

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS SÃO GABRIEL
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
VACACAÍ NA MONTANTE DO PONTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE
ABASTECIMENTO DE SÃO GABRIEL - RS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Lilian Stringari

**São Gabriel, RS, Brasil
2011**

**CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
VACACAÍ NA MONTANTE DO PONTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE
ABASTECIMENTO DE SÃO GABRIEL - RS**

por

Lilian Stringari

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, SG), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheira Florestal.**

Orientador: Prof. André Carlos Cruz Copetti

São Gabriel, RS, Brasil
2011

**Universidade Federal do Pampa
Campus São Gabriel
Curso de Engenharia Florestal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

**CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
VACACAÍ NA MONTANTE DO PONTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE
ABASTECIMENTO DE SÃO GABRIEL - RS**

Elaborado por

Lilian Stringari

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Engenheira Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Ms André Carlos Cruz Copetti
(Orientador/UNIPAMPA)

Prof.^a Dr.^a. Ana Caroline Benedetti (UNIPAMPA)

Prof.^a Dr.^a. Mirla Andrade Weber (UNIPAMPA)

São Gabriel, 05 de dezembro de 2011.

*A minha querida mãe...
uma mulher sonhadora, inteligente, batalhadora e guerreira.
Meu eterno exemplo de dedicação, carinho e doação.
Metade de minha alma, quem sempre me incentivou a seguir em frente
e se esforçou em me ensinar as virtudes da vida.
Uma grande mulher!
A primeira e maior escola de minha vida..
Foi uma honra conviver sob a atmosfera de seu amor mãe..
À minha mãe...dedico..*

AGRADECIMENTOS

Á Deus pela oportunidade de vida.

À Universidade Federal do Pampa, por me proporcionar o primeiro passo de uma longa caminhada.

Ao meu orientador André Carlos Cruz Copetti, pela amizade, paciência e aprendizado, e acima de tudo, pela extrema dedicação em realizar este trabalho.

Ao professor Ítalo Teixeira pelos ensinamentos, confiança e pela oportunidade e incentivos durante toda a graduação.

Ao demais professores pelos ensinamentos.

A primeira turma de Engenharia Florestal. Em especial as minhas grandes amigas,

Bruna Vasconcellos e Priscilla Maia Baggio, por toda a amizade e prontidão.

A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

À minha família, pelo apoio, confiança e amor, principalmente aos meus pais, Dirceu e Marta e as minhas irmãs Sabrina, Gabriele, Natalia e Sofia.

A vocês o meu muito obrigada!

RESUMO

Trabalho de conclusão de Curso
Curso de Engenharia Florestal
Universidade Federal do Pampa

CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ NA MONTANTE DO PONTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO DE SÃO GABRIEL - RS

AUTORA: Lilian Stringari

ORIENTADOR: Prof. ANDRÉ CARLOS CRUZ COPETTI

Local e Data de Defesa: São Gabriel, 05 de dezembro de 2011

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar a bacia hidrográfica do Rio Vacacaí na montante do ponto de captação de água de abastecimento de São Gabriel, no Rio Grande do Sul. Quanto à metodologia foram utilizados os Sistemas de Informações Geográficas ARCGIS 9.3 e o SPRING 5.1.8, imagens do satélite landsat 5, sensor TM, e mapas de relevo e drenagem, com objetivo de determinar os parâmetros de caracterização da bacia. Quanto ao uso e ocupação do solo, a maior parte da área (61%) é coberta por campos, seguido pelos demais usos onde as florestas abrangem 14,3%, solo agrícola 24,5% e água em torno de 0,2%. A mesma possui uma área de aproximadamente 113.062,59 ha, e o perímetro da bacia compreende um comprimento de 161,7 km, sendo o valor do índice de 0,42 para a forma e a compactidade é em torno de 1,44, correspondendo a uma bacia com formato alongado. Esse resultado demonstra que a bacia estudada pode ser classificada com baixo risco de inundação e enchente. A densidade de drenagem obtida foi de 0,34 km². A bacia apresentou declividade média do curso d'água de 7,36 m/km, o qual é considerado baixo e a ordenação dos cursos d'água da bacia é de 4^a ordem.

Palavras-chave: recursos hídricos; hidrografia; morfologia; imagens de satélite;

ABSTRACT

Completion Work of Class
Class of Forest Engineering
Universidade Federal do Pampa, RS, Brasil

CHARACTERIZATION OF PHYSIOGRAPHIC VACACAÍ RIVER BASIN UPSTREAM OF THE POINT IN THE CATCHMENT WATER SUPPLY OF SÃO GABRIEL - RS

AUTHOR: LILIAN STRINGARI

ADVISOR: Prof. ANDRÉ CARLOS COPETTI

Place and Date of the defense: São Gabriel, December 05th, 2011

This study aims to characterize the river basin upstream of the point in Vacacaí uptake of water supply of São Gabriel, Rio Grande do Sul and the methodology we used Geographic Information Systems ArcGIS 9.3 and Spring 5.1.8 , images from the Landsat 5 satellite, sensor TM, and maps of topography and drainage, to determine the parameters characterizing the basin. Regarding the use and occupation of land, most of the area (61%) is covered by natives pasture, followed by the other uses where the forest covers 14,3%, agricultural soil 24.5% and water 0.2%. The same has an area of approximately 113.062,59 ha, the perimeter of the basin comprises a length of 161.7 km, and the index value of 0.42 for the shape and compactness is around 1.44, corresponding to a bowl with elongated shape. This result demonstrates that the basin can be classified at low risk of flooding and flood. The drainage density obtained was 0.34 km². The basin had an average slope of the watercourse of 7.36 m/km, which is considered low and the ordering of streams of the basin is 4th order.

