está localizada no planalto de Santa Catarina, parte central do Estado e situa-se entre os paralelos 26°45'28" e 27°11'21" de latitude Sul, e entre os meridianos de 50°14'29" e 50°57'06" de longitude Oeste. A nascente do seu principal curso d'água encontra-se no município de Santa Cecília, em uma altitude de 1.250 metros. A Bacia, com uma superfície de 1.834km<sup>2</sup>, engloba partes de cinco municípios: Curitibanos, Fraiburgo, Frei Rogério, Lebon Régis e Santa Cecília. (MAPA 01 - Localização Geográfica da Bacia do Rio Correntes).

A geologia da área de estudo compreende em sua totalidade a Formação Serra Geral que faz parte do grupo São Bento. Essa Formação é constituída por rochas efusivas básicas, intermediárias e ácidas (basaltos, dacitos e riolitos) do período Jurássico e Cretáceo (SCHEIBE, 1986).

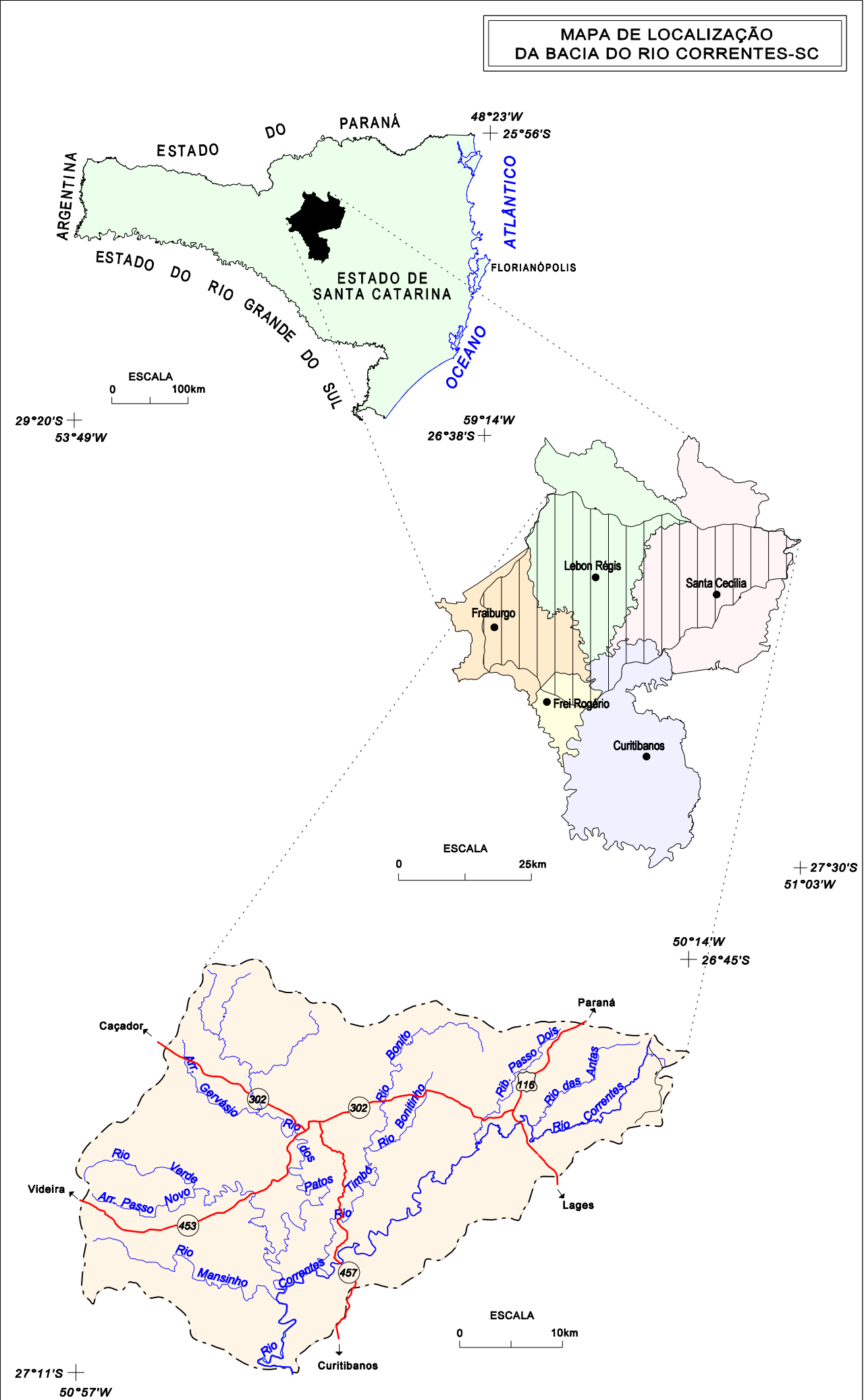
Sob a Formação Serra Geral encontra-se a Formação Botucatu, também pertencente ao grupo São Bento. Essa por sua vez compreende "arenitos eólicos de ambiente desértico, avermelhados, finos a médios, com estratificação cruzada de médio e grande porte" (SCHEIBE, 1986, p.27).

Essas formações começaram a aparecer no período de regime deposicional da Bacia do Paraná, a qual é classificada como uma bacia intracratônica, devido a sua evolução ter ocorrido totalmente sobre uma placa continental relativamente estável e pouco deformada. (BORGHETTI, et al, 2004).

A Formação Botucatu e a Formação Serra Geral surgiram no Mesozóico (230 m.a. – 65 m.a.), sendo esta última influenciada pela ruptura do Gondwana, o que favoreceu a erupção das rochas efusivas básicas, intermediárias e ácidas sobre os arenitos eólicos. (SANTA CATARINA, 1986).

As características dos derrames de rochas vulcânicas, juntamente com a atuação de outros fatores, refletem-se em determinado tipo de relevo, constituindo a feição Planalto das Lavas Basálticas, Intermediárias e Ácidas. Segundo o Atlas de Santa Catarina (1986), a unidade geomorfológica que caracteriza a área da Bacia Hidrográfica do Correntes, chama-se de Planalto das Araucárias, que apresenta

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO CORRENTES-SC



Fonte: Mapa Político do Estado de Santa Catarina, Esc. 1:500000, DGCE/SDO, 2005.  
 Atlas Nacional do Brasil (Mapa Político), IBGE, 1994.  
 Carta Topográfica do Brasil, Escala 1:50000, IBGE.

Produzido no Laboratório de Geoprocessamento/GCN/CFH/UFSC (nov/2009)  
 Digitalização/Edição: Acad. Débora Cristina Cantador

características bastante heterogêneas, variando do relevo mais aplainado para grandes entalhamentos.

O relevo da Bacia do Rio Correntes é composto por três compartimentos bem destacados, conforme pode ser observado no MAPA 02 - Hipsometria da Bacia do Rio Correntes: - entre 1200 e 1450m de altitude, há a ocorrência das áreas mais íngremes da bacia onde nascem o rio Correntes e a maioria de seus principais afluentes, como o Rio dos Patos e o Rio Bonito; - entre 950 e 1200m, o relevo passa a apresentar encostas ligeiramente íngremes, com declividades variando de 10 a 40% e, nesse compartimento, observam-se a formação de pequenas elevações em topos de morros aplainados, observa-se que nesse compartimento o rio Correntes apresenta-se numa transição de traçado sinuoso para um rio encaixado nos vales ali formados, além de apresentar as nascentes de alguns de seus afluentes, Rio Roberto, Rio Mansinho e Rio Faxinal das Águas; - e o terceiro compartimento a planície aluvial formada no baixo curso do rio Correntes, com altitudes que variam de 800 a 950m, onde esse rio apresenta um traçado acentuadamente sinuoso, e onde verifica-se a presença da maior parte do comprimento de seus afluentes, dos quais, o Rio Roberto e o Rio dos Patos também apresentam traçado bastante sinuoso.

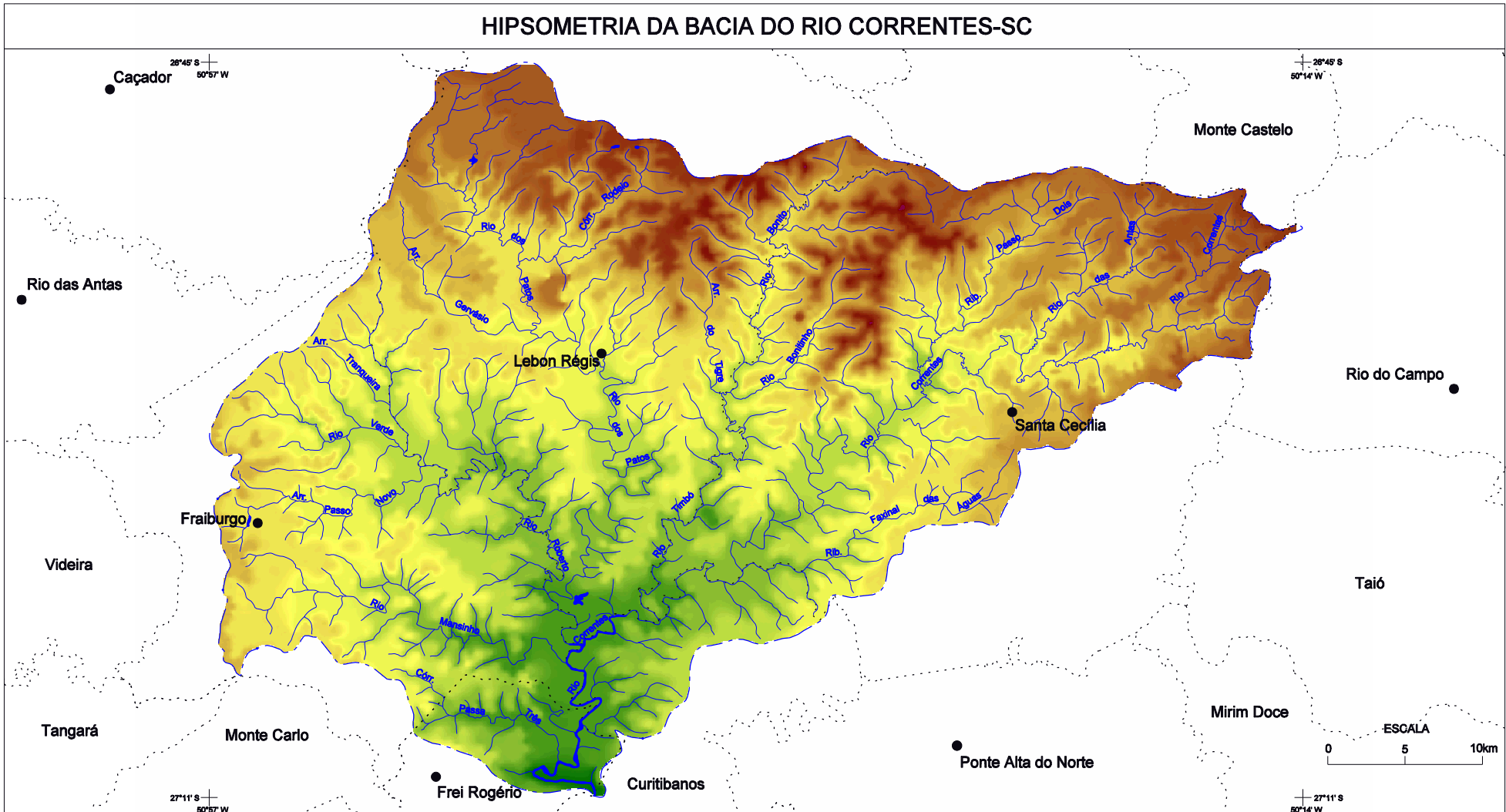
O clima do oeste catarinense, onde a bacia hidrográfica em estudo está inserida, também auxilia na formação do tipo de modelado apresentado. Esse, segundo Nimer (1979), faz parte do clima mesotérmico super úmido sem seca, no qual existe pelo menos um mês com temperatura média inferior a 13°C, geralmente o verão apresenta-se brando e o inverno mais frio, com ocorrências de temperaturas inferiores a 0°C, o que pode gerar geadas.

Os valores pluviométricos dessa região variam entre 1.700 e 2.500mm anuais. Esses valores são decorrentes das correntes úmidas da Frente Polar Atlântica e por localizar-se em uma altitude elevada. (BRASIL, 1974).

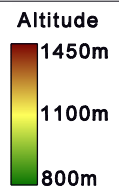
Esse tipo de clima, juntamente com o relevo, propiciou a formação de uma vegetação caracterizada por árvores de maior porte, ou seja, uma vegetação de floresta. Originalmente, na área da bacia, tinha-se o predomínio da Floresta Ombrófila Mista, que está sendo substituída por uma vegetação secundária e outros tipos de culturas, influenciadas pela ação humana. (BRASIL, 1974).





Este tipo de vegetação é bastante conhecido como Mata de Araucária, uma vez que o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*) é a espécie que mais

# HIPSOMETRIA DA BACIA DO RIO CORRENTES-SC



## LEGENDA



-  Curso d'água
-  Limite da bacia
-  Limite municipal
-  Sede de município

ESTE MAPA É PARTE INTEGRANTES DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
 "MAPEAMENTO DO USO DA TERRA COM VISTAS À DETERMINAÇÃO  
 DOS RISCOS DE CONTAMINAÇÃO  
 DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: O CASO DA BACIA DO RIO CORRENTES - SC"  
 UFSC/CFH/GCN, NOV/2010  
 AUTOR: ACAD. DEBORA CRISTINA CANTADOR

caracteriza esse ambiente, e também apresenta-se com um sub-bosque bastante denso. (CAMPANILI & PROCHNOW, 2006).

Segundo os mesmos autores, a forte extração dessa mata original, fez com que a vegetação atualmente presente na área da bacia apresente-se bastante modificada. Houve a substituição desse tipo de vegetação, principalmente por pastagens e reflorestamento de espécies exóticas como o *Pinus* (*Pinus elliottii* e *Pinus taeda*).

Além dessas características os solos na área estudada são originários do intemperismo de rochas efusivas básicas intermediárias e ácidas, resultante da influência de aspectos físicos, como o clima e o relevo. Em geral os solos resultantes são as “terras roxas” e as “terras brunas”. No planalto catarinense, em relevos mais acidentados, há presença de Neossolos Litólicos, Argissolos e Cambissolos<sup>1</sup>.

Na área da Bacia Hidrográfica do Correntes, há principalmente um predomínio de Cambissolos, Neossolos Litólicos e Nitossolos (SANTA CATARINA, 2002).

Lepsch (2002) afirma que, os Cambissolos e os Neossolos são solos que estão em fase inicial de formação, dessa maneira não apresentam horizontes bem definidos. Isto ocorre porque ou eles estão em áreas muito planas, o que favorece o acúmulo de sedimentos ou em locais muito inclinados, sujeitos a constantes processos de erosão.

Segundo este mesmo autor, o desenvolvimento dos horizontes está, algumas vezes, limitado a lugares onde ocorrem encharcamentos constantes. Os Cambissolos aparecem principalmente nos municípios de Lebon Régis, Fraiburgo e Santa Cecília. Já os Neossolos estão presentes apenas nos dois últimos municípios citados.

Os Nitossolos, observados apenas em Santa Cecília, são solos bem desenvolvidos sob climas tropicais úmidos, dessa maneira apresentam horizontes bem definidos. Não apresentam acréscimo de argila do horizonte A para o B, assim o horizonte B é caracterizado por uma coloração vermelho-escura, motivo pelo qual

---

<sup>1</sup> Nomenclatura retirada do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, 1999.

na antiga classificação de solos eram denominados de Terra Bruna Estruturada. (PRADO, 2001).

Esses solos são considerados de boa qualidade para a agricultura, quando não estão em relevos muito íngremes, o que propicia a erosão hídrica. (LEPSCH, 2002).

Além desses solos citados, na área em estudo, há de maneira pouco significativa, a presença de Gleissolos pouco húmicos, em uma pequena área do município de Santa Cecília.

## **2.2. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DOS MUNICÍPIOS.**

A Bacia do Rio Correntes abrange parte de cinco municípios do planalto catarinense, sendo estes Santa Cecília, Curitibanos, Lebon Régis, Fraiburgo e Frei Rogério. Segundo o Atlas Escolar de Santa Catarina (1991), os municípios de Fraiburgo e Lebon Régis estão incluídos na Microrregião de Joaçaba, e os demais na Microrregião de Curitibanos.

Nesses municípios verificam-se usos diversificados das terras. Curitibanos, com a data de fundação mais antiga (1869), possui uma área de 952km<sup>2</sup> e uma população de 36.000 habitantes (IBGE, 2008). Desde sua fundação o município passou por vários ciclos econômicos, contribuindo muitas vezes para o seu desenvolvimento. A pecuária, que desde o início de sua colonização foi a base econômica, contribuiu para o sustento e o desenvolvimento econômico do município. (RIGON, 2003).

Esse mesmo autor, afirma que no final da década de 40 iniciou-se a construção das primeiras serrarias da cidade, o que impulsionou o crescimento de pequenas indústrias e também a imigração de uma população vinda principalmente do Rio Grande do Sul, devido à extração dos pinheiros.

A agricultura, que a princípio, era basicamente de subsistência, apresenta-se, atualmente com maior intensidade e move a economia local, isso aconteceu em decorrência do processo de decadência da extração de madeira, devido à escassez de matéria prima. (RIGON, 2003).

A cultura no município, atualmente, apresenta-se miscigenada, devido à vinda de imigrantes não somente do Rio Grande do Sul, mas também alemães,



italianos e japoneses. Essas são representadas em semanas culturais, contribuindo para a movimentação turística do município. (SITIO DO MUNICÍPIO).

A partir dos dados da produção pecuária municipal, produção agrícola municipal e produção de extração vegetal do IBGE de 2008, elaborou-se uma tabela (Tabela 01 - Usos da terra nos municípios com parte na Bacia do Rio Correntes.), que apresenta os principais usos da terra nos municípios da Bacia Hidrográfica do Correntes. Para o município de Curitibaanos está claro como a agricultura realmente possui papel fundamental em sua economia, uma vez que os maiores valores de produção estão para lavouras temporárias. No ano de 2008, as principais culturas deste município eram o feijão, o milho e o alho, com valores de produção em mil reais de, 28.512, 17.760 e 16.000, respectivamente.

Curitibaanos ainda possui uma pequena produção de silvicultura, além de apresentar áreas de pastagens, com cerca de 40.000 cabeças de bovinos. (IBGE, 2008).

Frei Rogério, emancipado de Curitibaanos em 1995, possui uma área de 156,9 km<sup>2</sup> e 3.000 habitantes. Foi colonizada por alemães, italianos, japoneses e poloneses que sempre se dedicaram à agricultura. Dessa forma, assim como Curitibaanos, sua principal atividade econômica está voltada para o setor agrícola. (SITIO DO MUNICÍPIO).

Conforme está apresentado na Tabela 01, o município possui como principal fonte econômica a produção de feijão, milho e alho, da mesma forma que Curitibaanos. Porém como sua extensão municipal é menor, evidentemente que os valores de produção e área plantada serão menores, para valores de produção, em mil reais, consta que para feijão chega a 7.140, para milho 5.550 e para alho 6.600.

Apresenta também áreas de cultivo de madeira e áreas destinadas a agropecuária, com criação de bovinos, suínos, ovinos e frangos, mas não de forma significativa.

Diferentemente de Curitibaanos, a principal cultura presente é a japonesa, a qual é encontrada em diversos aspectos da cidade, desde artesanatos, vestimentas, danças e nas cerejeiras espalhadas pelas ruas. Dessa maneira, são realizadas festividades relacionadas a este aspecto cultural, o que evidencia um atrativo turístico, porém a cidade é desprovida de estrutura física para atender os turistas. (SITIO DO MUNICÍPIO).

Santa Cecília e Lebon Régis são municípios emancipados no mesmo ano de 1958. Santa Cecília com uma área de 1.176 km<sup>2</sup> e 14.811 habitantes é considerada o terceiro maior pólo de reflorestamento do estado, com uma área de aproximadamente 60.000 hectares coberta por pinus. (SITIO DO MUNICÍPIO).

Há muita extração de madeira no município de Santa Cecília, desde sua colonização pelos alemães vindos do Rio Grande do Sul, trazidos por uma companhia colonizadora. Na Tabela 01 pode-se verificar que realmente a produção madeireira é a principal fonte de renda do município.

Somando-se todos os valores de produção de silvicultura, essa atinge 65.520 mil reais. Desse valor total, a produção está voltada para toras de madeiras (32.500 mil reais), das quais 44,6% são destinadas a produção de papel e celulose e 55,4% a outras finalidades.

Lebon Régis com uma área de 1.276 km<sup>2</sup> e com 11.682 habitantes, recebeu imigrantes paulistas, que vieram em busca das riquezas naturais do local. (SITIO DO MUNICÍPIO).

Sua economia conta com a agricultura, agropecuária e silvicultura (em menor escala). Na agricultura, verificam-se a produção de maçã, lavouras permanentes, feijão e cebola, lavouras temporárias. Os valores de produção, em mil reais, chegam a 22.477, 11.025 e 10.585, respectivamente. (Tabela 01).

Há áreas de pastagem que compreendem 19.370 cabeças de gado, e também uma grande quantidade de cabeças de frangos, como pode ser verificado na Tabela 01.

Fraiburgo, emancipado em 1961, é o município que apresenta maior diversificação no quesito atividade econômica. Com uma área de 546 km<sup>2</sup> e com 40.250 habitantes, seus colonizadores eram de origem italiana e alemã, que almejavam a madeira existente, e assim implantaram as primeiras serralarias. Mas com a diminuição das matas, foi preciso pensar em outras atividades. Assim plantas europeias foram trazidas para o município, e dentre elas a que melhor se adaptou ao clima da região foi o cultivo de maçã. (KLANOVICZ, 2005).

Segundo este mesmo autor, esse processo refletiu para que o município fosse considerado, atualmente, um dos maiores produtores de maçã, conhecido como “Fraiburgo a Terra da Maçã”, correspondendo a 51% da produção catarinense e 26% da produção nacional.

Na Tabela 01, verificam-se valores de produção de maçã de 131.838 mil reais. Também é um município produtor de feijão e milho, os quais apresentam os maiores valores de produção, conforme os dados do IBGE de 2008.

Atividades de agropecuária também aparecem no município, além da extração de madeira, uma parte destinada à produção de papel e celulose. Há indústrias que produzem maquinário agrícola e metal mecânico, contribuindo para as atividades econômicas do município. (SITIO DO MUNICÍPIO).

Tabela 01 - Usos da terra nos municípios com parte na Bacia do Rio Correntes.

		Curitiba		Frei Rogério		Santa Cecília		Lebon Régis		Fraiburgo	
Empresas		Unidades Locais		Unidades Locais		Unidades Locais		Unidades Locais		Unidades Locais	
		1245		64		482		281		1358	
		Qtd. Produzida (Toneladas)	Valor da Produção (mil reais)	Qtd. Produzida (Toneladas)	Valor da Produção (mil reais)	Qtd. Produzida (Toneladas)	Valor da Produção (mil reais)	Qtd. Produzida (Toneladas)	Valor da Produção (mil reais)	Qtd. Produzida (Toneladas)	Valor da Produção (mil reais)
Lavouras Permanentes	Caqui	100	150	54	43	-	-	-	-	324	243
	Laranja	-	-	-	-	-	-	-	-	294	147
	Maçã	-	-	20	12	10050	6030	32110	22477	180600	131838
	Pera	30	45	132	264	-	-	-	-	15	11
	Pessêgo	30	45	50	75	10	15	60	42	1536	1075
	Uva	75	113	30	30	10	15	75	60	750	600
Lavouras Temporárias	Alho	8000	16000	2640	6600	30	75	210	441	420	882
	Arroz	18	8	45	21	4	2	-	-	9	4
	Batata inglesa	1000	500	150	90	540	378	100	58	150	75
	Cebola	12000	8400	5250	3150	75	45	18250	10585	5750	4313
	Feijão	12960	28512	3750	7140	400	800	5250	11025	5670	14175
	Fumo	109	586	114	612	-	-	330	1772	295	1584
	Milho	48000	17760	15000	5550	4200	1537	17760	7459	21120	9082
	Soja	9600	7680	1920	1344	2310	1578	216	151	-	-
	Tomate	160	144	1000	900	-	-	4000	3800	200	190
Trigo	3150	1355	2400	998	160	67	1800	810	1560	624	
Agropecuária	Cabeças		Cabeças		Cabeças		Cabeças		Cabeças		
	Bovinos	40000		8147		23200		19370		11758	
	Suínos	9370		1580		15850		7780		14730	
	Ovinos	7974		1100		2444		2710		2038	
	Frangos	62000		6500		7500		30100		435000	
Silvicultura	Qtd. Produzida (m³)		Qtd. Produzida (m³)		Qtd. Produzida (m³)		Qtd. Produzida (m³)		Qtd. Produzida (m³)		
	Valor da Produção (mil reais)		Valor da Produção (mil reais)		Valor da Produção (mil reais)		Valor da Produção (mil reais)		Valor da Produção (mil reais)		
	Lenha	1000	19	-	-	26600	520	15300	490	19700	690
	Tora	100000	6200	700	406	590000	32500	108190	6463	255500	18160
	Tora para papel e celulose	40000	2000	3000	150	290000	14500	47190	1888	76000	3800
Tora para outras finalidades	60000	4200	4000	256	300000	18000	61000	4575	179500	14360	

Fontes: Produção Agrícola Municipal, IBGE, 2008; Produção da Extração Vegetal e Silvicultura, IBGE, 2008; Produção da Pecuária Municipal, IBGE, 2008. Elaborado por Daniel Scalioni Carvalho, 2010.

### 3. BACIA HIDROGRÁFICA DO CORRENTES

A Política Estadual de Recursos Hídricos, Lei nº 9.748, de 30/11/1994, estabelece alguns critérios para que os recursos hídricos sejam utilizados de forma consciente, e estabelece condições para que haja desenvolvimento econômico e social interligados ao equilíbrio ambiental.

Essa Política constitui como unidade básica as bacias hidrográficas. Desse modo facilita o planejamento do uso, conservação e recuperação dos recursos hídricos, ou seja, a bacia hidrográfica se trata de uma escala de trabalho viável ao gerenciamento eficiente das águas superficiais.

Trabalhos que visam o uso, conservação e preservação, contam com a participação dos usuários de água de cada bacia hidrográfica. Além de vincular-se com os critérios e normas estabelecidos pelo Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, esse Sistema apresenta órgãos que são estruturados dentro de cada bacia hidrográfica, no qual cada um possui designações e responsabilidades próprias para que o processo de gerenciamento seja organizado e efetivo.

A Secretaria do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SDM, do Estado de Santa Catarina, visando a gestão e gerenciamento dos recursos hídricos em todo seu território, propôs a divisão deste em regiões hidrográficas. Essa divisão foi elaborada segundo alguns critérios, considerando as 23 principais bacias hidrográficas do estado (SDM, 1997):

1. As regiões serão compostas por no máximo três das principais bacias do estado, e os seus limites geográficos serão determinados pelos mesmos divisores de água que compõe as bacias;
2. As bacias integrantes de cada região devem apresentar semelhanças em seus aspectos físicos e socioeconômicos;
3. As regiões deverão apresentar uma identidade com a das associações dos municípios compreendidos por elas;
4. O número de municípios por região não deve ultrapassar a 40;
5. A área máxima de cada região não deve ultrapassar 25.000 km<sup>2</sup>.

Dessa maneira foram estabelecidas 10 regiões hidrográficas no estado de Santa Catarina: Extremo Oeste, Meio Oeste, Vale do Rio do Peixe, Planalto de

Lages, Planalto de Canoinhas, Baixada Norte, Vale do Itajaí, Litoral Centro, Sul Catarinense e Extremo Sul Catarinense.

Neste trabalho apenas os aspectos da região hidrográfica Planalto de Lages serão apresentados, pois é nessa que está localizada a bacia do Rio Correntes, área em estudo.

A região Planalto de Lages é formada pelas bacias dos rios Canoas e Pelotas. Entre as duas a bacia do rio Canoas é a mais importante, em consequência do volume de água escoada e também pela área de drenagem. A bacia hidrográfica em estudo está inserida na bacia hidrográfica do Rio Canoas.

Em todas as regiões hidrográficas a SDM (1997) realizou estudos para que houvesse informações das características das águas superficiais do Estado de Santa Catarina (vazão, uso e qualidade). Ao todo foram selecionados 137 pontos homogeneamente distribuídos entre as regiões hidrográficas.

Dois pontos principais estão contidos na área de interesse desse trabalho, ou seja, ao longo dos, aproximadamente, 144km de comprimento do Rio Correntes. O primeiro ponto localiza-se em sua confluência com o rio Marombas, sendo que o Rio Correntes é o principal afluente desse rio; e o outro ponto localiza-se nas proximidades da cidade de Santa Cecília.

Em relação às informações do estudo da SDM, o ponto localizado na confluência dos dois rios é considerado um ponto potencialmente crítico, ou seja, local que exige uma avaliação mais rigorosa pela presença de um conflito entre o uso e o comprometimento da qualidade da água. (SDM, 1997). Esse ponto crítico ocorre principalmente pela presença de concentrações industriais de produção de papel e celulose, uma vez que esta é um grande contribuinte para a emissão de efluentes. Os principais poluentes gerados pelas indústrias de papel e celulose são dibenzodioxinas, policlorados e dibenzofuranos (dioxinas e furanos), os quais são recalcitrantes para a degradação, e persistem na natureza por longo período de tempo. (PAIVA, 2004).

Além de efluentes tóxicos produzidos pelas indústrias de papel e celulose, há também os agrotóxicos originários das lavouras para combate de pragas e doenças, e os efluentes orgânicos vindos do meio urbano.

O Rio Correntes, desde sua nascente localizada no município de Santa Cecília até o ponto em que adentra o município de Curitibanos, apresentou baixos

níveis de poluição, porém a partir desse ponto até desaguar no rio Marombas a 800 metros de altitude apresentava-se moderadamente poluído.

Em 1997, a vazão das águas do Rio Correntes em período de estiagem atendia a um consumo médio total de 23.267 m<sup>3</sup>/dia, distribuídos em consumo animal, humano, industrial e irrigação. (SDM, 1997).

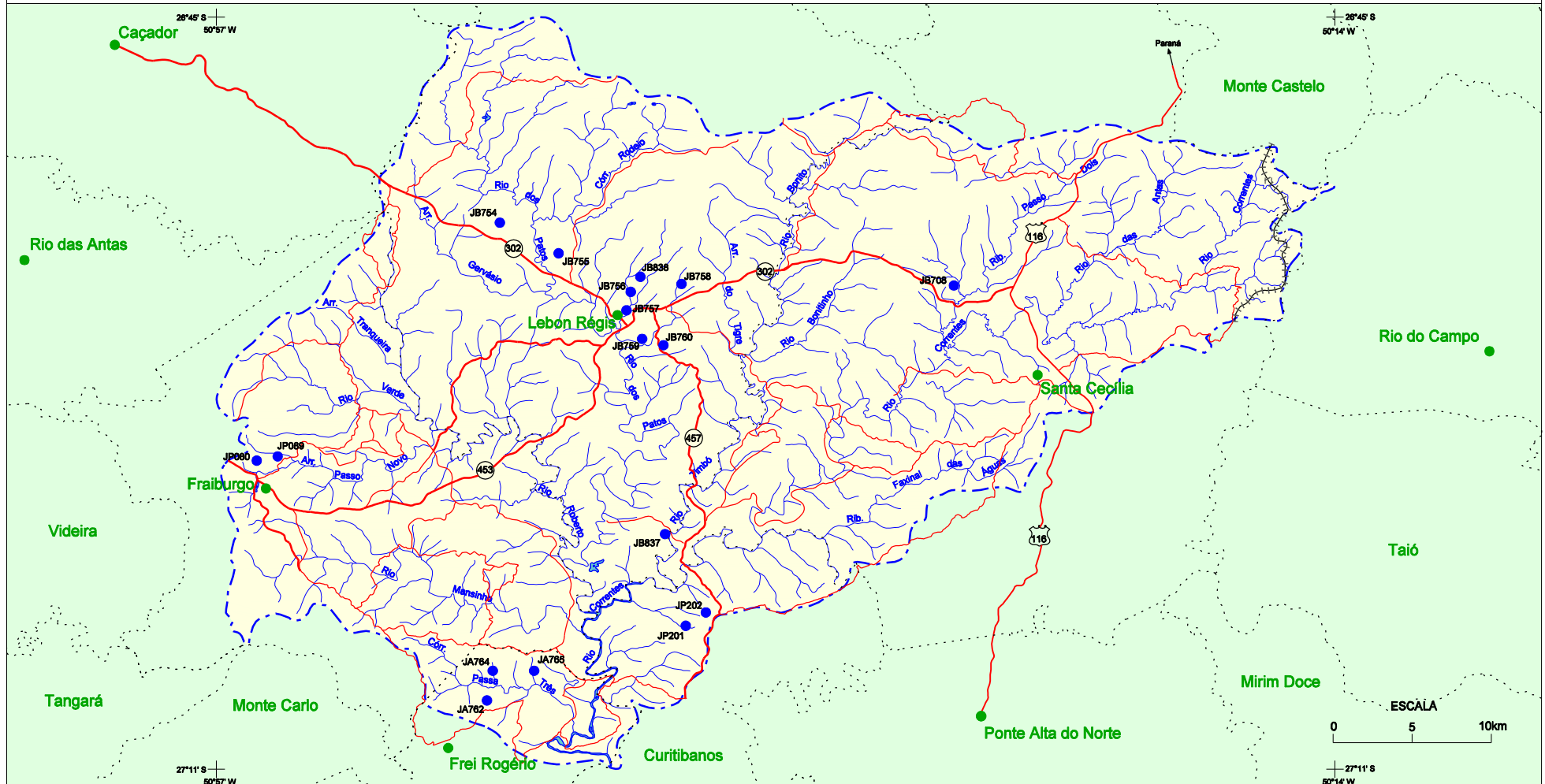
Na bacia hidrográfica em estudo, há ocorrência de poços perfurados destinados a usos como abastecimento para a criação animal, industrial, residencial e para as lavouras.

A CPRM – Companhia de Pesquisa dos Recursos Minerais, possui cadastro de alguns poços no Estado. Na Tabela 02 - Características dos poços cadastrados na CPRM., é possível verificar algumas características dos poços perfurados nos municípios localizados na Bacia Hidrográfica do Correntes (MAPA 03 - Localização de poços para captação de água na Bacia do Rio Correntes).

Na tabela apresentada, verifica-se que os poços, em sua maioria, estão localizados no município de Lebon Régis, destinados principalmente ao abastecimento doméstico e para irrigação.

Muitos poços não possuem todas as informações, além de haver muitos que estão perfurados, porém não estão cadastrados. Contudo, segundo as características apresentadas, todos os poços estão retirando água da formação Serra Geral. Em média a profundidade dos poços é em torno de 102m, considerando apenas aqueles com dados apresentados; o mais profundo localiza-se em Frei Rogério, com profundidade de 150m e destinado ao abastecimento urbano.

## LOCALIZAÇÃO DE POÇOS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA NA BACIA DO RIO CORRENTES



### LEGENDA

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue; font-weight: bold;">—</span> Curso d'água</li> <li><span style="color: blue; font-weight: bold;">- - -</span> Limite da bacia</li> <li><span style="color: red; font-weight: bold;">- - - - -</span> Limite municipal</li> <li><span style="color: black; font-weight: bold;">+ + + + +</span> Ferrovia</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue; font-weight: bold;">●</span> Poços na área da bacia</li> <li><span style="color: green; font-weight: bold;">●</span> Sede de município</li> <li><span style="color: red; font-weight: bold;">—</span> Rodovia Federal</li> <li><span style="color: red; font-weight: bold;">○</span> Rodovia Estadual</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red; font-weight: bold;">—</span> Rodovia Municipal</li> </ul> |
|---|---|---|

ESTE MAPA É PARTE INTEGRANTES DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
 "MAPEAMENTO DO USO DA TERRA COM VISTAS À DETERMINAÇÃO  
 DOS RISCOS DE CONTAMINAÇÃO  
 DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: O CASO DA BACIA DO RIO CORRENTES - SC"  
 UFSC/CFH/GCN, NOV/2010  
 AUTOR: ACAD. DEBORA CRISTINA CANTADOR



Tabela 02 - Características dos poços cadastrados na CPRM.