Keywords: water resources; river basin; Vacacaí; characterization; satellite images;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Principais componentes do ciclo hidrológico em superfícies de bacias hidrográficas.....	20
Figura 2 - Padrões de Drenagem. a) Drenagem dendrítica. b) Drenagem retangular. c) Drenagem em treliça. d) Drenagem radial.....	24
Figura 3 - Ordem dos Cursos D' Água.....	25
Figura 4 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do ponto de captação da água de abastecimento da cidade de São Gabriel.....	35
Figura 5 - Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica.....	36
Figura 6 - Rede de drenagem da bacia hidrográfica.....	38
Figura 7 - Mapa de relevo da bacia hidrográfica.....	39
Figura 8 - Ordenação dos cursos d'água segundo o método de Strahler.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantificação das principais formações vegetais e representações encontradas na área de estudo.	36
--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MaxVer - Máxima Verossimilhança

PDI - Processamento Digital de Imagens

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SECTAM - Secretaria Executiva de Ciência de Tecnologia e Meio Ambiente

SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

PIB - Produto Interno Bruto

TM - *Thematic Mapper*

SUMÁRIO

1	Introdução	14
2	Objetivos	16
2.1	Objetivo geral	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	Revisão bibliográfica	17
3.1	Importância histórica da água	17
3.2	Problemas associados ao mau uso dos recursos naturais	18
3.3	Atividades impactantes na qualidade da água	18
3.4	Ciclo hidrológico	19
3.5	Bacia hidrográfica	21
3.5.1	Características físicas de uma bacia hidrográfica	22
3.5.1.1	Área de drenagem	23
3.5.1.2	Forma da bacia	23
3.5.1.3	Padrão de drenagem	24
3.5.1.4	Relevo	25
3.6	Sensoriamento Remoto	26
3.7	Sistema de Informação Geográfica	27
3.8	Satélite Landsat	28
4.	Material e Métodos	29
4.1	Localização da área de estudo	29
4.2	Material	30
4.3	Metodologia	30
4.3.1	Caracterização geral da área de estudo	30
5.	Resultados e Discussões	34
5.1	Divisor topográfico da bacia hidrográfica de abastecimento de água para São Gabriel	34
5.2	Caracterização da bacia	35
5.2.1	Uso e ocupação da área	35
5.2.2	Perímetro, forma e compacidade da bacia	37
5.2.3	Padrão de drenagem	37
5.2.4	Densidade de drenagem	37

5.2.5	Declividade do curso d' água.....	38
5.2.6	Relevo	39
5.2.7	Ordem dos cursos d'água.....	39
6	Considerações Finais	42
7	Referências Bibliográficas	43

1 Introdução

Infelizmente, a água, este recurso natural essencial para a vida no nosso planeta, vem sofrendo com permanentes impactos ambientais, principalmente nas bacias hidrográficas antropizadas. Esse precioso recurso vem sendo ameaçado pelas ações indevidas do homem, que acaba resultando em prejuízos para a própria humanidade.

A má qualidade da água é decorrente da poluição causada por diferentes fontes, como efluentes domésticos, efluentes industriais e deflúvio superficial urbano e agrícola. Os efluentes domésticos, por exemplo, são constituídos basicamente por contaminantes orgânicos, nutrientes e microorganismos, que podem ser patogênicos. A contaminação por efluentes industriais é decorrente das matérias-primas e dos processos industriais e os poluentes resultantes do deflúvio superficial agrícola são constituídos de sedimentos, nutrientes, defensivos agrícolas e dejetos animais (MERTEN & MINELLA, 2002).

Dessa forma, as possibilidades de uso da água estão diminuindo, ao passo que a demanda por água potável está aumentando, por isso as projeções futuras já prevêm cenários preocupantes em relação a este recurso natural (PEREIRA, 1999).

A necessidade de apresentar soluções e estratégias que interrompam e/ou revertam as consequências da degradação ambiental e o esgotamento dos recursos naturais vem aumentando. Neste contexto Andrade et al (1998), cita que o processo de análise e interpretação de imagens de satélite da superfície é uma técnica muito eficaz para avaliação ambiental.

O emprego do Sensoriamento Remoto e dos sistemas de informações geográficas têm sido bastante utilizados em estudos, apontando resultados satisfatórios referentes ao manejo dos recursos hídricos, como no monitoramento de assoreamento e na previsão e controle de enchentes.

Os dados originados dos satélites, ou seja, do Sensoriamento Remoto, têm grande aplicação na descrição quantitativa de bacias hidrográficas. Para manuseio e análise destes dados, os aplicativos mais utilizados são os de Processamento Digital de Imagens (PDI) e os denominados Sistemas de Informações Geográficas

(SIGs). Estes aplicativos são capazes de armazenar, analisar e localizar espacialmente dados de um fenômeno. Além disso, permitem o manuseio e a saída de dados já analisados e tratados (RODRIGUES et al., 2007).

Enfim, o uso de tecnologias para apoio na aquisição, interpretação e exploração dos dados relacionados aos recursos hídricos é fundamental para entender os processos hidrológicos em nível de bacias hidrográficas, e nesse contexto, este trabalho visa adquirir e levantar dados da bacia de captação de água que abastece a cidade de São Gabriel.

1 Objetivos

2.1 Objetivo geral

Caracterizar fisiograficamente a bacia hidrográfica do Rio Vacacaí na montante do ponto de captação de água de abastecimento de São Gabriel - RS.