Nome Poço	Município	Localização		Natureza	Uso da Água	Data Perfuração	Condição	Profundidade Inicial (m)	Profundidade Final (m)	Tipo Formação	Vazão Específica (m³/s)	Condutividade Elétrica	Temperatura (°C)
		Latitude	Longitude										
JP201	Curitiba	27°06'58"	50°39'11"	Poço tubular	Abastecimento doméstico/animal	1/2/07	-	0	100	Formação Serra Geral	-	77	13
JP202	Curitiba	27°06'31"	50°38'17"	Poço tubular	Abastecimento urbano	7/5/06	-	0	100	Formação Serra Geral	0,019	107	15
JP089	Fraiburgo	27°01'09"	50°54'42"	Poço tubular	Abastecimento urbano	18/7/96	-	0	105	Formação Serra Geral	-	195	18
JP080	Fraiburgo	27°01'20"	50°55'30"	Poço tubular	Abastecimento urbano	15/6/85	Semi-Confinado	0	85	Formação Serra Geral	9,5	366	18
JA765	Frei Rogério	27°08'32"	50°44'55"	Poço tubular	Abastecimento urbano	24/6/09	Semi-Confinado	0	63	Formação Serra Geral	-	190	16
JA762	Frei Rogério	27°09'33"	50°46'44"	Poço tubular	Abastecimento urbano	18/11/08	Semi-Confinado	0	150	Formação Serra Geral	0,073	168,5	-
JA764	Frei Rogério	27°08'32"	50°46'28"	Poço tubular	Abastecimento urbano	24/6/09	Semi-Confinado	0	108	Formação Serra Geral	6,522	163,5	-
JB708	Santa Cecília	26°55'14"	50°28'56"	Poço tubular	Abastecimento doméstico	24/7/06	-	0	100	Formação Serra Geral	0,18	129	16
JB 754	Lebon Régis	26°53'07"	50°46'17"	Poço tubular	-	-	-	-	-	Formação Serra Geral	-	-	-
JB 755	Lebon Régis	26°54'11"	50°44'01"	Poço tubular	-	-	-	-	-	Formação Serra Geral	-	-	-
JB 756	Lebon Régis	26°55'30"	50°41'16"	Poço tubular	Abastecimento múltiplo	-	-	-	-	Formação Serra Geral	-	191	19
JB 757	Lebon Régis	26°56'09"	50°41'25"	Poço tubular	Abastecimento doméstico	17/9/07	-	0	88	Formação Serra Geral	1,6	177	15
JB 758	Lebon Régis	26°55'14"	50°39'19"	Poço tubular	-	-	-	-	-	Formação Serra Geral	-	-	-
JB 759	Lebon Régis	26°57'06"	50°40'53"	Poço tubular	Abastecimento doméstico/irrig.	-	-	-	-	Formação Serra Geral	-	200	15
JB 760	Lebon Régis	26°57'23"	50°40'00"	Poço tubular	Abastecimento doméstico/irrig.	-	-	-	-	Formação Serra Geral	-	213	16
JB 837	Lebon Régis	27°03'50"	50°39'56"	Poço tubular	Abastecimento doméstico	-	-	-	-	Formação Serra Geral	-	194	14
JB 838	Lebon Régis	26°55'00"	50°40'51"	Poço tubular	Abastecimento doméstico	3/11/08	-	0	124	Formação Serra Geral	-	208	17

Fonte: Sítio CPRM – SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas). Elaborado por Daniel Scalioni Carvalho, 2010.

## **4. SUBSÍDIOS TEÓRICOS AO DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

### **4.1. A CIÊNCIA CARTOGRÁFICA**

Representar os elementos da superfície terrestre em sua real distribuição espacial é uma necessidade existente desde tempos remotos, sempre com o objetivo de transmitir informações, seja de trajetos percorridos, posição dos astros ou mesmo a localização de lavouras. Dessa maneira, não bastava que o conhecimento espacial fosse transmitido apenas na oralidade, era preciso o registro dos mesmos para melhor visualização e compreensão do fato apresentado.

Assim, os mapas, considerados por Duarte (2006) como a representação visual, geralmente plana, em escala reduzida, de determinada informação, existem desde sua forma mais arcaica, elaborados em paredes e fragmentos de rocha, como também representados em papéis ou recentemente com a utilização de novas tecnologias. Com essa necessidade de representar os dados da superfície terrestre, surge a Cartografia, ciência especializada na concepção, elaboração, utilização e estudos sobre os mapas.

Com a ciência Cartográfica, discussões sobre a elaboração de simbologias adequadas e padronizadas, assim como propor elementos fundamentais para que uma representação espacial se torne um mapa, foram essenciais para demonstrar a importância dos mapas em transmitir informações sobre fenômenos naturais e/ou humanos.

A representação cartográfica deve preservar as características e as relações observadas na paisagem, realizando a seleção e síntese das informações desejadas. Desse modo, é necessário usar uma escala compatível com a necessidade de cada usuário, considerada como um dos elementos essenciais para a elaboração de um mapa.

As técnicas cartográficas, até a década de 1980, eram baseadas em processos manuais para a representação das informações. Com o surgimento de novas tecnologias, a ciência Cartográfica também se inovou, aparecendo uma nova conceituação, a Cartografia Digital.

O processo de elaboração de mapas usando técnicas computacionais apresenta algumas vantagens em relação à produção manual. Como a possibilidade

de não existir um espaço determinado para a representação como ocorre no processo manual, e como Paulino (2000) apresenta, esses processos recebem constantemente atualizações e avanços, além dos erros provenientes do processo manual serem amenizados com processos digitais.

Um dos principais tipos de programas utilizados para a elaboração digital dos mapas seria os sistemas de desenho auxiliados por computador, conhecidos como CAD (do inglês Computer Aided Design). Porém, apesar de possuírem significativa eficiência para a Cartografia, não são programas específicos para essas aplicações, uma vez que eles não preenchem todas as necessidades da elaboração de informações cartográficas. Para atender as necessidades da cartografia, encontram-se os programas para mapeamento auxiliado por computador – CAM (do inglês Computer Aided Mapping). (PAULINO, 2000).

#### **4.1.1. SENSORIAMENTO REMOTO**

Para a obtenção de informações sobre aspectos da superfície terrestre, por muito tempo era necessário o deslocamento até o local desejado para que houvesse o registro preciso dos elementos existentes. E assim, lugares eram desconhecidos pela impossibilidade da proximidade humana com o local em questão, pela existência de barreiras naturais ou mesmo condições inadequadas à permanência.

Contudo, com o aparecimento do Sensoriamento Remoto, obter informações de lugares de difícil acesso, sem o contato com o objeto de estudo, se tornou viável e acessível. Novo (2008) trata o Sensoriamento Remoto como a

utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõe em suas mais diversas manifestações. (NOVO, 2008, p.4)

Contudo, isso só é possível devido à capacidade dos objetos de absorver, transmitir e refletir energia eletromagnética proveniente de alguma fonte, como por exemplo, o Sol. Para cada objeto, há um tipo de valor em relação à energia

eletromagnética. Desse modo, essas variáveis são denominadas de absortância, reflectância e transmitância, e seus valores variam de 0 a 1. (MORAES, 2002).

Cada objeto possui seu próprio comportamento espectral ao longo do espectro eletromagnético, o que é denominado de “assinatura espectral”, representada muitas vezes por um gráfico.

A maioria dos autores, como Moraes (2002), apresentam características espectrais de quatro principais objetos de estudo, o solo, a vegetação, a água e as superfícies construídas.

Para que seja possível coletar o comportamento espectral de determinado objeto de estudo, é necessário possuir um sensor que colete a energia emitida por ele. Essa transmissão ocorre através das ondas eletromagnéticas, e assim dependendo do tipo de sensor, este irá poder captar determinada onda e gerar um tipo de sinal passível de ser interpretado.

Cada sensor possui características próprias para distinguir e identificar dois ou mais objetos distintos ou semelhantes na superfície terrestre, essa capacidade é denominada de resolução. São quatro tipos de resoluções: espacial – capacidade do sensor em visualizar os objetos na superfície terrestre; espectral – capacidade em distinguir os objetos pela largura das bandas espectrais; radiométrica – dados traduzidos em “níveis de cinza”; e temporal – determinada pelo tempo que o satélite, demora a voltar e recobrir a mesma área de interesse. (NOVO, 2008).

Os sistemas sensores são constituídos basicamente por coletores, que podem ser um conjunto de lentes, espelhos ou antenas, um sistema de registro (detector) que pode ser um filme ou outros dispositivos e um processador de dados. Estes também podem ser classificados segundo a fonte de radiação, ao tipo de transformação de energia e a região espectral.

Com relação à fonte de radiação, os sistemas sensores podem ser classificados como passivos, os quais medem a radiação refletida e/ou emitida pelo alvo, proveniente de uma fonte externa; e como ativos, medem a radiação proveniente de uma fonte própria, como os sistemas Laser e Radar. (MORAES, 2002).

Segundo ao tipo de transformação de energia, os citados acima podem ser divididos em sistemas não-imageadores, que trazem como resultado da

superfície sensoriada um gráfico ou dígitos; e em sistemas imageadores, que fornecem como resultados uma imagem do objeto interpretado. (MORAES, 2002).

E por fim, enquanto a região espectral, podendo encontrar sensores que atuam na região refletida do espectro, ou seja, aquela que abrange a faixa do visível, infravermelho próximo e médio (ondas curtas), e sensores que atuam na região termal, infravermelho distante (ondas longas). (EHLERS, 2007).

Novo (2008), afirma que os sensores podem estar em diversos níveis de coleta de dados: nível terrestre, sub-orbital e orbital.

No presente trabalho são utilizados dados obtidos de sensores orbitais, os quais se situam em satélites artificiais tripulados ou não, e fazem o registro de uma grande área da superfície terrestre.

Tratando-se deste nível de coleta de dados, um dos principais satélites de coleta de imagens, é o Landsat. Segundo BRASIL (2009), este sistema atua desde 1972, sendo composto por sete satélites desenvolvidos pela National Aeronautics and Space Administration (NASA), sendo inicialmente chamado de Earth Resources Technologist Satellite (ERST) e apenas em 1975 que adotou a nomenclatura Landsat.

O satélite CBERS, é outro exemplo de coleta de imagens, implantado em 1988, num convênio técnico-científico binacional envolvendo Brasil e China. O CBERS é um sistema único, pois mantém em órbita instrumentos sensores que combinam características especialmente adequadas às diversas escalas temporais e espaciais, necessárias ao monitoramento e à preservação dos ecossistemas. (BRASIL, 2009).

#### **4.1.2. GEOPROCESSAMENTO**

Dentro do Geoprocessamento uma das ferramentas mais utilizadas para gerar, gerenciar, analisar, simular e apresentar informações sobre a superfície terrestre, utilizando tecnologias para que seja possível o tratamento de informações espaciais, é a Cartografia Digital.

A ciência Cartográfica, assim como o Geoprocessamento, trata do espaço geográfico, e preocupa-se em representá-lo: a Cartografia, preocupada com os processos que ocorrem no espaço e o Geoprocessamento, com a utilização de meios tecnológicos para tratar sobre esses processos.

Rocha (2000, apud Fitz & Souza, 2007, p.97) apresenta uma definição bastante completa para Geoprocessamento, sendo

uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados

Muitos profissionais estão recorrendo a essa técnica para o processamento digital de imagens, assim como os sistemas de informações geográficas. Nas questões ambientais, ele pode ser usado para monitorar o uso da terra, a cobertura vegetal, a poluição da água e rios, os depósitos irregulares de resíduos, dentre outros.

O Geoprocessamento não é usado simplesmente nas áreas relacionadas com o ambiente, sendo utilizado também para definir políticas e diretrizes em gestões governamentais, para que haja um melhor planejamento nas tomadas de decisões.

Independentemente de qual seja a informação que se deseja representar, suas dimensões espaciais estão sempre associadas às suas correspondentes localizações na superfície terrestre, em um determinado instante ou intervalo de tempo. Desse modo, as informações são consideradas como dados Geográficos ou Georreferenciados (CÂMARA et al, 2004 apud NASCIMENTO, 2006).

#### **4.1.3. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA - SIG**

Para que ocorra o processamento digital de imagens orbitais é necessária a existência de softwares adequados e que permitam a realização de um trabalho eficiente e viável, uma vez que com a representação visual das informações coletadas, discussões, propostas e planejamentos serão efetuados a partir dos resultados obtidos, o que solicita a resposta precisa de informações.

Dessa forma as ferramentas computacionais para o trabalho em Geoprocessamento foram desenvolvidas e denominadas de Sistemas de Informações Geográficas – SIG.

Uma das definições mais aceitas e usadas para SIG, segundo Fitz e Souza (2007), é a dos autores Burrough e McDonnell (1998) que propõe ser este sistema

um poderoso conjunto de ferramentas para coleta, armazenamento, recuperação, transformação e visualização de dados espaciais no mundo real pra um conjunto de propósitos específicos (BURROUGH; MCDONNELL, 1998, apud Fitz & Souza, 2007, p. 97).

Os SIGs geralmente são bastante utilizados uma vez que eles permitem ao usuário realizar análises complexas com o auxílio de dados espaciais. E também oferecem uma visão nova do objeto de estudo, a partir do momento em que todas as informações possíveis sobre determinado objeto possam ser agrupadas em um banco de dados e estar disponíveis ao investigador de forma facilitada.

Os Sistemas de Informações Geográficas se tornaram importantes ferramentas para suprir essa necessidade, uma vez que “permitem o armazenamento e gerenciamento eficiente desses dados como parte do conjunto total das geoinformações disponíveis e registradas” (EHLERS, 2007, p.19).

#### **4.2. USO E COBERTURA DA TERRA**

Com a grande disponibilidade das imagens obtidas dos satélites, os estudos geográficos foram favorecidos, principalmente nos estudos relacionados às questões ambientais, como o uso e cobertura da terra. Além do que, o conhecimento sobre a temática garante o adequado reconhecimento sobre como proceder de maneira coerente para a sustentabilidade ambiental, econômica e social.

O uso e cobertura da terra representa a ligação entre o meio físico e o socioeconômico, refletindo nas tomadas de decisões, ordenamento e planejamento do território, assim como na definição de políticas de gestão dos recursos naturais.

Os termos “uso e cobertura” da terra muitas vezes foram utilizados como sinônimos no meio científico, não causando muitas polêmicas, até a década de 70, quando se iniciou grandes discussões a respeito desses conceitos. (VIECILI, 2005).

Segundo Monteiro (2008), o termo “uso da terra” refere-se à utilização cultural da terra, enquanto que o termo “cobertura da terra” ou “land cover”, refere-se a seu revestimento.

Semelhante a esta definição de uso da terra, Campbell (1997, apud VIECILI, 2005) conceitua-a como atividades humanas realizadas na terra de acordo com as necessidades, acrescentando que isso reflete em mudanças físicas no ambiente.

E para cobertura da terra, Salgado (2002, apud VIECILI, 2005) define também como cobertura de revestimento, apresentando como exemplos coberturas vegetais, corpos d’água, áreas consideradas inacessíveis devido à localização, e locais onde não há presença constante do homem.

#### **4.2.1. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO**

Representar cartograficamente informações ou elementos da superfície terrestre exige por parte do pesquisador planejamento de quais elementos serão mapeados e a escolha de todos os parâmetros para que os dados sejam representados da melhor forma possível, e consigam atingir o objetivo de transmitir o conhecimento.

Para realizar um estudo e mapeamento de uso e cobertura da terra, o processo não é diferente, é necessário que seja aplicado um sistema de classificação, os quais são utilizados de forma a generalizar as informações, ou mesmo atenuá-las ou enfatizá-las, além de servir para organizar e ordenar os dados para que se tornem adequados à leitura do mapa, de forma a simplificar e facilitar o seu entendimento.

Monteiro (2008) afirma que

Podemos dizer que, como um produto do sujeito que organiza o mundo real, a classificação é subjetiva e nem sempre consegue atender a todo tipo de usuário, tampouco abarcar toda a complexidade do alvo. (MONTEIRO, 2008, p. 75).

Dessa maneira para a elaboração de um mapa com essa temática existem certas dificuldades que devem ser superadas, na medida em que não há



padronização no sistema de classificação, que atenda às necessidades de todas as regiões e as diversas escalas de trabalho.

Apesar de não existir uma classificação padrão, alguns parâmetros básicos podem servir de base para elaborar o roteiro metodológico do trabalho de mapeamento. Viecili (2005) apresenta alguns parâmetros, que seriam:

1. Os valores escolhidos devem ser relevantes e representativos e devem atingir os objetivos propostos para a área de estudo.
2. A escolha da escala deve ser compatível com o nível de detalhamento que se deseja.
3. O sistema de classificação deverá se ajustar a qualidade e a quantidade dos dados, considerando-os em sua totalidade.
4. O sistema de classificação deve ser aplicável à interpretação de imagens orbitais, e deve permitir a identificação de áreas homogêneas refletindo em um bom entendimento a respeito do seu uso e cobertura da terra.

Porém o autor não inclui em seus parâmetros a reambulação das informações obtidas através do Sensoriamento Remoto, ou seja, a visita ao local de estudo para que os dados sejam comprovados e verificados, confirmando e determinando o sistema de classificação.

### **4.3. RECURSOS HÍDRICOS**

Os recursos hídricos estão distribuídos de forma desigual e condicionados a diversos tipos de reservatórios, em diferentes estados físicos, lugares e situações, disponíveis em qualidade e quantidade variadas durante o tempo, para satisfazer às necessidades dos seres humanos e demais seres vivos.

Atualmente o volume total de água na Terra é de  $1,386 \times 10^{15}$  litros, desse total 97,5% formam os oceanos e mares e apenas 2,5% são de água doce. Os principais reservatórios encontrados de água doce são as geleiras e calotas polares (68,9%), as águas subterrâneas (29,9%), nos solos e pântanos (0,9%) e os rios e lagos (0,3%). (REBOUÇAS, 2006).

Verificando a quantidade de água disponível em cada reservatório pode-se perceber que a sua disponibilidade para o abastecimento e consumo humano é

muito restrita, o que a torna em muitos lugares escassa. Além disso, outro fator preocupante, que resulta na diminuição de água potável à sociedade, é a contaminação dos corpos hídricos, sendo por efluentes industriais, esgotos sanitários, agrotóxicos, entre outros.

Kobiyama, Mota e Corseuil (2008), afirmam que o abastecimento urbano de água é um dos usos que consomem os recursos hídricos, principalmente onde a expansão urbana é ativa, relacionada ao aumento tanto pela população, como pelo comércio e as indústrias. A prática agrícola é outra consumidora de água, principalmente para a irrigação, feita de maneira inapropriada ela pode provocar a poluição de rios que abastecem as lavouras, bem como as águas subterrâneas.

#### **4.3.1. QUALIDADE DAS ÁGUAS**

A água possui características físicas, químicas e biológicas, determinantes na sua qualidade, importante para que se possa conhecer o seu destino, o seu uso e conseqüentemente se há necessidade de tratamento e de que forma e intensidade ele será realizado.

As características físicas da água estão associadas a sua cor, a turbidez, a condutividade elétrica, ao sabor, o odor e a temperatura. Associados à quantidade de substâncias de origem orgânica ou não, dissolvidas e/ou diluídas na água. A salinidade, a dureza, a alcalinidade e a acidez, são identificadas por análises químicas, relacionadas com a presença de sais diversos dissolvidos. (SIMONASSI, 2001).

O mesmo autor afirma que as características biológicas relacionam-se com a presença de microrganismos em suspensão na água, os quais incluem bactérias, coliformes, algas, protozoários, os quais podem ser identificados apenas com avaliações através de exames bacteriológicos e hidrobiológicos.

Além disso, existem três parâmetros importantes que atuam como indicadores da qualidade da água, que auxiliam na determinação da quantidade de matéria orgânica presente na água, dentre eles estão: a quantidade de oxigênio dissolvido (OD); a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que seria a quantidade de oxigênio consumido pela atividade bacteriana; e a quantidade de oxigênio capaz

de oxidar totalmente a matéria orgânica presente na água, conhecida como demanda química de oxigênio (DQO). (VALENTE, PADILHA e SILVA, 1997).

A água destinada ao consumo humano exige maior preocupação e cuidado, uma vez que análises adequadas são necessárias para caracterizar a sua qualidade, sendo na maior parte das vezes necessário realizar tratamentos antes de ser distribuída a população, evitando a disseminação de doenças.

Silva (1988 apud Duarte 2009) sintetiza (Tabela 03 - Principais tipos de usos e seus efeitos na água.), os principais usos da água e quais são os efeitos que esses usos causam.

Tabela 03 - Principais tipos de usos e seus efeitos na água.