2.2 Objetivos específicos

- Definir o divisor topográfico da bacia hidrográfica de abastecimento de água para São Gabriel;
- Calcular parâmetros de caracterização da bacia;

2 Revisão Bibliográfica

3.1 Importância histórica da água

A água é um recurso natural fundamental para a sobrevivência de todos os seres vivos do nosso planeta. Porém esse recurso encontra-se limitado na natureza, sendo cerca de 0,7% a água útil disponível no ciclo hidrológico global. A água útil está presente nos rios, lagos, lençóis subterrâneos e umidade da atmosfera e solo (OTTONI, 1999).

Segundo Setti et al. (2000), a água encontra-se no meio ambiente associada a vários elementos solubilizados ou em suspensão podendo ser identificados vários destes em uma única amostra de água natural. Tais elementos geralmente são sólidos dissolvidos ionizados, materiais em suspensão, gases, compostos orgânicos, além de microorganismos e material coloidal.

Os seres vivos (plantas, animais e o homem) consistem principalmente de água e necessitam da mesma para todas as reações químicas envolvidas no seu metabolismo. Além disso, não são somente nos fatores biológicos que a água é importante. A água é capaz de gerar energia elétrica nas usinas hidroelétricas, é utilizada para irrigação, para transporte hidroviário, pesca, sendo também muito utilizada pelas indústrias na fabricação de diversos alimentos e utensílios (PEREIRA, 1999).

A história nos revela que as primeiras civilizações que obtiveram sucesso em suas sociedades, já sabiam da importância desse recurso, por isso surgiram junto aos lagos e rios, onde havia água em abundância, como nos vales do Nilo (Egito) e vales do Tigre-Eufrates (Mesopotâmia) (RUHOFF, 2004). Conforme Bruni (1994), quando a fonte de água foi mal aproveitada ou/e se extinguiu por causa das más práticas de irrigação, essas civilizações desmoronaram.

3.2 Problemas associados ao mau uso dos recursos naturais

A água foi considerada um bem renovável por vários séculos. Os rios e lagos sempre eram reabastecidos pelas chuvas e a água era utilizada e devolvida ao curso sem nenhum tratamento, já que não se tinha consciência da necessidade de preservá-la. Os resíduos eram lançados aos mananciais e absorvidos pelo meio ambiente (AQUINO e GUTIERREZ, 2010). No entanto eram poucos os geradores de poluição dos recursos hídricos, sendo a principal fonte de poluição o despejo de resíduos domésticos, resultando assim, principalmente a contaminação localizada das águas superficiais e dos lençóis freáticos por bactérias patogênicas e substâncias fermentáveis. Nos últimos 200 anos devido aos avanços industriais os níveis de poluição alcançaram patamares preocupantes em relação à degradação dos recursos naturais (MACHADO, 2004).

Segundo Barata (2007), no final da década de 60 a capacidade de absorção dos resíduos pelos ecossistemas passou a ser limitada e incompatível, já que a natureza não conseguia absorver tais resíduos no ritmo de desenvolvimento da civilização.

Segundo Tucci et al., (2000) atualmente cerca de 80 a 90% da população vive em áreas urbanas. Devido a essa grande concentração, vários são os conflitos e problemas gerados neste ambiente, bem como: degradação ambiental dos mananciais; contaminação de rios por esgotos domésticos, industrial e pluvial; enchente gerada pela inadequada ocupação do espaço e gerenciamento inadequado da drenagem urbana; e a falta de coleta e disposição do lixo urbano.

De acordo com Tundisi (2003), caso medidas eficientes não sejam tomadas, em 2025, dois terços da população estará vivendo em regiões com estresse e poluição da água afetando assim os recursos hídricos continentais, águas costeiras, superficiais, subterrâneas e reservas.

3.3 Atividades impactantes na qualidade da água

Nos últimos anos a água tem sido gradativamente reconhecida como um recurso escasso em escala mundial. Entre tanto se deve fazer distinção entre as duas causas de sua escassez: as limitações qualitativas devido à poluição, e as

limitações quantitativas devido às condições climáticas, aumento da demanda devido ao crescimento populacional e seu uso ineficiente (PEREIRA, 1999).

A agricultura é uma atividade que provoca diretamente ou indiretamente a deterioração da qualidade da água. A degradação da água se dá por meio da contaminação de compostos orgânicos e/ou inorgânicos, naturais ou sintéticos, e ainda, por agentes biológicos. Esta contaminação é resultado do manejo inadequado das culturas, como o caso da utilização desordenada e excessiva de pesticidas e fertilizantes e dos resíduos provenientes da criação intensiva de animais, ocorrendo à diminuição da qualidade das águas nas áreas rurais (RESENDE, 2002).

O despejo de resíduos provenientes das atividades industriais promove a poluição hídrica por acumulação de metais pesados. A contaminação é decorrente das matérias-primas e dos processos industriais utilizados, podendo ser complexa, devido à natureza, concentração e volume dos resíduos (MERTEN e MINELLA, 2002).

Devido ao crescimento demográfico da população nas grandes cidades ocorre o aumento da demanda por água e alimentos e por consequência, o aumento de atividades industriais e agrícolas. Em contraponto, a produção de esgoto e lixo também aumenta, sendo uma grande parte desses resíduos lançados aos corpos hídricos, acarretando na diminuição da qualidade da água, além de problemas de escassez (LIMA, 2002).