Tipos de uso	Efeitos na água
Abastecimento urbano	Poluição orgânica e bacteriológica
Abastecimento industrial	Poluição orgânica, substâncias tóxicas, elevação de temperatura
Irrigação	Carregamento de sedimentos agrotóxicos e fertilizantes
Geração de energia	Alteração no regime e na qualidade das águas
Navegação Fluvial	Lançamento de óleo e combustíveis
Pesca	Alterações na qualidade após mortandade de peixes
Assimilação de esgotos	Poluição orgânica, física e bacteriológica
Usos e preservação	Melhoria da qualidade da água

Fonte: Silva (1988 apud Duarte 2009).

#### 4.3.2. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Por entre os espaços vazios existentes abaixo da superfície terrestre, há uma quantidade significativa de água que percola. Parte dessa água, é absorvida pelas plantas ou evapora, o restante continua infiltrando devido à gravidade. A água que se acumula em regiões mais profundas do solo, preenchendo totalmente os vazios, corresponde às águas subterrâneas.

Rebouças (2006), afirma que a água subterrânea circula lentamente, sob condições do gradiente hidráulico. Esse deslocamento pode fazer com que ocorra a

formação de fontes, olhos de água e favoreça o abastecimento de poços na superfície, além, também, de uma parcela desaguar em mares ou lagos, e também em rios.

A movimentação e a quantidade das águas subterrâneas podem ser determinadas por diversos fatores como a porosidade e a permeabilidade do subsolo, a cobertura vegetal, a inclinação do terreno e ao tipo de chuva. Quando a formação geológica do subsolo favorece o armazenamento da água devido às propriedades que apresenta, há o que se denomina Aquífero.

Rebouças (2006), afirma que a palavra Aquífero deriva do latim *aqui*, *aqua* que designa água; e *fero*, de *ferre* que significa suportar, levar.

Considerando o tipo de superfície superior, os Aquíferos podem ser classificados em confinados, aqueles que geralmente estão “presos” por duas camadas rochosas impermeáveis, e são abastecidos principalmente pelos afloramentos rochosos. E os não confinados ou livres, sendo a camada rochosa superior permeável e sua base uma camada de rocha impermeável (HEATH, 1982).

Levando em consideração a porosidade do material rochoso do Aquífero, ele pode ser classificado em três tipos: o poroso, geralmente formados por rochas sedimentares, como ocorre no Aquífero Guarani; os fraturados ou fissurados encontrados em rochas metamórficas, ígneas e sedimentares, como o Aquífero Serra Geral; e os cársticos, formados por rochas calcárias ou carbonáticas. (BORGHETTI et al, 2004).

Os Aquíferos porosos são considerados os mais importantes, pela sua capacidade de armazenamento de água e por sua grande extensão, mas assim como os Aquíferos livres, estão mais vulneráveis à contaminação e à exploração de seus recursos.

As águas que recarregam os Aquíferos podem ser doces ou salgadas, dependendo da sua proveniência: normalmente elas decorrem das chuvas, caem sobre a superfície do terreno e infiltram, mas isso não impede que as águas marinhas também abasteçam os Aquíferos.

Este processo de entrada de água salgada nos Aquíferos, segundo Heath (1982) é denominado de Intrusão Salina e ocorre geralmente em áreas onde há proximidade com os mares e oceanos. Quando há uma grande retirada de água doce através dos poços a água salgada migra em direção ao ponto de saída da

água doce. Porém as marés também podem causar tal ocorrência, uma vez que neste caso a água salgada alterna-se com a água doce, dependendo de como o mar se movimenta. Dessa maneira a utilização das águas subterrâneas pode ficar comprometida.

As águas subterrâneas são utilizadas para diversos fins, principalmente em regiões onde a disponibilidade de água na superfície é deficitária. O seu uso pode ser tanto com o aproveitamento da surgência natural dessa água, através das fontes naturais, ou mesmo retirando-a de modo artificial, com a implantação de poços.

Rebouças (2006) afirma que as águas subterrâneas compreendem cerca de 29,9% da água doce total presente na Terra. Sendo essa proporção bastante significativa, cabe ao ser humano controlar a sua poluição e contaminação.

Vale ressaltar que é importante cuidar da preservação dos poços, em questão da sua poluição, principalmente com a construção simultânea de fossas e poços em uma residência de forma errônea, porque o poço pode estar captando efluentes e os moradores consumindo essa água poluída.

Os poços desativados também são fontes de contaminação das águas subterrâneas, em sua grande maioria eles são esquecidos abertos e assim com a ocorrência de enxurradas ou alagamentos todo e qualquer tipo de substância existente nas proximidades do poço pode ser transportada para ele. (HEATH, 1982).

A contaminação dos Aquíferos está relacionada com as características litológicas e hidrogeológicas do material que o separa da fonte de contaminação. A Associação Brasileira de Águas Subterrâneas determina algumas fontes de contaminação, como as fossas sépticas, infiltração de efluentes industriais, fugas de rede de esgoto e galerias, vazamento de postos de serviços, aterros sanitários e lixões, uso indevido de fertilizantes e outros agentes químicos agrícolas.

Além deste impacto ambiental sobre os Aquíferos, podem-se destacar a superexploração de suas águas, ou seja, uma retirada de água maior do que a reposição da mesma, causando danos como a intrusão salina, já mencionada, a

indução de água contaminada<sup>2</sup> e uma subsidência do solo. (BORGHETTI et al, 2004).

#### **4.4. O SISTEMA AQUÍFERO INTEGRADO GUARANI/SERRA GERAL (SAIG/SG).**

##### **4.4.1. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS**

Constituindo um dos maiores Aquíferos do mundo, com aproximadamente 1.087.879,15km<sup>2</sup> de extensão (PROJETO SAG, 2009, p.25), o Aquífero Guarani é formado por pacotes de depósitos eólicos e de origem flúvio-lacustre do período Triássico, que correspondem no Brasil, às Formações Pirambóia e Rosário do Sul. Apresenta também depósitos eólicos do período Jurássico, os quais correspondem no Brasil, à Formação Botucatu. (REBOUÇAS, 2006).

Essas formações rochosas se encontram quase que em toda sua extensão, aproximadamente 1.000.000km<sup>2</sup>, confinadas sob as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, que constituem por sua vez um importante aquífero do tipo fraturado. Ambos são interligados por um sistema de falhas de grande porte, correspondendo ao SAIG/SG (SCHEIBE e HIRATA, 2008).

O Sistema localiza-se na Bacia Geológica do Paraná, a qual resultou de uma evolução de forma lenta e gradual desde o início do Ordoviciano até o Cretáceo (BORGHETTI et al, 2004).

As rochas vulcânicas da Bacia do Paraná conseguem reter água devido a fatores condicionantes como a permeabilidade horizontal, uma vez que é considerado um aquífero livre (apenas em casos específicos podem estar confinados), e à permeabilidade vertical, a qual depende da distribuição e dimensão das fraturas (FREITAS et al, 2003).

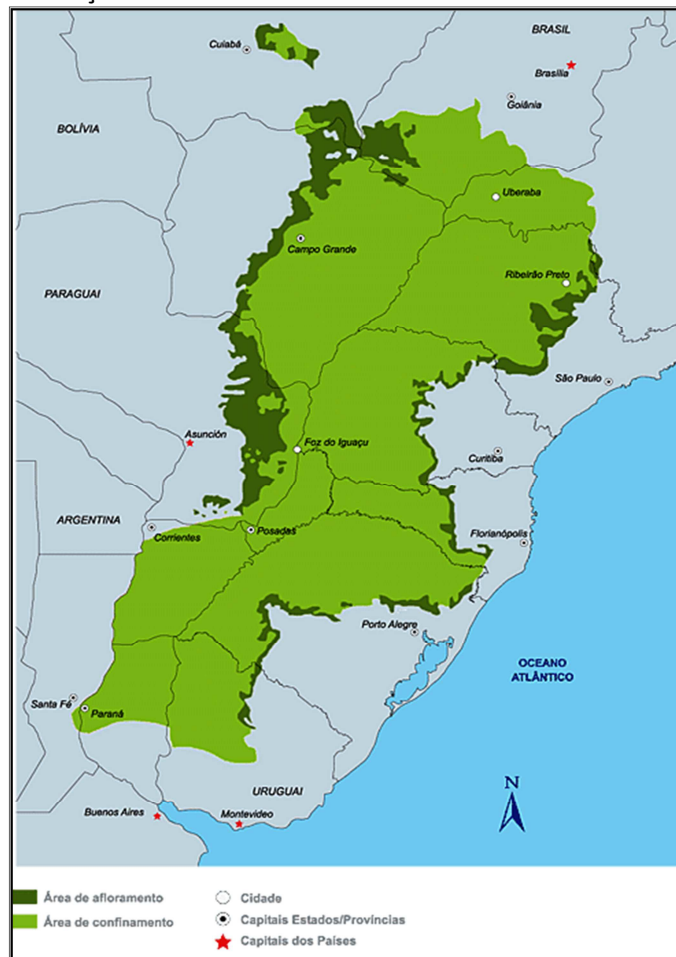
Em contrapartida, o Aquífero Guarani conserva a água através da percolação das águas pelo solo, ou pelas suas áreas de afloramento (Figura 01 – Representação das áreas de afloramento e confinamento do Aquífero Guarani). Em Santa Catarina, umas dessas áreas corresponde à Serra Geral, na qual é

---

<sup>2</sup> Cone de Rebaixamento (IRITANI & EZAKI, 2008)

considerada a rocha mais importante, por possuir alta permeabilidade, devido às suas características litológicas (FREITAS, 2003).

Figura 01 - Representação das áreas de afloramento e confinamento do Aquífero Guarani



Fonte: BORGHETTI, BORGHETTI e FILHO, 2004, p.140.

Deve-se considerar a interligação do abastecimento do Aquífero Serra Geral, resultando no abastecimento do Aquífero Guarani, uma vez que fraturas na Formação Serra Geral podem cortar a Formação Botucatu, contribuindo significativamente para a recarga daquele aquífero.

O Aquífero Guarani possui em sua extensão espessura diferentes, dependendo da ocorrência e formação durante o período deposicional, variando a valores superiores a 800 metros até zero em áreas internas da bacia. (BORGHETTI et al, 2004).

#### **4.4.2. QUALIDADE DAS ÁGUAS**

A qualidade das águas dos aquíferos está relacionada com as características do material rochoso, das condições de fluxo, variações climáticas e o tempo dos ciclos.

As análises de qualidade da água desses mananciais são realizadas pela retirada de água através de poços. Muitos dos poços construídos dentro da área do Sistema são desconhecidos, dessa maneira, torna-se o trabalho de identificação da qualidade difícil e não é possível obter-se resultados da totalidade da área ocupada pelas águas subterrâneas.

Segundo a ANA (2009), em consequência dos efluentes produzidos nas áreas urbanizadas e industriais, concentrações de ferro e manganês já foram encontradas nas águas do Aquífero Serra Geral, assim como, contaminação por cromo e outros metais pesados na localidade de Caxias do Sul, além de apresentar taxas de fluoretos acima dos limites de potabilidade. (ANA, 2005).

As águas do Sistema possuem valores de pH que variam muito, de 4,5 a 11, para as águas do Aquífero Guarani, e de 6,0 a 9,5, para as águas do Aquífero Serra Geral, mas em média chegam perto da neutralidade. (ANA, 2005).

Nesse sentido, Scheibe e Hirata (2008) destacam a importância do trabalho e análise conjunta das águas dos dois aquíferos, uma vez que um contribui para características do outro, como o fato de o pH mais alcalino do Aquífero Guarani interferir no pH das águas do Aquífero Serra Geral.

#### **4.4.3. USOS E RISCOS À CONTAMINAÇÃO.**

As águas do Sistema Aquífero Guarani sempre foram captadas e destinadas a diversos usos, mas foi apenas na década de 1950 que sua importância econômica foi reconhecida.

A partir da década de 1970, houve um aumento significativo da captação de água, e com isso avanços tecnológicos acerca da perfuração de poços profundos para o abastecimento público começaram a surgir. Isso resultou em uma exploração desordenada, em consequência da ausência de políticas governamentais (ROCHA, 1997, apud FREITAS, 2004).



Estima-se a existência de mais de 2.000 poços construídos nas bordas da bacia, onde a profundidade é menor. Nas áreas com valor de profundidade entre 500 e 1.500 metros calculam-se algumas centenas de poços instalados.

Das águas do Aquífero Guarani, no Brasil, 70% é destinada ao abastecimento doméstico, 25% ao setor industrial e 5% para outros fins, como irrigação, hidrotermalismo recreativo e terapêutico. (BORGHETTI et al, 2004). Na região Sul do Brasil, suas águas são retiradas, principalmente, nas áreas próximas da Serra Geral. Em Santa Catarina estima-se um grande aumento na exploração destinada à indústria frigorífica.

A grande retirada das águas do Aquífero Serra Geral ocorre uma vez que suas águas encontram-se mais superficiais e por constituir um aquífero livre. Em consequência apresenta-se de maneira mais acessível à utilização, sendo o abastecimento doméstico seu principal uso. (ANA, 2009).

O Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral está sujeito à contaminação de suas águas por meio de usos distintos ocorridos na superfície terrestre. É nas áreas de afloramento das rochas sedimentares, em especial o arenito, que o Aquífero Guarani possui um maior risco à contaminação, diminuindo na medida em que essa rocha se aprofunda e adquire característica de confinamento, subjacente à Formação Serra Geral. (Migliorini, 2007).

Em contrapartida, o Aquífero Serra Geral possui maior risco à contaminação nas áreas que apresentam falhas e fraturas, quanto maior a densidade de falhas maior o risco a contaminação.

As principais fontes de contaminação dessas águas subterrâneas são o esgoto doméstico, o lixo urbano, os efluentes, os insumos agrícolas (fertilizantes e agrotóxicos), os dejetos de animais e as próprias águas superficiais poluídas.

Muitos locais de recarga das águas subterrâneas do Sistema coincidem com importantes áreas agrícolas brasileiras, as quais utilizam intensamente herbicidas, fertilizantes e pesticidas. Portanto, são áreas que merecem grande destaque para monitoramento da contaminação

considerando que a contaminação das águas superficiais e, por extensão, das águas subterrâneas, está muitas vezes relacionada ao uso da terra mediante técnicas insustentáveis, torna-se necessário um melhor conhecimento das características hidrogeológicas e geofísicas dessas

áreas, visando possibilitar, num segundo momento, intervenções diretas no sentido de propor medidas mitigadoras ao uso/preservação dessas áreas. (PROJETO REDE GUARANI SERRA GERAL, 2008, p.26).

## **5. ROTEIRO METODOLÓGICO PARA O DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

### **5.1. DELIMITAÇÃO DA BACIA DO RIO CORRENTES – SC.**

A delimitação de uma Bacia Hidrográfica pode ser realizada com auxílio de uma carta topográfica, na qual se identifica um curso d'água principal, no caso do trabalho, o Rio Correntes, e a partir de seu exutório (situado na parte mais baixa do rio principal) inicia-se a delimitação da sua bacia.

Para a delimitação de bacia foi utilizada a carta topográfica do Brasil, na escala 1:100.000, produzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, no ano de 1973. Ao todo foram quatro folhas utilizadas, sendo elas: Curitibaanos, Lebon Régis, Ponte Alta e Santa Cecília.

Com as folhas da carta disponibilizadas na forma analógica pelo Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina, realizou-se delimitação preliminar, para em seguida a delimitação ser realizada na forma digital.

Para a delimitação digital da Bacia Hidrográfica do Correntes, buscou-se na base cartográfica disponível pelo sitio do IBGE<sup>3</sup> as mesmas folhas da carta, na forma digital.

Primeiramente foi executado o georreferenciamento das folhas no formato vetorial, baseado em pontos de controle escolhidos nas folhas na forma analógica. Em seguida a edição com a escolha relevante de características para todos os elementos que compõem a carta topográfica (rios, curvas de nível, textos, estradas, grade de coordenadas, edificações). Assim, foram escolhidas adequadamente cores, espessuras de linhas e tamanhos de textos. Todo o processo de edição das folhas da carta topográfica, como também a delimitação da área de estudo na forma digital foram realizadas através do programa MicroStation V8, licenciado para uso do Laboratório de Geoprocessamento.

---

<sup>3</sup> Sitio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística consultado: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).

## **5.2. LEVANTAMENTO DE DADOS E ESTUDO BIBLIOGRÁFICO SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA DO CORRENTES – SC.**

A pesquisa bibliográfica realizada objetivou a aquisição de dados e informações a respeito da área de estudo como também referências aos subsídios teóricos que serviram de base no decorrer do trabalho.

Sobre a descrição dos aspectos socioeconômicos dos municípios que possuem parte de seus territórios contidos na Bacia Hidrográfica do Correntes, a pesquisa basicamente esteve vinculada ao acesso dos sites disponíveis de cada município, e sobre os dados do IBGE do ano de 2008, também disponível para acesso à internet.

No mais, para a elaboração do trabalho procurou-se reunir e analisar trabalhos técnicos científicos, sempre com a preocupação de aquisição de dados sobre a temática discutida. Partiu-se então, para levantamentos em livros, monografias, dissertações, teses, artigos, revistas, publicados em diversas áreas: Geografia, Hidrogeologia, Biologia, Direito, Engenharia e Agronomia.

Os principais locais de consulta do material bibliográfico foram às bibliotecas da Universidade Federal de Santa Catarina, bem como laboratórios do Departamento de Geociências. Além disso, consultas à Internet também foram realizadas, para complementar o trabalho de pesquisa bibliográfica.

## **5.3. ELABORAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO.**

As folhas da carta topográfica 1:100.000 digitais, também foram utilizadas no processo de elaboração da base cartográfica para os mapas temáticos.

O mesmo planejamento aplicado para a adequação das folhas foi utilizado para a obtenção das bases, porém agora já com o limite traçado, foram considerados apenas os elementos que fazem parte dessa área de estudo.

No planejamento cartográfico, considerou-se a escala 1:200.000 para que alguns mapas elaborados fossem impressos em folha formato A3, e os demais em escala 1:365.000 para que fossem impressos em folha formato A4.

A base cartográfica foi traçada utilizando-se também o programa MicroStation V8, licenciado para uso no Laboratório de Geoprocessamento.

As folhas da carta topográfica impressas e o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina (1986), também foram materiais que auxiliaram no processo de elaboração dos mapas temáticos, servindo para consulta e comprovações de informações.

#### **5.4. PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS DE SATÉLITE.**

Para a classificação temática do uso da terra, assim como para a identificação de aspectos geológicos proposta nesse trabalho, recorreu-se à utilização de imagens dos satélites, obtidas pelo sitio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE<sup>4</sup>.

Resumidamente ao todo foram adotados três processos nessa etapa do trabalho: 1)Pré-processamento: correção geométrica (georreferenciamento); 2)Realce: manipulação de contraste; e 3)Classificação: separação e identificação dos elementos para estudo.

Imagens do satélite Landsat obtidas pelo sensor TM, foram utilizadas, referentes ao imageamento da órbita 221, faixa 079 e com resolução espacial de 30 metros. Imagens orbitais de alta resolução obtidas pelo sensor HRC do satélite CBERS 2B, também foram utilizadas para complementação de informações na identificação dos dados, a qual é referente à órbita 158e, faixa 130, imagens 3 e 4, com resolução espacial de 2,7 metros.

As imagens orbitais do satélite Landsat-5 utilizadas no decorrer do trabalho são datadas de 10 de outubro de 2008, 20 de setembro de 2009 e 02 de maio de 2010. E a imagem de alta resolução do CBERS 2B é de 13 de abril de 2009. O INPE disponibiliza para cada data de aquisição, imagens referentes a cada banda do espectro eletromagnético que os sensores conseguem captar.

Todas as etapas do processamento de imagens foram realizadas no programa IDRISI 32 versão I32.21, licenciado para a utilização no Laboratório de Geoprocessamento. Assim, no pré-processamento de imagens foi necessário,

---

<sup>4</sup> Sitio do INPE consultado: [www.dgi.inpe.br](http://www.dgi.inpe.br).

primeiramente, importar as imagens para tornar possível trabalhar no programa citado anteriormente.

As imagens orbitais são produtos que já foram previamente processados, ou seja, apresentam uma correção do sistema de coordenadas, porém essas correções referem-se exclusivamente à faixa orbital do satélite, segundo a geometria do imageamento do Landsat-5. Em consequência, quando sobreposto à base cartográfica apresenta um erro de deslocamento (VIECILI, 2005).

A partir do deslocamento identificado tornou-se necessário efetuar a correção geométrica das bandas espectrais, fazendo-se a relação entre as coordenadas da base cartográfica (x,y) e suas respectivas localizações na imagem (linhas e colunas), denominados de pontos de controle. Na metodologia adotada para a correção geométrica foram adotados 15 pontos de controle e foram aceitos erros inferiores a 12 metros no terreno.

Com as imagens corrigidas geograficamente, iniciou-se a etapa seguinte de realce. Nesse trabalho o realce foi realizado através da composição colorida de bandas no sistema RGB (Red, Green, Blue), o qual permite identificar os objetos de interesse na imagem.

A seleção das bandas para fazer as composições requer uma preocupação maior, uma vez que está diretamente relacionado à resposta espectral dos alvos. Para a composição são utilizados três bandas espectrais, as quais apresentam “percepções visuais” diversificadas, em consequência do modo como foram relacionadas aos canais de cores do sistema RGB (VIECILI, 2005).

No trabalho, as composições visavam à perspectiva de identificação dos usos da terra da região em estudo, assim, para as imagens de 2008 e 2010 do satélite Landsat-5, as bandas escolhidas para fazer a composição foram as 03, 04 e 05.

Para a classificação dos elementos utilizou-se, então, dois métodos: classificação não-supervisionada e supervisionada.

A primeira consiste em extrair da imagem as respostas espectrais dominantes, no programa IDRISI 32. No presente trabalho utilizou-se o módulo Cluster, que faz os agrupamentos dos elementos da imagem, considerando o pico do histograma da composição das três bandas espectrais. (EASTMAN, 1998).

O método de classificação supervisionada consiste no pesquisador fazer a seleção, manualmente, de uma amostra representativa de cada aspecto da área estudada. Desse modo o programa IDRISI 32, agrupará essas amostras com as assinaturas espectrais semelhantes que ele irá encontrar na imagem.

Porém, o método, assim como o anterior, requer um conhecimento por parte do pesquisador da área de estudo e a realização de visita ao campo de trabalho para que se faça a comprovação dos agrupamentos realizados, o que Eastman (1998) chama de “verdade de campo”.

Os principais elementos identificados e considerados para a classificação foram: água, área urbana, Pinus na sombra, Pinus no sol, mata nativa na sombra, mata nativa no sol, maçã na sombra, maçã no sol, trigo, cultivos diversificados, pastagem, campos de altitude e solo nu. Para em seguida agrupá-los e finalizar com o seguinte sistema de classificação: água; área urbana; reflorestamento; mata; maçã; cultivos; pastagem, gramíneas e capoeirinha; campos de altitude; e solo nu.

## **5.5. ELABORAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS.**

Para a produção do mapa de uso e cobertura da terra, foi utilizado as imagens orbitais do satélite Landsat-5, obtidas pelo sensor TM, com a passagem do satélite em 2008 e 2010. As duas imagens utilizadas são de estações distintas, o que possibilitou na identificação de todos os usos da área, através da utilização do processamento de imagens, com o auxílio das ferramentas do programa IDRISI 32.

Após esse processo realizou-se a importação da imagem para o programa MicroStation V8 para que fosse inicializado o processo de edição cartográfica.

Para a produção do mapa geológico foram utilizados: o Mapa Geológico do Estado Santa Catarina elaborado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral do ano de 1986 e imagem obtidas através do canal 04 do sensor TM/Landsat-5, da qual foram identificadas os lineamentos geológicos (falhas e fraturas).

Realizou-se, apenas da área de interesse para o estudo, a digitalização do mapa geológico impresso, utilizando o Scanner e programa Jasc Paint Shop Pro 8 disponíveis no Laboratório de Geoprocessamento. Depois desse processo,

realizou-se o georreferenciamento dessa imagem no programa Descartes, disponível e licenciado para uso do Laboratório de Geoprocessamento.

O georreferenciamento foi realizado conforme as seguintes etapas: 1) Seleção dos pontos de controle na carta impressa; 2) Transformação das coordenadas geográficas para UTM, utilizando o programa TCGeo – IBGE; 3) Localização dos pontos no programa Descartes através da digitalização das coordenadas (x,y); 5) Associação das coordenadas digitadas e as coordenadas localizadas na imagem digital.

Com a imagem georreferenciada, no programa MicroStation V8, realizou-se a vetorização dos aspectos geológicos da região. Com as imagens orbitais, no programa Idrisi 32 realizou-se uma fotointerpretação para que falhas e fraturas geológicas fossem identificadas. Depois de relacionar as duas informações, realizou-se o processo de edição.

O mapa hipsométrico foi produzido a partir das curvas de nível da carta topográfica 1:100000, com equidistância vertical de 50m. Com base nas coordenadas planas (E, N e A) de cada ponto das curvas foi produzido um MNT (Modelo Numérico do Terreno), utilizando-se o software Surfer 8 (Golden Software Inc.), que permitiu posteriormente, através do software Idrisi 32, a geração do mapa hipsométrico. Em seguida no programa MicroStation V8 foram realizadas as edições finais.

O mapa de uso e cobertura da terra associado ao relevo foi gerado a partir do cruzamento (overlay) realizado entre os mapas hipsométrico e de uso e cobertura da terra, através do software Idrisi 32. Além disso o sistema de falhas também foi incluído para melhor visualização das áreas com maior problema à contaminação na bacia em estudo.

## **5.6. COMPLEMENTAÇÃO COM ATIVIDADE EM CAMPO.**

A área de estudo apresentava-se muito complexa em relação à identificação dos seus usos. Muitos objetos distintos apresentavam a mesma reflectância, isso implicou em dúvidas para fazer sua caracterização. Em consequência, planejou-se uma visita ao campo para que esses aspectos não classificados fossem verificados.



O campo ocorreu durante o período de 15 a 18 de outubro de 2010. Para sua realização, primeiramente verificou-se os locais nas imagens de satélite que necessitavam de maior atenção, para só assim fazer o planejamento do roteiro de pesquisa a campo.

O roteiro de campo foi elaborado verificando as estradas existentes na área de estudo, com o auxílio das folhas da carta topográfica, que abrangem a área de estudo (Ponte Alta, Curitibaanos, Santa Cecília e Lebon Régis), disponíveis no Laboratório de Geoprocessamento.

Em campo, nem todos os trajetos pré-estabelecidos foram percorridos, devido às alterações das estradas ocorridas desde a elaboração das folhas da carta (1973) até hoje. Com isso muitos trajetos tiveram que ser repensados e planejados durante o próprio campo, dessa forma ao todo foram percorridos 423km de estradas.

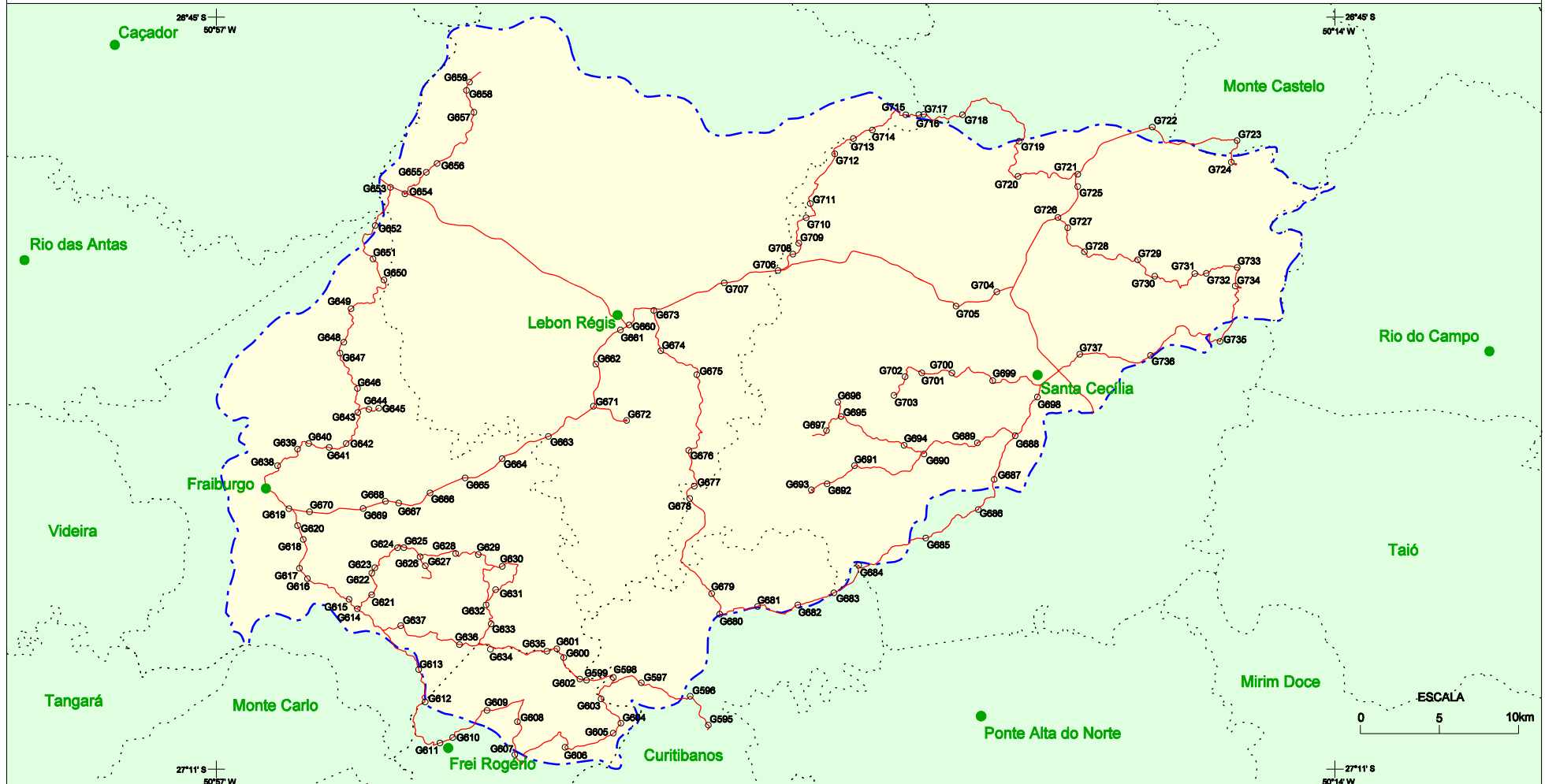
Todo o trajeto percorrido foi registrado, o qual pode ser verificado no MAPA 04 - Pontos e percursos levantados em campo no período de 15/10 a 18/10/2010, utilizando o aparelho GPS Garmin 12XL, além de utilizá-lo para a localização dos pontos que serviram de identificação do uso da terra nas imagens de satélite e o que permitiu a conclusão de sua classificação.

Com as experiências adquiridas na realização de outros campos, anteriores ao trabalho executado, foi possível conseguir proceder adequadamente para a obtenção das informações desejadas, sobre o uso e cobertura da terra. Procedimentos de observação foram realizados, sempre acompanhados de anotações sobre as paisagens observadas.

Desse modo, em todos os pontos localizados pelo aparelho, era realizada uma breve análise do local escolhido, anotando todos os detalhes e registrando o dado mais relevante através de fotografias.

Navegação utilizando as folhas da carta e o aparelho GPS Garmin, também foi realizada, pois dessa forma foi possível fazer a localização geográfica, para que fosse possível dar a orientação precisa do caminho a ser percorrido, ou mesmo, fazer o replanejamento do caminho.

## PONTOS E PERCURSOS LEVANTADOS EM CAMPO NO PERÍODO DE 15/10 A 18/10/2010



### LEGENDA

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue; font-weight: bold;">- - -</span> Limite da bacia</li> <li><span style="border-bottom: 1px dotted black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Limite municipal</li> <li><span style="color: green; font-weight: bold;">●</span> Sede de município</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 10px; height: 10px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Pontos levantados com GPS</li> <li><span style="color: red; font-weight: bold;">—</span> Rodovia Municipal</li> </ul> |
|--|--|

**ESTE MAPA É PARTE INTEGRANTES DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**  
**"MAPEAMENTO DO USO DA TERRA COM VISTAS À DETERMINAÇÃO**  
**DOS RISCOS DE CONTAMINAÇÃO**  
**DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: O CASO DA BACIA DO RIO CORRENTES - SC"**  
**UFSC/CFH/GCN, NOV/2010**  
**AUTOR: ACAD. DEBORA CRISTINA CANTADOR**

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **6.1. USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO RIO CORRENTES**

O mapeamento do uso e cobertura da terra é necessário para o conhecimento detalhado sobre a dinâmica da área em estudo, possibilitando identificar problemas ambientais como a perda de áreas naturais para a agricultura, ou mesmo para as grandes áreas de reflorestamento. Esses problemas são evidenciados em quase todas as localidades, inclusive, na área da Bacia Hidrográfica do Correntes.

O uso da terra na área de estudo apresentou-se de forma bastante diversificada, o que resultou em uma dificuldade em separá-los e classificá-los. A área da Bacia do Rio Correntes, principalmente nas proximidades dos municípios de Frei Rogério e Lebon Régis, devido às suas características próprias, possuem muitos cultivos, como o trigo, o alho, a aveia, o fumo e o milho.

Principalmente em Frei Rogério as áreas de cultivos são pequenas, constituídas basicamente por uma agricultura familiar, o que levou à dificuldade de identificação, uma vez que nas imagens orbitais verificava-se a presença de diversas assinaturas espectrais, cada qual correspondendo a um tipo de cultivo.

A identificação definitiva só foi possível, com a visita à área de estudo, o que comprovou que essas pequenas áreas distintas nas imagens correspondiam efetivamente a uma agricultura familiar.

Relacionando as imagens orbitais dos anos de 2008 e 2010, juntamente com os dados obtidos na atividade em campo, foram identificados oito usos: área urbana; reflorestamento; mata; maçã; cultivos; pastagem, gramíneas e capoeirinha; campos de altitude e solo nu.

Como para a identificação de todos os tipos de cultivos presentes nas pequenas áreas de agricultura familiar, exigiria a verificação de cada área em particular, optou-se por agrupá-las na categoria de cultivos. Mesmo porque a escala do mapeamento não permitiria uma boa visualização dessas pequenas áreas. Dessa maneira, na categoria de cultivos incluem-se os cultivos identificados em campo: trigo, pera, aveia, alho, milho, adubo verde, fumo, cebola e kiwi.

Criaram-se categorias distintas para reflorestamento e a maçã, uma vez que ocupam grandes áreas na Bacia Hidrográfica do Correntes. A maçã ocupa quase todo o entorno da cidade de Fraiburgo, e as regiões reflorestadas ocupam quase que toda a área em estudo, predominantemente na porção leste da área, nas proximidades de Santa Cecília.

No MAPA 05 - Uso e cobertura da terra na Bacia do Rio Correntes-SC, pode-se verificar a distribuição dos usos dessa área.

A área em questão apresenta-se com uma malha hidrográfica bem distribuída. Existe a construção de várias barragens, sendo duas grandes no município de Santa Cecília. Não se obteve dados referentes à qualidade das águas dos rios pertencentes à bacia, porém alguns rios apresentam águas com alto teor de argila: o Rio Mansinho, próximo à localidade de Faxinal dos Carvalhos, é um exemplo verificado (Foto 01).

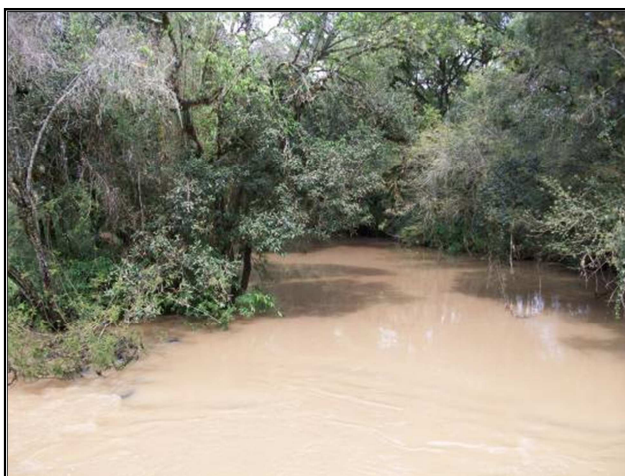
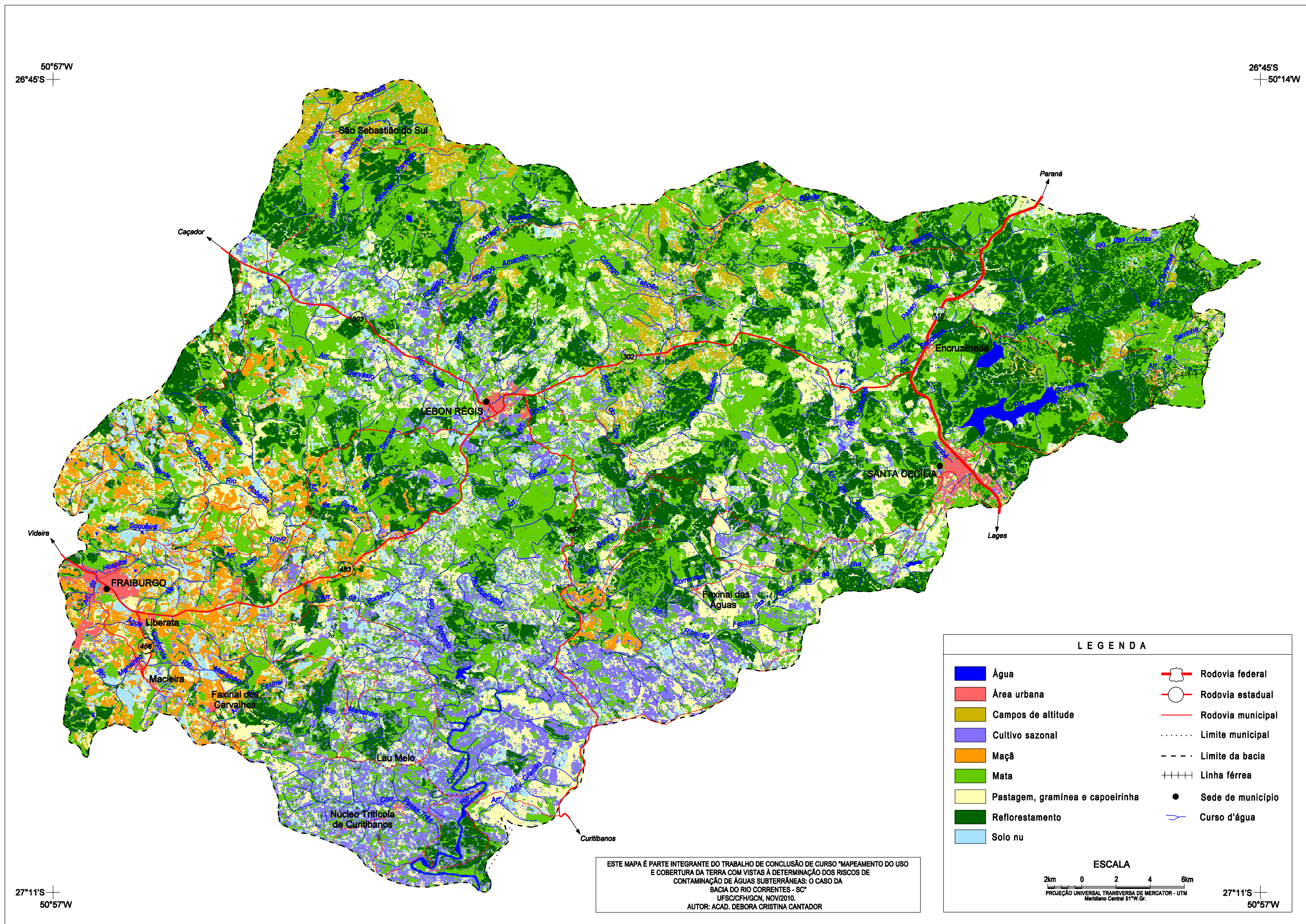



















Foto 01 - Águas com alto teor de argila do Rio Mansinho, em Fraiburgo.