Segundo Braga (2003), a urbanização modifica todos os elementos da paisagem: o solo, a geomorfologia, a vegetação, a fauna, a hidrologia, criando muitas vezes novos ecossistemas. Todas estas atividades impactantes causados pela urbanização e as conseqüentes alterações ao meio ambiente, causam impactos significativos no ciclo hidrológico, como a drástica diminuição na capacidade de armazenagem do solo e subsolo (infiltração), aumento do escoamento superficial e a diminuição da saída por evapotranspiração.

3.4 Ciclo hidrológico

De acordo com o programa de gerenciamento de recursos hídricos da secretaria executiva de Ciência de Tecnologia e Meio Ambiente (SECTAM) a água que se encontra na natureza, possui uma dinâmica peculiar que faz com que ela

passa por diferentes estados físicos e compartimentos ambientais, constituindo o chamado ciclo hidrológico, conforme mostra a Figura 1.

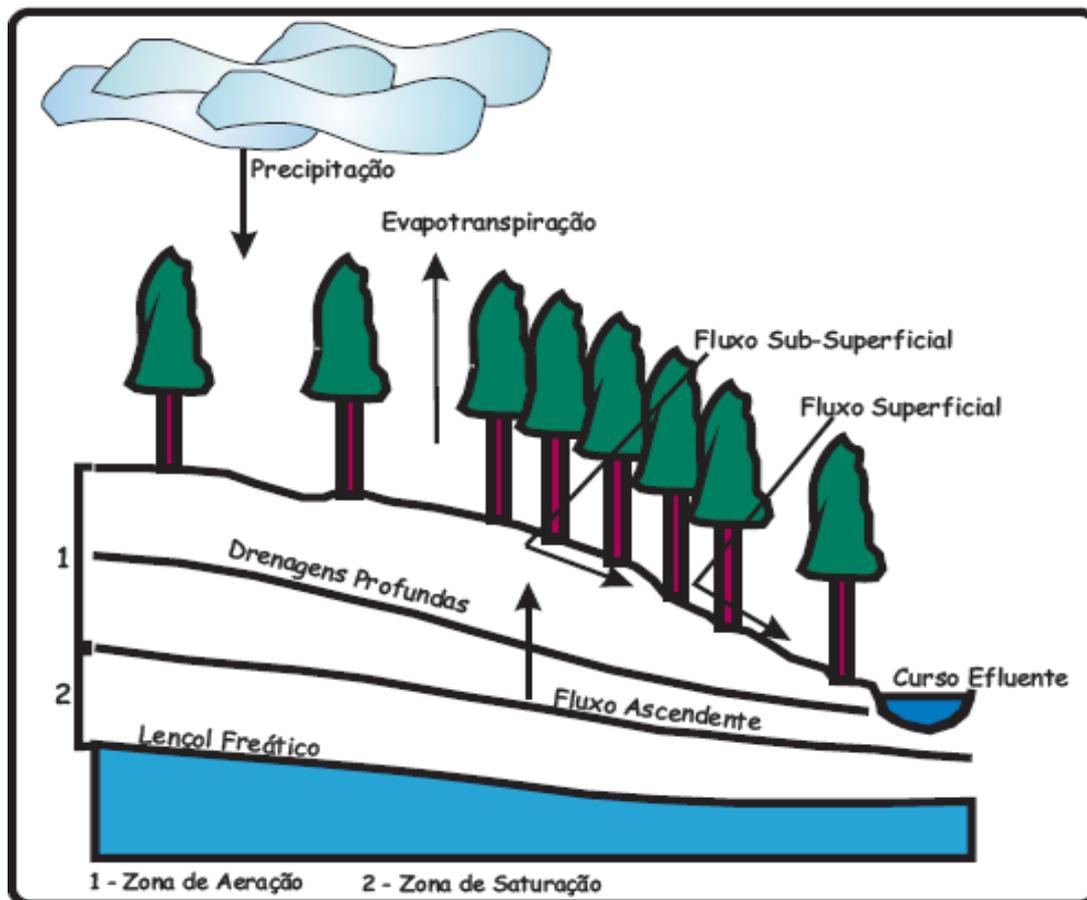


Figura 1- Principais componentes do ciclo hidrológico em superfícies de bacias hidrográficas.
Fonte: Rennó e Soares (2003).

De acordo com Santana (2003):

É essencial ver a água na natureza como um todo, ou seja, todo o seu ciclo – o ciclo hidrológico. Tomando os mares como os receptores da água proveniente das geleiras e rios dos continentes, verifica-se que os mesmos cedem, através da evaporação, a água que irá dar origem a nuvens. O volume cedido pela evaporação, aproximadamente igual ao volume recebido dos rios e geleiras, explica o nível praticamente constante dos oceanos. As nuvens formadas, sujeitas à ação dos ventos, são levadas ao interior dos continentes e vão dar origem a chuvas que irrigam o solo, provendo a umidade necessária ao desenvolvimento dos vegetais. Uma parte da água infiltrada no solo atravessa a região das raízes e vai mais fundo, até encontrar camadas impermeáveis, saturando os poros do solo e dando origem ao lençol freático. Tem início um lento movimento de água, através dos poros do solo, em direção às partes mais baixas, até que venha à superfície, dando origem às fontes. A água cristalina de uma nascente é, portanto, a chuva de meses, anos ou mesmo séculos passados que vem do solo para surgir na superfície. Os maiores rios nada mais são que a junção de afluentes formados por rios menores, advindos de ribeirões, provenientes de pequenos córregos.

Por outro lado, a situação é bem diferente quando as chuvas caem em solo desprovido de cobertura vegetal, como aqueles que sofrem queimadas e têm a superfície desnuda. Por ter prejudicada a sua capacidade de reter água na superfície e apresentar menor permeabilidade, parte da chuva escoar sobre o solo, dando origem às enxurradas. Portanto, se a superfície do solo perdeu a cobertura vegetal (desmatamento, queimadas, uso agrícola indevido), a chuva tem tendência ao escoamento superficial, em vez da infiltração (SANTANA, 2003, p. 12-14).

O ciclo hidrológico é um meio conveniente de apresentar os fenômenos hidrológicos, pode ser representado por quatro fases: precipitação; evapotranspiração; escoamento superficial e infiltração. O movimento da água em cada uma das fases do ciclo é feito de um modo bastante aleatório, variando tanto no espaço como no tempo. A quantidade de água e a velocidade com que ela circula nas diferentes fases do ciclo hidrológico são influenciadas por diversos fatores como, por exemplo, a cobertura vegetal, altitude, topografia, temperatura, tipo de solo e geologia (CARVALHO E SILVA, 2006).

Conforme Lima (1986) a hidrologia de uma bacia de drenagem está relacionada com as suas características geomorfológicas (forma, relevo, rede de drenagem, dentre outros). Deste modo, as características morfológicas de uma bacia possuem importantes papéis nos processos do ciclo hidrológicos, influenciando, principalmente na infiltração, na quantidade de água produzida como deflúvio, na evapotranspiração e no escoamento superficial (TONELLO, 2006).

Segundo Balbinot et al., (2008) o estudo do ciclo hidrológico é essencial para a análise e manutenção das bacias, já que o mesmo abrange diversos processos hidrológicos e fatores que influem sobre as bacias hidrográficas.

3.5 Bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica é toda a área de captação natural das águas precipitadas, formada pelo conjunto de canais fluviais delimitados por terrenos adjacentes mais elevados que escoam para o canal principal e seus tributários, até as águas confluírem até um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997).

Cecílio e Reis (2006) definem a microbacia hidrográfica como sendo uma sub-bacia de drenagem de área reduzida. A área da microbacia depende do objetivo do

trabalho que se pretende realizar, ou seja, não existe consenso de qual seria a área máxima (máximo varia entre 10 a 20.000 ha ou 0,1 km² a 200 km²).

O estudo sobre formação, constituição e dinâmica das bacias hidrográficas é de grande importância na recuperação de áreas degradadas, já que boa parte dos danos ambientais que ocorrem estão situados dentro das bacias. Devem-se conhecer os aspectos morfológicos para que as obras de recuperação não sejam apenas temporárias e sem grande eficácia (GUERRA, 2003).

Pires e Santos (1995), ressaltam que no início, o processo de gerenciamento e planejamento de bacias hidrográficas somente tinha a preocupação com a solução de problemas relacionados à água, com a prioridade para o controle de inundações, para o abastecimento doméstico e industrial, para a irrigação e navegação. Ainda hoje a prioridade em muitos casos continua sendo a água, sem atentar para o manejo adequado dos outros recursos da bacia hidrográfica que influem no ciclo hidrológico.

Segundo Oliveira e Brito (1998), a quantidade de água que atinge os cursos d' água depende das características físicas de sua bacia hidrográfica, e dos principais fases do ciclo hidrológico como a precipitação total e seu regime, bem como das perdas devidas a evapotranspiração e a infiltração.

3.5.1 Características físicas de uma bacia hidrográfica

As características físicas de uma bacia hidrográfica são determinadas pelas características morfológicas, sendo as principais o tipo de relevo, forma, orientação e declividade e também pelos aspectos geológicos da região, representados pelas estruturas, tipos litológicos, mantos de intemperismo e os solos. Além destes aspectos, a cobertura vegetal e o tipo de ocupação da bacia influenciam nas relações entre infiltração e escoamento superficial em uma bacia de drenagem (OLIVEIRA E BRITO, 1998).

De acordo com Christofolletti (1981) características morfológicas de uma bacia de drenagem podem ser mensuradas, conforme os seguintes aspectos:

3.5.1.1 Área de drenagem

O divisor de águas segue a linha dos cumes das formações topográficas em torno da bacia, e cruza o curso d'água somente na saída. A área da bacia de drenagem é o elemento básico para os cálculos de outras características físicas, também é pela área de drenagem que calculamos o volume de água recebido pela bacia, multiplicando o valor da área pela lâmina precipitada. (CARVALHO E SILVA, 2006).

O total de água que sai pelo exutório é correspondente ao volume escoado superficialmente e sub-superficialmente. A água sub-superficial pode não ser somente da área da bacia de captação, pois muitas vezes os divisores sub-superficiais não coincidem com os superficiais, ou seja, há um divisor topográfico para as águas superficiais e um divisor freático para as águas sub-superficiais. Muitas vezes não se considera o divisor freático, pois para defini-lo é necessário estudos mais detalhados da geologia e dos fluxos internos da água no sub-solo. Sabe-se que quanto mais alto o nível do lençol freático, mais coincidente se tornam os divisores freático e topográfico (BARBOSA JR, 2000).

3.5.1.2 Forma da bacia

A forma de uma bacia de drenagem é importante devido ao tempo de concentração, ou seja, o tempo em que a partir do início de uma precipitação, que uma gota de d'água leva para percorrer entre os pontos próximos aos divisores d'água e o seu exutório. Existem vários índices utilizados para determinar a forma de bacias, tendo como objetivo indicar se dada bacia tem maior ou menor tendência para ocorrência de enchentes (OLIVEIRA E BRITO, 1998).