Sobre o principal rio da bacia, o Rio Correntes, em alguns pontos verificou-se que suas águas apresentam-se consideravelmente límpidas (Foto 02), porém dados da Secretária do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SDM do Estado de Santa Catarina, afirmam que na confluência com o Rio Marombas, suas águas apresentam-se com um baixo grau de poluição, possivelmente decorrentes dos efluentes das indústrias papeleras, bem como dos agrotóxicos utilizados nas lavouras. Nesse ponto do Rio Correntes, ele apresentava-se com 128 metros de extensão e com uma grande faixa de matas ciliares.



LEGENDA

- |  |   |
|--|---|
|  Água                             |  Rodovia federal   |
|  Área urbana                      |  Rodovia estadual  |
|  Campos de altitude               |  Rodovia municipal |
|  Cultivo sazonal                  |  Limite municipal  |
|  Maçã                             |  Limite da bacia   |
|  Mata                             |  Linha férrea      |
|  Pastagem, gramínea e capoeirinha |  Sede de município |
|  Reflorestamento                  |  Curso d'água      |
|  Solo nu                          |   |

ESCALA



ESTE MAPA É PARTE INTEGRANTE DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO "MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA COM VISTAS À DETERMINAÇÃO DOS RISCOS DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: O CASO DA BACIA DO RIO CORRENTES - SC" UFSO/CFH/GCN, NOV/2010. AUTOR: ACAD. DEBORA CRISTINA CANTADOR

Fontes: Carta Topográfica do Brasil, Escala 1:100000, IBGE, 1973. (Folhas: Curitiba, Lebon Régis, Ponte Alta e Santa Cecília).  
Imagens obtidas pelo sensor ETM+ (canais 3, 4 e 5), registrados na passagem do satélite sobre a bacia, em 03/10/2008 e 22/08/2010.  
Levantamento em campo, outubro de 2010.

Produzido no Laboratório de Geoprocessamento do Depto. de Geociências, CFH/UFSC (out/2010)  
Digitalização e Edição: Acad. Debora Cristina Cantador



Foto 02 – Águas do Rio Correntes, antes de desaguar no Rio Marombas, em Frei Rogério.

A área urbanizada da Bacia Hidrográfica corresponde a 1.583,46ha, sendo considerados como núcleos urbanos principais, representados no MAPA 04, Fraiburgo, Lebon Régis e Santa Cecília, além de localidades dentro desses municípios: Faxinal dos Carvalhos, Macieira, Lau Melo, São Sebastião do Sul, Faxinal das Águas, Liberata e Encruzilhada.

Grandes empresas também foram classificadas na categoria de área urbana, devido à sua assinatura espectral na imagem ser a mesma que os centros urbanos, e por sua área ocupar grandes espaços.

O Mapa de Uso e Cobertura da Terra baseou-se na análise das imagens orbitais dos anos de 2008 e 2010, em consequência disso apresenta-se no mapa a malha urbana do ano de 2010, uma vez que ocorreu uma pequena expansão nesse período de tempo dos núcleos urbanos principais.

O uso predominante na Bacia do Rio Correntes é sem dúvida o reflorestamento, com extensas áreas de plantio, principalmente de *Pinus* e eucaliptos, para atender às indústrias de papel e celulose. Ao todo na bacia ocupam 35.207,82ha, correspondendo a aproximadamente 19% da área. Grande parte do valor é referente ao *Pinus*; as áreas de plantio dos eucaliptos aparecem em pequenas parcelas, algumas vezes por entre as plantações de *Pinus*.

Verifica-se a existência de grandes áreas de reflorestamento principalmente no município de Santa Cecília, devido ao solo não possuir condições adequadas para outros tipos de cultivo: como o plantio do *Pinus* não exige muitos fatores para que seja cultivado, é esta a fonte econômica mais viável no município.

As plantações de *Pinus* na área de estudo, geralmente estavam localizadas em terrenos mais íngremes, ocupando muitas vezes quase que a totalidade das encostas dos morros (Foto 03).



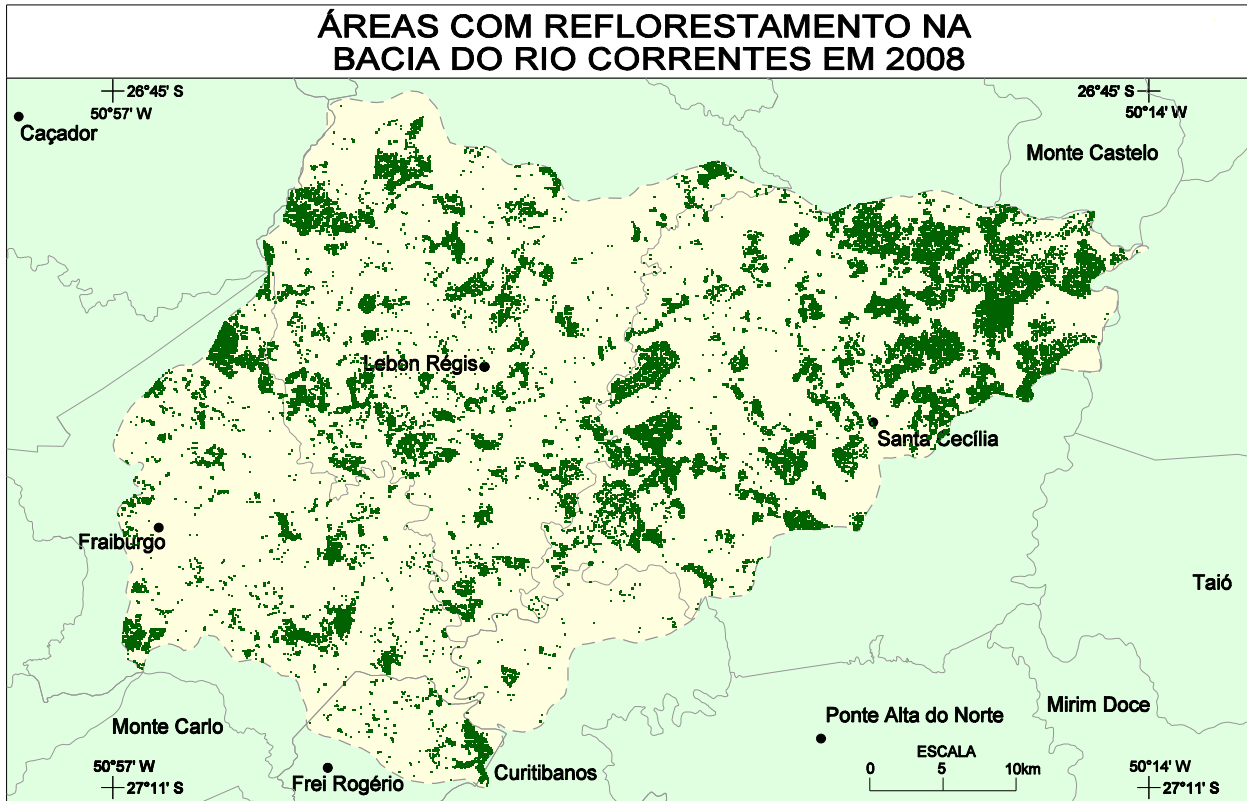
Foto 03 - Plantação de *Pinus* ocupando áreas íngremes, em Santa Cecília.

As áreas com a categoria reflorestamento apresentadas no MAPA 04, são referentes à somatória da classificação obtida através das imagens orbitais dos anos de 2008 e 2010. Uma vez que se verificou um grande aumento dessas zonas cultivadas, ou mesmo locais que estavam em 2008 com a presença de *Pinus*, atualmente já estavam derrubados. Dessa maneira optou-se por fazer a somatória para que houvesse um resultado mais próximo à realidade de todos os locais destinados ao plantio desse cultivo.

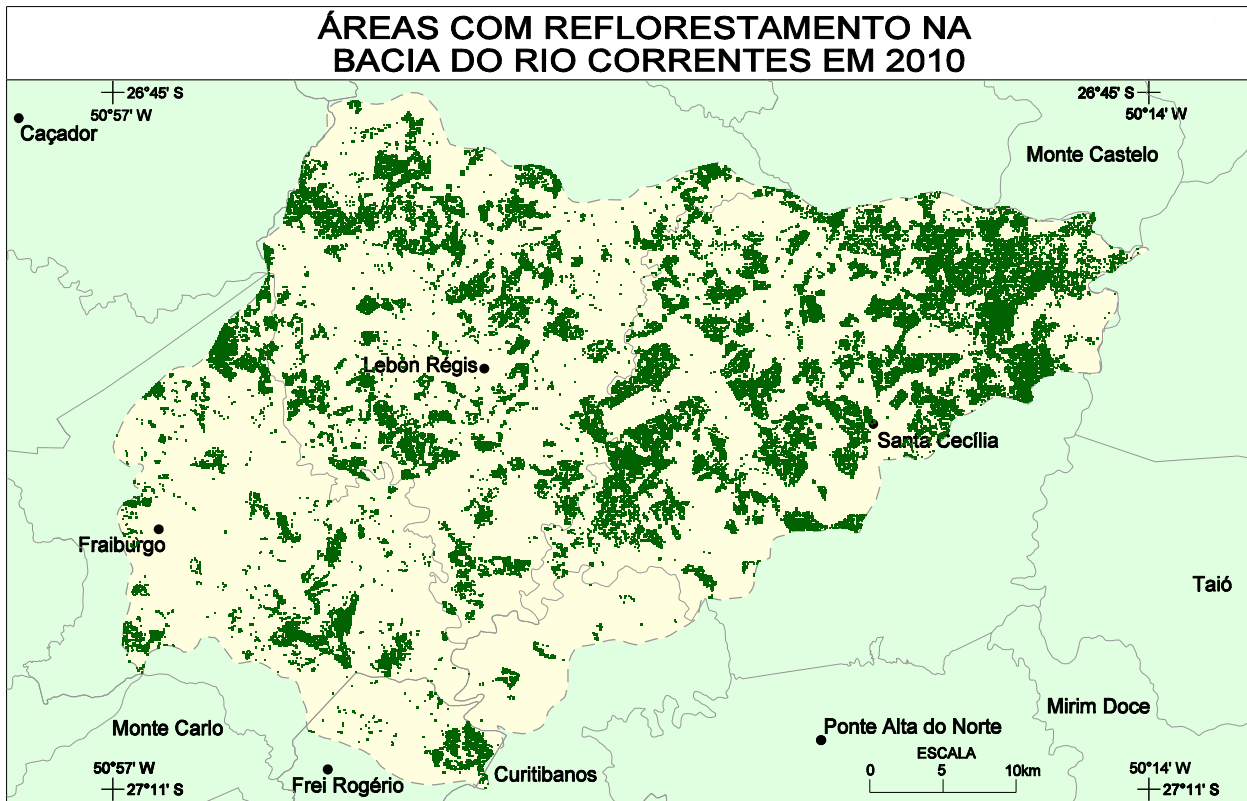
Devido à importância e às discussões existentes referentes ao cultivo de *Pinus*, ilustrou-se o aumento significativo que foi verificado na área de estudo. No MAPA 06 - Áreas de reflorestamento na Bacia do Rio Correntes em 2008 e 2010, encontra-se representado apenas esse cultivo, primeiramente no ano de 2008 abrangendo uma área de 23.208,48ha e em seguida em 2010, com uma área de 30.940,11ha. Observa-se através do MAPA 06, um aumento considerável no município de Santa Cecília, bem como no restante da bacia, ocupando áreas de matas ou mesmo dos campos de altitude.

O aumento consecutivo das grandes plantações de *Pinus* foi evidenciado com a visita a campo, pelas estradas apresentadas na carta topográfica não existirem mais, ou servirem apenas para a retirada da madeira. As estradas atualmente, em sua maioria, encontram-se fechadas dentro das grandes

### ÁREAS COM REFLORESTAMENTO NA BACIA DO RIO CORRENTES EM 2008



### ÁREAS COM REFLORESTAMENTO NA BACIA DO RIO CORRENTES EM 2010



LEGENDA	
<span style="display:inline-block; width:15px; height:10px; background-color:green; border:1px solid black;"></span> Área com reflorestamento	- - - Limite bacia
● Sede de município	— Limite Municipal

ESTE MAPA É PARTE INTEGRANTES DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO "MAPEAMENTO DO USO DA TERRA COM VISTAS À DETERMINAÇÃO DOS RISCOS DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: O CASO DA BACIA DO RIO CORRENTES - SC" UFSC/CFH/GCN, NOV/2010  
 AUTOR: ACAD. DÉBORA CRISTINA CANTADOR

Fontes: Mapa Político do Estado de Santa Catarina, Escala 1:500000, SDE/DGCE, 2000; Carta Topográfica do Brasil, Escala 1:1000000, IBGE, 1973. Mapa Produzido no LabGeop/GCN/CFH/UFSC (out/2010) Digitalização e Edição: Acad. Débora Cristina Cantador



propriedades madeireiras, o que impossibilitou a verificação de muitos locais escolhidos no planejamento anterior ao campo.

Assim como a presença constante das plantações de *Pinus*, as plantações de maçãs também apresentam importância e sobressaem como um dos usos predominantes na área de estudo, correspondendo a 8.233,56ha. Porém, diferentemente do *Pinus*, elas localizam-se em sua maioria no município de Fraiburgo, bem como em suas proximidades, uma vez que o município possui como principal atividade econômica o cultivo e produção da maçã (Foto 04).



Foto 04 - Grande plantação de maçã, no município de Fraiburgo.

Conforme informações obtidas na cidade, tendo como fonte a Associação de Produtores de Maçã de Fraiburgo, ao todo o município possui aproximadamente 10.000.000 macieiras plantadas e produz cerca de 350.000 toneladas de maçã por ano. Normalmente é entre os meses de janeiro e maio que ocorre o período de colheita da maçã. O município produz ao todo três tipos de maçãs, Gala, Golden e Fuji.

Com relação ao cultivo da maçã não foi possível quantificar com precisão a área ocupada, devido a inconsistência nas respostas espectrais desse cultivo quando comparada com áreas vizinhas a esses nas imagens obtidas pelo sensor TM a bordo do satélite Landsat. Essa categoria apresenta um dossel<sup>5</sup> vegetativo

---

<sup>5</sup> Segundo Moreira (2003) dossel vegetativo corresponde ao conjunto de todas as copas da vegetação, em determinada área, independente da espécie. O dossel é caracterizado por seus componentes, sua organização e estrutura. Dossel homogêneo é aquele que apresenta uma cobertura vegetativa de mesmo tamanho e com cobertura aproximada de 100%, em contrapartida o

heterogêneo, uma vez que apresenta baixa porcentagem de cobertura do solo, e com isso, na imagem de satélite não há áreas homogêneas de assinaturas espectrais, o que dificulta em sua separação e classificação.

Como já foi mencionado anteriormente, a área de estudo apresenta-se com uma diversidade de usos referentes aos tipos de cultivos. Muitos são plantados em pequenas propriedades para servir como fonte de renda familiar. Os cultivos com as características citadas foram classificados como cultivos, uma vez que são produzidos em determinadas épocas do ano. A categoria abrange 21.438,99 ha na área da bacia em estudo.

Dentre os distintos cultivos, há o predomínio de grandes áreas com plantio de trigo, principalmente no município de Frei Rogério, bem como algumas parcelas em Fraiburgo, Lebon Régis e Curitibaanos. (Foto 05).



Foto 05 - Grande parcela de plantação de trigo no município de Frei Rogério.

Outros cereais também são plantados na área, como a aveia e o milho, encontrados também principalmente nos municípios citados anteriormente (Foto 06).

---

heterogêneo é aquele que apresenta uma cobertura vegetal de diferentes tamanhos e não cobrem o solo completamente.



Foto 06 - Porções de terra com diversos cultivos de cereais, em Lebon Régis.

Ainda dentro da categoria de cultivos, a Bacia Hidrográfica do Correntes, apresenta outros cultivos frutíferos, o kiwi e a pera. Porém, diferentemente da maçã são pequenas as parcelas cultivadas. Na área também se verificam plantações de alho e fumo, sempre dentro de pequenas propriedades, não fugindo da característica de agricultura familiar (Figura 02).



Figura 02 - Plantações de kiwi, pera, alho e fumo, respectivamente, em Lebon Régis.

As áreas de pastagens (Foto 07) na área de estudo, apresentam-se em sua maioria no município de Lebon Régis. Mas há pequenas parcelas distribuídas

por toda a bacia. As pastagens aparecem de três formas principais no local, pastagens naturais, pastagens abandonadas e também pastagens plantadas. Ao todo elas correspondem a 17% considerando a área total da Bacia Hidrográfica do Correntes.

As pastagens naturais são caracterizadas pela presença de uma vegetação de gramíneas, nas quais pode ocorrer a presença de árvores de pequeno porte. Nas pastagens plantadas, essa vegetação é introduzida por atividade humana, e a diferença é percebida pela coloração da vegetação, sendo que na plantada o tom de verde é mais forte, aspecto de gramas plantadas em parques e jardins, em contrapartida as naturais possuem um tom de verde mais fosco.