Villena e Matos (1975) citado por Teodoro et al. (2007) relacionam a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo assim a razão entre a largura média e a comprimento da bacia. Esta relação pode ser influenciada por algumas características, principalmente pela geologia da região. Segundo a metodologia criada por Horton (1945), a forma da bacia é uma relação da área pelo comprimento

do eixo da bacia (da foz ao ponto extremo mais longínquo no espigão) elevado ao quadrado, e quanto maior a relação, mais próximo à forma arredondada tem a bacia, portanto, mas chance de sofrer inundações.

3.5.1.3 Padrão de drenagem

De acordo com Carvalho e Silva (2006), todas as bacias hidrográficas possuem um sistema de drenagem constituído sempre de um rio principal e seus tributários. O estudo das ramificações e do desenvolvimento do sistema de drenagem é importante, pois indica a velocidade (maior ou menor) que a água deixa a bacia. O sistema de drenagem está relacionado com a estrutura geológica do local, tipo de solo, topografia e clima. Esses fatores também influenciam no comportamento hidrológico da bacia.

As formas mais comuns encontradas são: dendrítico; retangular; radial e treliça. Algumas formas, como a dendrítica, é tipicamente desenvolvida sobre rochas de resistência uniforme, ou em estruturas sedimentares horizontais, já o padrão retangular é diretamente condicionado pelas diáclases e falhas que se cruzam em ângulos retos, o padrão treliça sugere materiais de resistências diferentes aflorando paralelamente entre si ou estruturas paralelas (CHRISTOFOLETTI,1981).

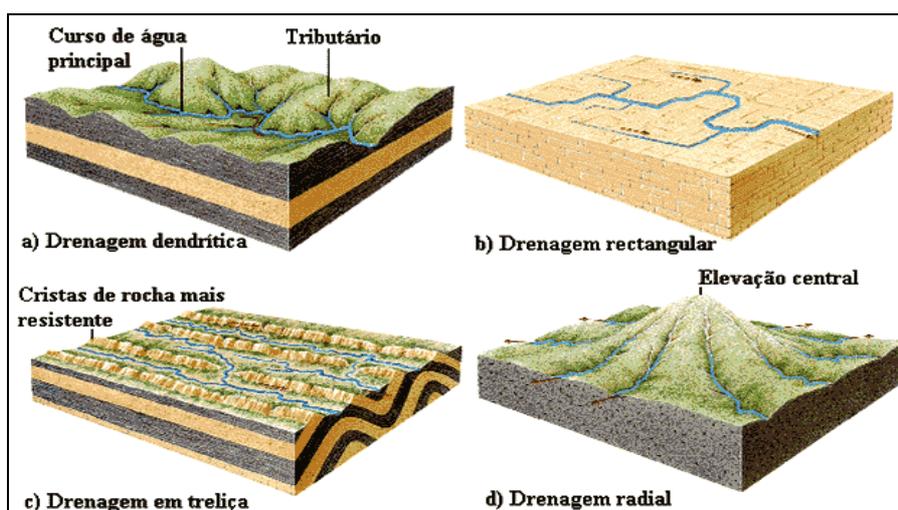


FIGURA 2 – Padrões de Drenagem. a) Drenagem dendrítica. b) Drenagem retangular
c) Drenagem em treliça. d) Drenagem radial.

Fonte: Press e Siever (1997).

Segundo Barbosa jr., (2000) outro fator capaz de representar o padrão de drenagem é o parâmetro “Ordem dos Cursos D’ Água”. A ordem do curso d’ água é uma forma de verificar o grau de ramificações dentro de uma bacia.

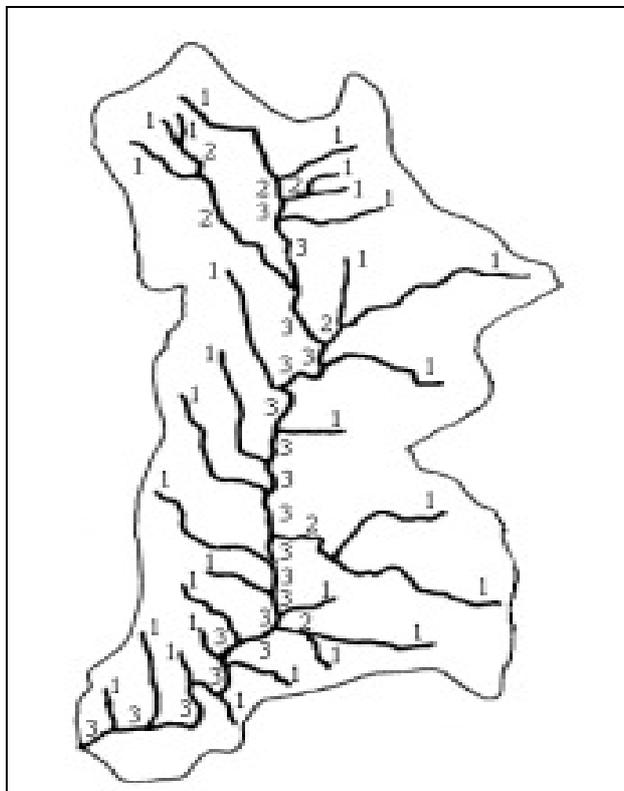


FIGURA 3- Ordem dos Cursos D’ Água.

Fonte: Barbosa Jr.,(2000).

3.5.1.4 Relevo

O relevo de uma bacia hidrográfica caracteriza diferentes compartimentos da paisagem, onde ocorrem os diversos processos superficiais e sub-superficiais, como o fluxo de sedimentos (erosão) e em profundidade como a infiltração, lixiviação e translocação (ABRAHÃO E MELLO, 1988).

De acordo com Villela e Mattos (1975), a declividade do relevo influi na velocidade do escoamento superficial, ditando o tempo em que a água leva para concentrar-se nos cursos hídricos, sendo que os picos de enchente, taxas de infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos dependem do tempo/velocidade com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia.

O conhecimento desta declividade e das curvas hipsométricas da bacia são úteis para o seu zoneamento em relação ao uso e ocupação do solo, para o estudo dos processos erosivos, entre outros (OLIVEIRA E BRITO, 1998). Também o relevo é um dos fatores de formação dos solos, e o tipo de solo está diretamente relacionado com a capacidade e fragilidade ambiental.

3.6 Sensoriamento Remoto

A dinâmica natural da paisagem devido aos processos naturais e a quebra do equilíbrio provocada pelo homem determinam a intensidade dos processos de erosão (BUENO E STEIN, 2004). Existem algumas ferramentas do Sensoriamento Remoto que permitem detectar e mapear estas mudanças. O Sensoriamento Remoto auxilia no monitoramento do uso e ocupação do solo em diferentes escalas e diferentes ambientes, o que mostra a relevância de sua utilização (ACCIOLY et al, 2002).

De acordo com Pereira (1997) o Sensoriamento Remoto é a arte de obter informações acerca de elementos (objeto, área ou fenômeno), através da análise de dados adquiridos por um dispositivo sensor sem que haja contato direto entre eles.

Ponzoni e Disperati (1995) definem Sensoriamento Remoto como sendo uma técnica que utiliza sensores para obter informações, a bordo de plataformas orbitais ou aerotransportadas, na captação e no registro do fluxo de radiação eletromagnética (*REM*) refletido ou emitido por elementos na superfície terrestre, e o converte em sinais passíveis de análise.

Os dados de Sensoriamento Remoto têm ampla aplicação na descrição quantitativa de bacias hidrográficas. Para o manuseio e análise dos dados provenientes do Sensoriamento Remoto, os aplicativos mais usados nos dias de hoje são os de Processamento Digital de Imagens (PDI) e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Estes aplicativos têm a capacidade de armazenar e analisar informações e localizar espacialmente dados de um fenômeno (RODRIGUES et al., 2007).

Os produtos provenientes do Sensoriamento Remoto podem ser submetidos se necessário a técnicas de processamento. O processamento digital de imagens-PDI é entendido como a manipulação e análise de uma imagem por computador, de

modo que a entrada e a saída do processo sejam imagens, com objetivo de extrair informações de imagens e transformar essas informações de tal modo que sejam mais facilmente discerníveis (RECHIUTI, 1996).

3.7 Sistema de Informação Geográfica

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é a ferramenta que mais auxilia na tomada de decisões, principalmente nos temas que dão enfoque ao gerenciamento dos recursos naturais dada a manipulação de grandes quantidades de dados espaciais e alfanuméricos (ROCHA, 2002).

Segundo Aronoff (1989,) os SIGs são um conjunto manual ou computacional de ferramentas utilizadas para armazenar, analisar e manipular dados georreferenciados.

Neste mesmo contexto Burrough (1986), definiu os Sistemas de Informações Geográficas como sendo um conjunto poderoso de ferramentas, que serve para colecionar, armazenar, recuperar, transformar e apresentar dados referentes ao mundo real.

De acordo com Rocha (2002):

“Para ser capaz de realizar estas operações, e ainda dispor de entrada e saída de dados em diversos formatos, o SIG normalmente integra diversos outros sistemas (ex.: processamento digital de imagens, análise estatística, análise geográfica, digitalização), tendo como ponto central um banco de dados (ROCHA, 2002, p.4)”

O Sistema de Informação Geográfica devido seu conjunto de sistemas é considerado um dos principais instrumentos de análises de sistemas, pois consiste num local de armazenamento, tratamento e manipulação de dados, aplicação de modelos e processamento de séries temporais, onde se pode visualizar cenários passados, atuais e simular cenários futuros (GRIGG, 1996).

Os dados de uso e cobertura do solo, provenientes de um SIG podem ser analisados para se modelar cenários futuros e se avaliar a efetividade de políticas de planejamento, em termos de mudanças na paisagem para cada região (PECCOL et al., 1994).

3.8 Satélite Landsat

Segundo Novo (2008) citado por Vasconcellos (2011) o Programa Landsat representou no século XX um modelo de missão de Sensoriamento Remoto de recursos naturais, principalmente porque permitiu incorporar, em seus sucessivos satélites, características requeridas pelos usuários dos dados. Para o Brasil, esse programa foi de fundamental importância, porque possibilitou consolidar e capacitar uma ampla comunidade de usuários.

As imagens do satélite LANDSAT são utilizadas para trabalhos de monitoramento e ocupação dos solos, possibilitando a estimativa da área de produção. O uso das imagens provenientes deste satélite tem grande vantagem em relação aos métodos tradicionais, pois apresenta maior rapidez e acessibilidade na aquisição de dados e menor custo (RODRIGUES, et al., 2007).

Trabalhos com imagens do satélite Landsat vem apresentando eficiência e viabilidade no mapeamento e monitoramento dos recursos naturais (PARANHOS FILHO et al., 2003).

O uso de imagens de satélites para a obtenção de informações ambientais, como cobertura e uso do solo, tem a vantagem em relação ao custo, disponibilidade e agilidade.