Em algumas áreas de pastagem abandonada, geralmente verifica-se a presença de uma vegetação com um porte maior que as gramíneas, chamadas de capoeirinha ou capoeira. Isso ocorre, pois nessas pastagens a atividade pecuária não mais existe dessa forma o ambiente começa a criar possibilidades de crescimento de espécimes diferenciadas.



Foto 07 - Paisagem característica de pastagem natural, em Santa Cecilia.

Nas áreas mais elevadas da Bacia Hidrográfica do Correntes, com altitudes em média de 1200 metros, campos de altitude são encontrados. Apresentam-se com uma vegetação rasteira, pode haver árvores esparsas e geralmente há ocorrência de rochas expostas (Foto 08).

A maior parte dos campos de altitude encontra-se no município de Lebon Régis, e pequenas parcelas em Santa Cecilia. No MAPA 04, apresentam-se os atuais campos de altitude existentes, ou seja, correspondem aos dados obtidos pelas

imagens orbitais do ano de 2010, o que equivale a 5.207,13m<sup>2</sup>. Em 2008 as parcelas eram maiores, porém com a expansão das áreas de reflorestamento elas estão deixando de existir, uma vez que essas regiões não são propícias a outros tipos de cultivos, devido à camada de solo apresentada não ser espessa.



Foto 08 - Paisagem característica de campos de altitude, em Lebon Régis.

Apesar da existência de grandes áreas destinadas a agricultura e ao reflorestamento na Bacia Hidrográfica do Correntes, porções de mata aparecem por toda a área de estudo, equivalente a 65.779,65ha. A vegetação presente é característica da Floresta Ombrófila Mista, conhecida também como Mata de Araucária.

Em grandes áreas da bacia, a mata dificilmente aparece sozinha, sempre em seu entorno, ou mesmo por entre ela, encontram-se árvores do reflorestamento, principalmente o *Pinus*. Muitas áreas de matas estão perdendo espaço, justamente pela disputa por iluminação ou mesmo nutrientes do solo, existente entre o *Pinus* e a Mata de Araucária (Foto 09).



Foto 09 - Floresta Ombrófila Mista dividindo espaço com *Pinus*, em Santa Cecilia.

As áreas de reflorestamento apenas não aparecem em zonas úmidas da Bacia do Rio Correntes, e em zonas de Savana da Floresta Ombrófila Mista, presente no contato do campo nativo com a Mata de Araucária (SANTA CATARINA, 1986). Caracteriza-se por uma vegetação tipo “parque”, ou seja, árvores rodeadas por ervas e arbustos (Foto 10).



Foto 10 - Paisagem de Savana de Floresta Ombrófila Mista, em Lebon Régis.

## **6.2. USOS E SUAS INFLUÊNCIAS NA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.**

A preservação da qualidade das águas subterrâneas deve merecer destaque nos estudos ambientais, uma vez que essas águas representam mananciais com elevada capacidade para atender às diferentes necessidades do homem.

Porém essa boa qualidade dos aquíferos, pode ser prejudicada em decorrência de atividades humanas que contaminam as águas superficiais, e em consequência as águas subterrâneas.

A contaminação está condicionada à litologia apresentada: aquíferos confinados são menos suscetíveis à contaminação do que os aquíferos porosos e não confinados, mas eles não estão livres desse processo, uma vez que a presença de falhas e fraturas eleva o seu grau de contaminação.

As águas subterrâneas na Bacia do Rio Correntes, estão em sua maior parte sob confinamento de rochas basálticas, o que diminui a ocorrência do abastecimento do Aquífero Guarani por águas contaminadas, mas em oposição essas águas abastecem diretamente o Aquífero Serra Geral.

Conforme apresentado no MAPA 07 - Aspectos geológicos da Bacia do Rio Correntes-SC, a área da bacia em sua totalidade é constituída por rochas basálticas da Formação Serra Geral, apenas em uma pequena faixa a nordeste da área observa-se características litológicas da Formação Botucatu e Formação Rio do Rasto. A maioria dos lineamentos apresentados constituem falhas com direção NE-SW, característica do maior e mais significativo sistema de falhas considerando toda a Formação Serra Geral do Estado de Santa Catarina.

Muitas são as atividades humanas que contribuem para uma significativa contaminação das águas subterrâneas. No caso da área em estudo, as principais atividades que se enquadram na categoria de atividades propícias a produzir contaminantes são: as áreas urbanizadas, as atividades industriais (em especial as de madeira e papel) e as áreas agrícolas.

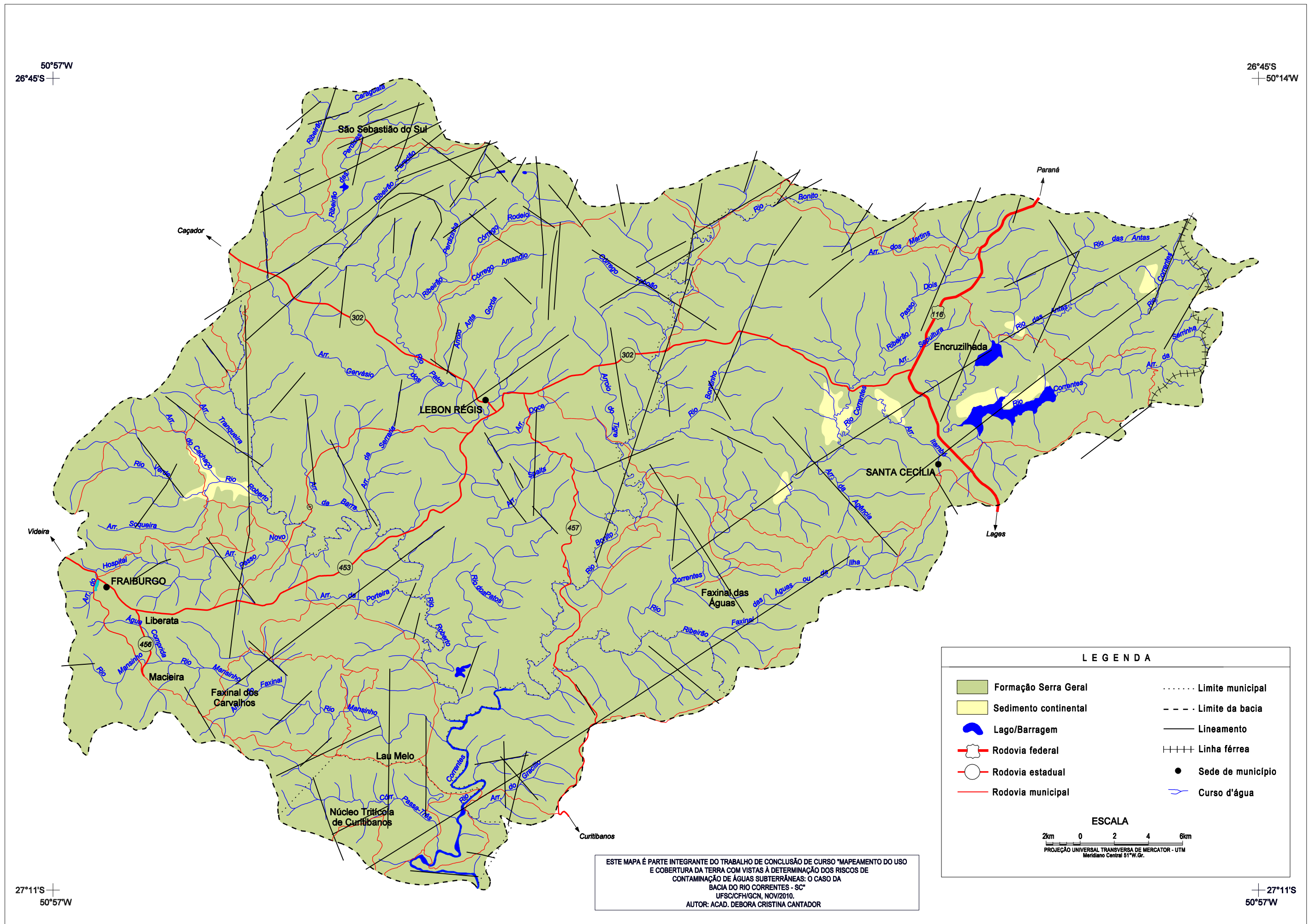
Foster et al (2006) apresentam as principais origens de poluição e seus respectivos contaminantes das águas subterrâneas, conforme apresentado na Tabela 04 - Contaminantes das águas subterrâneas e fontes de contaminação.

Tabela 04 - Contaminantes das águas subterrâneas e fontes de contaminação.

<b>Origem de poluição</b>	<b>Tipo de contaminante</b>
<b>Atividade agrícola</b>	Nitrato, amônio, pesticidas e organismos fecais
<b>Indústria de madeira</b>	Pentaclorofenol, hidrocarbonetos halogenados e aromáticos.
<b>Garagens e postos de serviço</b>	Hidrocarbonetos aromáticos e halogenados, benzeno e fenóis.
<b>Despejo de lodo do esgoto</b>	Nitrato amônio, hidrocarbonetos halogenados, chumbo e zinco.
<b>Disposição de resíduos sólidos</b>	Amônio, salinidade, hidrocarbonetos halogenados, metais pesados.

Fonte: Foster et al, 2006.

Entretanto, para avaliar de forma precisa os riscos de contaminação das águas subterrâneas, devem ser consideradas também as características naturais dos estratos que separam a superfície do solo até o aquífero, e a quantidade da carga contaminante eliminada no meio. Dessa forma, segundo Foster et al (2006), mesmo verificando-se um alto valor para a vulnerabilidade, é possível, encontrar-se





um baixo risco de poluição, ou vice-e-versa, em função da litologia e das características do solo.

Existem diversos métodos para determinar taxa de vulnerabilidade de um aquífero, desenvolvidos e aplicados em diversos países. Nanni *et al* (2007) discutem resumidamente alguns dos principais métodos, sendo eles: o método francês (1979), o método inglês (1983), o método português (1989), o método Foster (1987) e Foster e Hirata (1993). Cada método utiliza parâmetros que deverão ser analisados de forma diferenciada e comparados entre si para obter-se o valor da vulnerabilidade.

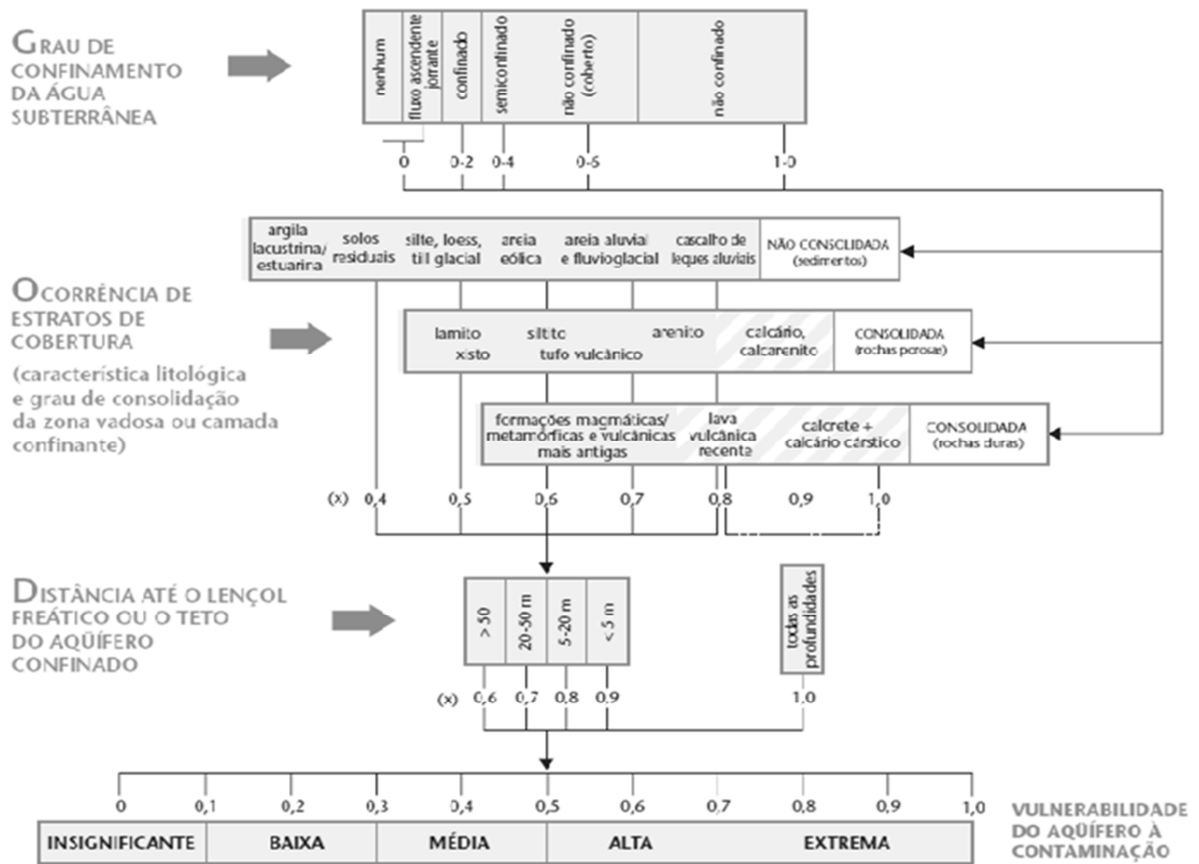
A metodologia apresentada por Foster *et al* (2006), é a mais utilizada por toda a América Latina, chama-se Sistema GOD, no qual calcula-se o índice de vulnerabilidade utilizando três parâmetros: o confinamento das águas subterrâneas; os estratos da cobertura; e a profundidade até o aquífero.

O método GOD, propõe três estágios específicos, que seriam a identificação, a especificação e a estimativa dos parâmetros apresentados anteriormente. Dessa forma, para cada estágio, cada parâmetro é associado a um valor numérico que varia dentro de uma escala determinada:

- Tipo de confinamento: 0,0-1,0;
- Estrato da cobertura: 0,4-1,0;
- Profundidade das águas subterrâneas: 0,6-1,0.

O resultado final do índice de vulnerabilidade é determinado pelo produto dos três valores citados anteriormente (Figura 03 - Esquema do método GOD.).

Figura 03 - Esquema do método GOD.



Fonte: Foster et al, 2006.

Não foi possível aplicar esse método na área de estudo, uma vez que não havia dados suficientes para suprir todos os parâmetros necessários. Houve a ausência de informações sobre a profundidade até o aquífero, sendo que os dados apresentados da profundidade dos poços cadastrados pela CPRM não correspondem a real distância até o lençol subterrâneo. Porém as falhas e fraturas identificadas na área de estudo são feições a serem consideradas, uma vez que elas permitem a infiltração de águas contaminadas.

A bacia apresenta taxas de poluição, devido às áreas urbanizadas, às grandes áreas destinadas ao cultivo intensivo do plantio de *Pinus* e eucalipto, que fornecem matéria-prima para as indústrias papeleiras, bem como as lavouras de maçã e outros cultivos, que utilizam intensamente agrotóxicos.

Para as áreas de reflorestamento, não foram encontradas informações precisas sobre os riscos que o plantio em si contribui de forma direta para a

contaminação das águas superficiais ou mesmo as subterrâneas. Contudo são áreas destinadas a fornecer matéria prima para as indústrias de papel e celulose, e as indústrias nessa categoria, com a emissão de seus efluentes, são grandes poluidoras dos recursos hídricos.

Segundo Paiva (2004), essas indústrias durante todo o processo de produção de papel utilizam métodos que necessitam de muitos compostos químicos em todas as etapas da produção. Os poluentes das indústrias de papel e celulose são conhecidos como POPs – Poluentes Orgânicos Persistentes, uma vez que causam desordem na natureza por manter-se por longos períodos no meio ambiente.

Na Bacia do Rio Correntes, constatou-se a existência de três empresas com trabalhos relacionados ao beneficiamento de madeira e produção de celulose e papel. Essas localizam-se nos municípios de Fraiburgo, Lebon Régis e na localidade de Faxinal das Águas. Duas delas estão estabelecidas ao lado do Rio Correntes, são as que correspondem ao município de Lebon Régis e a localidade de Faxinal das Águas. A última destina suas atividades apenas à reciclagem de papelão e serraria.

As lavouras de maçã utilizam muitos insumos agrícolas (fertilizantes e agrotóxicos) para que o cultivo de maçãs não sofra com pragas e doenças, e assim possa obter melhor qualidade do produto em quantidade significativa.

Porém o uso desenfreado dos produtos tóxicos causam grandes problemas ambientais, como para a saúde humana. São produtos compostos por componentes químicos à base de ácido fosfórico, carbonatos, compostos sintéticos, ou mesmo cloro. (FERREIRA et al, 2006).

Contudo o uso de insumos agrícolas não se restringe apenas ao cultivo da maçã, que ocupa uma área considerável na Bacia do Rio Correntes. Atualmente em quase todas as áreas de plantio utiliza-se alguma quantidade de fertilizantes e/ou agrotóxicos, e na categoria cultivos, a utilização dos insumos também ocorre, fato esse que aumenta os riscos de poluição das águas subterrâneas da área de estudo.

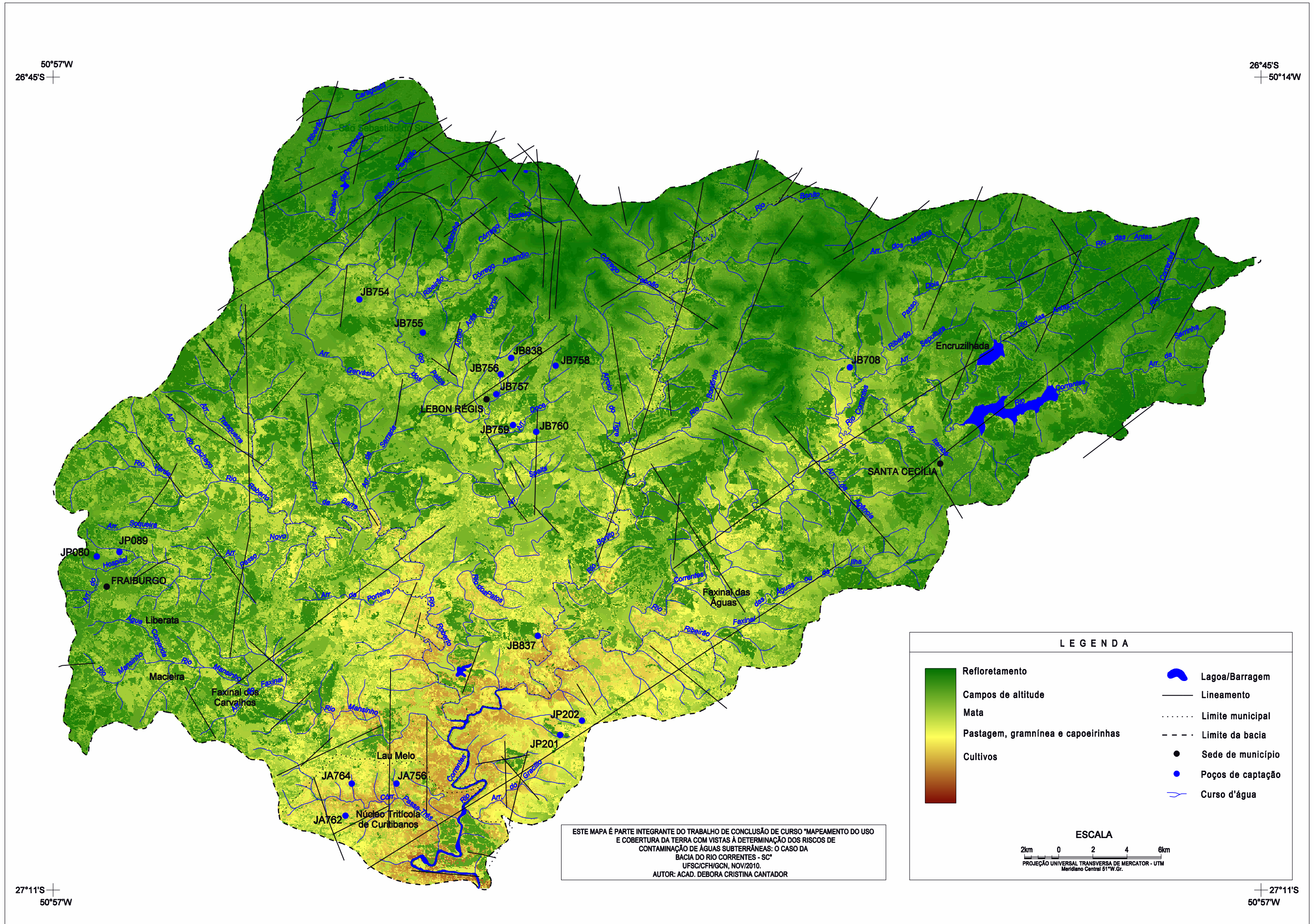
No MAPA 08 - Uso e cobertura da terra associado ao relevo da Bacia do Rio Correntes-SC, observa-se a distribuição espacial das diferentes atividades anteriormente citadas e relacionadas com o relevo da bacia hidrográfica, uma vez

que ele destaca as áreas mais susceptíveis à contaminação e quais são os usos presentes nessas áreas.

A intensa utilização da planície aluvial para a prática do cultivo, em pequena e média escala, principalmente de maçã, fumo e milho, com a intensa aplicação de pesticidas e insumos químicos que são carregados para o leito do rio Correntes, atingem diretamente o sistema de falhas localizado na parte sul da bacia hidrográfica, por onde as águas superficiais levarão esses elementos contaminadores ao aquífero mais próximo da superfície, o Serra Geral.

Observa-se ainda nesse mapa, que as pequenas e médias propriedades agrícolas, no conjunto, ocupam uma considerável área da planície aluvial da bacia, constituindo então um forte elemento com potencial para contaminação direta das águas superficiais e subterrâneas da bacia em estudo.

No segundo compartimento da bacia, no médio curso do rio Correntes, predominam as áreas de reflorestamento e as pastagens (naturais e plantadas), e no terceiro compartimento, encontram-se as áreas de mata nativa e os campos de altitude.



Fontes: Carta Topográfica do Brasil, Escala 1:400000, IBGE, 1973. (Folhas: Curitibaanos, Lebon Régis, Ponte Alta e Santa Cecília).  
Imagens obtidas pelo sensor ETM+ (canais 3,4 e 5), registrados na passagem do satélite sobre a bacia, em 03/10/2008 e 22/08/2010.  
Levantamento em campo, outubro de 2010.  
Sítio CPRM - SIAGAS (Sistema de Informação de Águas Subterrâneas)

Produzido no Laboratório de Geoprocessamento do Depto. de Geociências, CFH/UFSC (out/2010)  
Digitalização e Edição: Acad. Débora Cristina Cantador

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Decisões ligadas aos aspectos ambientais devem ser tomadas com base em um estudo detalhado e preciso. Quando o aspecto ambiental analisado está relacionado aos recursos hídricos, exige que a atenção seja especial, uma vez que é considerado o recurso mais necessário aos seres humanos e demais seres vivos.

Como os recursos hídricos estão distribuídos em diversas formas e condicionados a distintos meios, cada qual possui sua característica própria e está sujeito a determinada influência acerca das atividades humanas.

As águas confinadas sob a superfície terrestre, muitas vezes não estão ligadas diretamente a essas influências, porém sofrem da mesma forma que os outros reservatórios, uma vez que todos os recursos hídricos estão interligados, na medida em que contribuem para a dinâmica de um complexo sistema hidrológico.

Os Aquíferos Serra Geral e Guarani devem ser um dos principais objetos de estudo e análise sobre questões ambientais. Porém, com suas complexidades e heterogeneidade de características, a obtenção de informações se torna difícil. Assim, quando é necessário realizar decisões que visam o uso/preservação, não há dados exatos e muitas vezes podem resultar em determinação de ações irregulares ou mesmo ineficientes.

As águas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral, são exploradas como fonte de abastecimento para diversas finalidades, destinadas ao consumo humano e animal, às indústrias e às atividades agropecuárias. E, verificada assim sua importância, suas águas devem ser preservadas e usadas de forma consciente, para que ela possa ser considerada ainda como um importante reservatório de água com qualidade.

É com esse objetivo que os estudos realizados podem contribuir para a preservação do reservatório de água subterrânea. A partir do momento em que as atividades humanas estão influenciando cada vez mais a contaminação dos rios superficiais e conseqüentemente prejudicando as águas subterrâneas, cabe uma análise do planejamento coerente dos usos realizados para amenizar os eventuais problemas resultantes.

Muitas atividades são inseridas em locais inapropriados, como as áreas agrícolas de monoculturas, que usam agrotóxicos para o controle de doenças e

pragas, localizadas sobre áreas de afloramento da Formação Botucatu, ou mesmo sobre falhas da Formação Serra Geral. Essa prática exige que análises da vulnerabilidade e risco à contaminação, bem como a quantidade de carga contaminante ao aquífero sejam avaliadas, objetivando-se uma ação adequada para amenizar o problema.

As atividades industriais e as áreas urbanas, também são importantes na contaminação das águas superficiais, através dos efluentes produzidos. Dessa maneira estudos para atenuar o problema, ou mesmo a realização de tratamento adequado seria uma maneira eficaz de amenizar a contaminação. Uma vez que tentar eliminar a descarga dos efluentes exige altos recursos financeiros, e muitas vezes são inúteis, cabendo apenas avaliar e controlar para que sua emissão seja adequada e que não tenha alto teor de contaminação e prejuízo para o meio ambiente.

Os estudos de análises sobre questões ambientais, não devem ser realizados apenas para as atividades já inseridas no meio, aquelas que possuem um projeto de implantação também devem passar por análises ambientais, verificando os impactos que poderão acarretar em sua execução, não somente em superfície, mas principalmente análises geológicas, na identificação de elementos que possam causar danos às águas subterrâneas.

As instalações de poços residenciais para a captação das águas subterrâneas, realizados de forma consciente em locais adequados, amenizariam o problema de exploração do recurso de forma excessiva. Além de que com a má instalação pode também prejudicar a saúde humana, um exemplo é a instalação próxima a fossas sépticas, assim os poços podem captar substâncias poluentes devido à proximidade existente.

Porém a população, muitas vezes, não possui instrução adequada sobre como se deve realizar a implantação dos poços de captação. Dessa forma seria necessário realizar trabalhos e oficinas de capacitação social a respeito das águas subterrâneas, além de instruir sobre a importância do cadastro dos poços perfurados, uma vez que esse cadastro permite disponibilizar maiores informações sobre os sistemas aquíferos.

Falta conhecimento a todos sobre a importância das águas subterrâneas, uma vez que elas não se encontram visíveis, dessa maneira sua contaminação também se apresenta escondida.

Não somente as águas subterrâneas, como todos os reservatórios de água deveriam ser abordados, estudados e divulgados à população sobre sua preservação e a importância de se realizar um cuidado para esse bem natural.

Atualmente já ocorre uma maior preocupação com os recursos hídricos, em relação a décadas atrás, uma vez que está ocorrendo a diminuição das reservas de água doce e potável na Terra. Desse modo crises em relação à água surgem, como apresenta Barlow (2009), em relação à desigual distribuição e principalmente sobre o controle que as grandes corporações possuem em relação à água.

Desse modo, é preciso que toda a população possua conhecimento e conscientização para que saiba preservar e usufruir dos recursos hídricos de forma coerente, ou então conflitos pela água irão sempre ocorrer, entre todas as classes sociais ou mesmo etnias, como afirma Barlow (2009, p. 147)

A menos que mudemos coletivamente nosso comportamento, estamos nos dirigindo a um mundo de intensificação de conflitos e potencial de guerras pelos minguados suprimentos de água doce – entre nações, entre ricos e pobres, entre o interesse público e o privado, entre habitantes rurais e urbanos e entre as necessidades concorrentes do mundo natural e as dos seres humanos. (BARLOW, 2009. p.147)



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas do Brasil. Equipe Técnica José Luiz Gomes Zoby e Fernando Roberto de Oliveira. Brasília - Distrito Federal, maio, 2005. Disponível em: <http://www.remas.ufsc.br/programas/ENS5115/QualidadeAguasSubterraneas.pdf>. Acesso em: Set. 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Projeto Sistema Aquífero Guarani – Símbolo da União de Quatro Países. Janeiro, 2009. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20100223172711\\_PEA\\_GUARANI\\_Port\\_Esp.pdf](http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20100223172711_PEA_GUARANI_Port_Esp.pdf)>. Acesso em: Set. 2010.

BARLOW, Maude. Água Pacto Azul: a crise global da água e a batalha pelo controle da água potável no mundo. São Paulo: Ed. M.Books, 2009. 200p.

BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, Ernani Francisco da. Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do MERCOSUL. Curitiba: Ed. dos Autores, 2004. 214p.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1999. 412p.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Monitoramento por Satélite. Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2009. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 10 de outubro. 2009.

CAMÂRA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel; DAVIS, Clodoveu. Geoprocessamento: Teorias e Aplicações. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>>. Acesso em: 10 Abr. 2010.

CAMPANILI, Maura & PROCHONOW, Mirian (orgs). Mata Atlântica – Uma Rede pela floresta, Brasília : RMA, 2006.

CURITIBANOS. Características do município. Disponível em: <[www.curitibanos.sc.gov.br/](http://www.curitibanos.sc.gov.br/)>. Acesso em: Out. 2009.

DUARTE, Geresa M. Recursos Hídricos: disciplina, março – junho 2009. Notas de aula. Mimeografado.

DUARTE, Paulo Araujo. Fundamentos de cartografia. 3. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2006. 208p.

EASTMAN, J. R. IDRISI for Windows: Introdução e Exercícios tutoriais. J. Ronald Eastman. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS Centro de Recursos Idrisi, 1998. 240p.

EHLERS, Manfred. Sensoriamento Remoto para Usuários de SIG – Sistemas Sensores e Métodos: entre as Exigências do Usuário e a Realidade. (In) Sensoriamento Remoto e SIG Avançados. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 19-38 p.

FERREIRA, Antônio José et al . Seletividade de inseticidas usados na cultura da macieira a duas populações de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). Cienc. Rural, Santa Maria, v. 36, n. 2, abr. 2006 . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782006000200004&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000200004&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: Nov. 2010.

FITZ, Paulo Roberto; SOUZA, Francisco C. B. de Souza. Geração de critérios para o processo decisório na aplicação das técnicas de geoprocessamento. (In) Revista Geosul, v.22, n.44. Florianópolis, jul/dez. 2007. p.95-116.

FOSTER, Stephen; HIRATA, Ricardo; GOMES, Daniel; D'ELIA, Monica; PARIS, Marta. Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. São Paulo: SERVIMAR, 2006. 114 p.

FRAIBURGO. Características do município. Disponível em: <<http://www.fraiburgo.sc.gov.br/site/index.htm>>. Acesso em: Out. 2009.

FREI ROGÉRIO. Características do município. Disponível em: <<http://www.freirogerio.sc.gov.br/home/index.php?>>. Acesso em: Out. 2009.

FREITAS, Fabiana Paschoal de. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Programa de Pós-Graduação em Direito. Aquífero Guarani: usos e projetos : uma abordagem jurídico-ambiental e internacional. Florianópolis, 2004. 208 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Jurídicas. Programa de Pós-Graduação em Direito.

FREITAS, M.A. (org.) PROESC: Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina – Projeto Oeste de Santa Catarina / Organizado por Marcos <sup>a</sup> de Freitas; Bráulio R. Caye; José L. F. Machado. Porto Alegre: CPRM/SDM-SC/SDA-SC/EPAGRI. 2003.

HEATH, Ralph C. Hidrologia básica de água subterrânea. [Porto Alegre]: UFRGS, [1982]. 84p. (Geological Seurvey Water-supply paper ;2220 ). Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/teses/braga/cap3/cap3.htm>>. Acesso em: 04 de Set de 2010.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: Out. 2009.

IBGE. Produção da Extração Vegetal e Silvicultura. 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: Out. 2009.

IBGE. Produção da Pecuária Municipal. 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: Out. 2009.

KOBIYAMA, Masato; MOTA, Aline de Almeida; CORSEUIL, Cláudia Weber. Recursos Hídricos e Saneamento. 1. Ed. Curitiba: Organic Trading, 2008. 163p.

LEBON RÉGIS. Características do município. Disponível em: <<http://www.lebonregis.sc.gov.br/home/index.php?>>. Acesso em: Out. 2009.

LEPSCH, I. F. (Igo Fernando). . Formação e conservação dos solos. São Paulo (SP): Oficina de Textos, 2002. 178p.

MIGLIORINI, Renato Blat. O Aquífero Guarani. (In) Aquífero Guarani. 1.ed. Cuiabá: Entrelinhas, 2007. Disponível em: <<http://www.arparoo.org/documents/aquifoguarani.pdf>>. Acesso em: 03 de novembro. 2009.

MONTEIRO, César Luís Soares. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Proposta de classificação do uso e da cobertura da terra e sua representação cartográfica na escala 1:10.000. Florianópolis, 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

MORAES, Elisabete Caria de. Fundamentos de Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, 2002.

MOREIRA, Maurício Alves. Fundamento do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação. 2.ed. Viçosa: UFV, 2003. 307 p.

NANNI, Arthur Schmidt; TEDESCO, Marcos Antonio; FREITAS, Marcos Alexandre; BINOTTO, Raquel Barros. Vulnerabilidade natural e risco de contaminação do aquífero Serra Geral pela suinocultura na Região das Missões – RS. INPE, 2007. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/arquivos\\_publicacoes/xvi\\_sbrh.pdf](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/arquivos_publicacoes/xvi_sbrh.pdf)>. Acesso em: Nov. 2010.

NASCIMENTO, Kyara N. F. do. Geoprocessamento Aplicado ao Planejamento da Distribuição de Gás Natural. Monografia. Centro de Ensino Tecnológico Federal da Paraíba. Curso de Tecnologia em Geoprocessamento. João Pessoa, 2006. Disponível em: <[http://www.geoprocessamento.cefetpb.edu.br/monografias/Kiara\\_Nascimento.pdf](http://www.geoprocessamento.cefetpb.edu.br/monografias/Kiara_Nascimento.pdf)>. Acesso em: 04 Set. 2010.

NIMER, Edmon. IBGE Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN, 1979. 421p. (Recursos naturais e meio ambiente; 4).

NOVO, Evlyn M.L. de Moraes. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 3.ed. São José dos Campos: Edgar Blücher, 2008. 308 p.

PAIVA, Anabelle Barroso de. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Avaliação de risco ambiental utilizando parâmetros físico-químicos e biológicos no Rio Canoas/SC. Florianópolis, 2004. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

PAULINO, Luiz Antônio; PHILIPS, Jurgen Wilhelm. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Centro Tecnológico. . Construção do mapa base para sistemas de informações geográficas: uma proposta baseada no levantamento das necessidades de usuários de informações cartográficas sediados em Florianópolis,

SC. Florianópolis, SC, 2000. xvii [145]f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.

PRADO, Helio do. Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento. 2. ed., rev., ampl. Piracicaba: Ed. do Autor, 2001. 220p.

PROJETO SAG. Projeto para a Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani. Síntese Hidrogeológica do Sistema Aquífero Guarani, Montevideu, Projeto SAG, 2009, p. 25.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Água doce no mundo e no Brasil. (In) REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, Jose Galizia. Águas doces no Brasil. 3. Ed. Rev. e ampl. São Paulo: Escrituras, 2006. 1-35 p.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Águas Subterrâneas. (In) REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, Jose Galizia. Águas doces no Brasil. 3. Ed. Rev. e ampl. São Paulo: Escrituras, 2006. 111-144 p.

RIGON, Ana Lia dos Santos. O Retrato da Economia Curitibanense no final do Século XX: Uma Retrospectiva da Economia Curitibanense dos Anos 50 até os Anos 90, 2003. Disponível em: <[http://201.67.253.66/www.curitibanos.sc.gov.br/index.php?janela=cid\\_economia/index.htm](http://201.67.253.66/www.curitibanos.sc.gov.br/index.php?janela=cid_economia/index.htm)>. Acesso em: 20 jul. 2009.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Atlas de Santa Catarina. Florianópolis: GAPLAN/SUEGI; [Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro], 1986. 173p.: il., mapas.

SANTA CATARINA. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Mapa de solos unidade de planejamento regional meio oeste catarinense UPR2. Florianópolis, 2002. Disponível em: <<http://home.furb.br/tfenilli/materiais/solos/2.pdf>>. Acesso em: Jul.2010.

SANTA CATARINA. Leis, decretos, etc. Lei Estadual nº 9.478 – Política Estadual de Recursos Hídricos. Florianópolis, 1994.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina: diagnóstico geral. Florianópolis, SC: Instituto CEPA/SC, 1997.

SANTA CECÍLIA. Características do município. Disponível em: <<http://www.santacecilia.sc.gov.br/home/index.php?>>. Acesso em: Out. 2009.

SCHEIBE, L. F. et al - Projeto Rede Aquífero Guarani – Serra Geral. UFSC. LAAM. LABGEOP, 2007.

SCHEIBE, Luiz Fernando; HIRATA, Ricardo César Aoki. 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.

SILVA, Ardemirio de Barros. Sistemas de Informações Geo-referenciadas: Conceitos e fundamentos. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1999. 235 p.

SIMONASSI, José Carlos. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Caracterização da Lagoa do Peri, através da análise de parâmetros físico-químicos e biológicos, como subsídio ao gerenciamento dos recursos hídricos da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. Florianópolis, 2001. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

VALENTE, José Pedro Serra; PADILHA, Pedro Magalhães e SILVA, Assunta Maria Marques. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. *Eclét. Quím.* [online]. 1997, vol.22, pp. 49-66.

VIECILI, Fábio Luis. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento temático do uso e cobertura do solo na bacia do Caeté, município de Alfredo Wagner, SC. Florianópolis, SC, 2005. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.