Desse modo, o conjunto de ferramentas e metodologias de caracterização de bacias hidrográficas, é de fundamental importância para facilitar o entendimento do comportamento hidrológico. Já o conhecimento dos processos relacionados à hidrologia é fundamental para garantir os recursos hídricos ao longo dos anos e para os diferentes usos.

4 Material e Métodos

4.1 Localização da área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido em uma sub-bacia pertencente à bacia hidrográfica do Rio Vacacaí, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

A bacia do Rio Vacacaí, localizada no estado do Rio Grande do Sul, entre as latitudes de 29° 45' e 30° 45' Sul e longitudes 54° 30' e 53° 15' Oeste, abrange uma área total de aproximadamente 11.616 km², nas regiões da Campanha e Depressão Central.

A sub-bacia analisada está localizada no município de São Gabriel – RS, o qual situa-se entre as coordenadas geográficas de 54°52'50" a 53°52'01" de longitude oeste e 30°46'42" a 29°53'28" de latitude sul.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), possui um total de 60.425 habitantes, área territorial de 5.023,843 km², conta com PIB per capita de R\$ 11 909,57.

O clima da região é classificado como subtropical úmido, tipo fundamental Cfa, segundo classificação de Köppen (MORENO, 1961), com temperatura média anual de 18,2°C, e precipitação em torno de 1.400mm anuais.

De acordo com Streck et al., (2008), o Rio Grande do Sul apresenta uma grande diversidade de paisagem e de litologias, que são responsáveis pela variedade de solos encontrada. A região da Campanha delimita-se ao norte com o rio Ibicuí, a oeste com o rio Uruguai, ao sul pelo rio Quaraí e a leste com a bacia do rio Ibicuí correspondente ao segmento sul-norte da Depressão Periférica (IBGE, 1986).

São Gabriel situa-se no segmento sul-norte da Depressão Periférica, correspondente a Depressão Rio Ibicuí, onde ocorrem Planossolos Háplicos Eutróficos arênicos nas planícies de inundações dos rios; nas coxilhas de cotas intermediárias situam-se os Argissolos Bruno-Acizentados Alíticos úmbricos, originados de siltitos e argilitos, ocupando áreas de grande extensão.

4.2 Material

Para caracterização da bacia hidrográfica do rio Vacacaí na montante do ponto de captação de água de abastecimento de São Gabriel –RS, criou-se um banco de dados com os mapas de relevo e drenagem e imagens do Satélite Landsat 5, sensor TM; Para tal foram utilizados os softwares ARCGIS 9.3 e o SPRING 5.1.8. Com posse desses mapas foi delimitada a área da bacia hidrográfica, a qual possibilitou a determinação dos parâmetros de caracterização da bacia.

4.3 Metodologia

4.3.1 Caracterização geral da área de estudo

Com objetivo de caracterizar a Bacia do rio Vacacaí na montante do ponto de captação de água de abastecimento de São Gabriel-RS foram determinados os seguintes parâmetros:

- Área da bacia de drenagem;
- Perímetro da bacia;
- Forma da bacia;
- Coeficiente de compacidade;
- Padrão de drenagem;
- Densidade de drenagem;
- Declividade média do rio;
- Ordem dos cursos d'águas;
- Mapeamento do uso e ocupação do solo.

A delimitação da bacia foi feita a partir da definição do ponto do exutório, de onde partiu o traçado da linha do divisor d'água em direção aos pontos mais altos da bacia, no sentido ortogonal às curvas de níveis abrangendo todos os pontos de cotas superiores ao ponto do exutório que drenam para o mesmo.

Os valores de áreas, perímetros e comprimentos foram determinados diretamente no ARCGIS, já os demais foram calculados a partir desses:

A forma da bacia é a relação entre a largura e o comprimento axial da bacia. Mede-se o comprimento da bacia quando se segue o curso d'água mais longo desde o exutório até a cabeceira mais distante da bacia. O fator forma da bacia foi determinada pelo método de Horton pela seguinte fórmula:

$$F = A/L^2$$

Onde:

F – fator de forma;

A – área da bacia;

L – comprimento do eixo da bacia (da foz ao ponto extremo mais longínquo no espigão).

O coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia. O coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, ou seja, quanto mais irregular for a bacia, tanto maior será o coeficiente de compacidade. O coeficiente mínimo igual à unidade corresponde a uma bacia circular. Este índice é calculado pela fórmula:

$$Kc = 0,28 P/\sqrt{A}$$

Onde:

Kc – coeficiente de compacidade

P – perímetro da bacia

A – área da bacia

O padrão de drenagem foi definido baseia-se na observação visual no mapa de drenagem. Com a soma total dos comprimentos dos rios foi possível determinar a densidade de drenagem fazendo a relação entre o comprimento total dos cursos d'água (sejam eles efêmeros, intermitentes ou perenes) da bacia e a sua área total.

O valor da declividade do curso d'água principal entre dois pontos pode ser obtido pelo quociente entre a diferença de suas cotas extremas e sua extensão horizontal.

$$S_l = \frac{\Delta H}{L}$$

Onde:

S_l – declividade média do curso d' água;

ΔH – variação da cota entre os dois pontos extremos;

L – comprimento em planta do rio.

A ordem dos cursos d'água foi determinada conforme método de Strahler, onde, os canais que não possuem tributários, são considerados de primeira ordem. Quando dois canais de mesma ordem se unem, formam um rio de ordem imediatamente superior, e ainda, quando dois rios de ordem diferentes se unem formam um rio com a ordem maior dos dois.

Para a obtenção dos dados referentes ao uso e ocupação do solo da bacia foram adquiridas imagens do satélite Landsat através do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o qual as disponibiliza gratuitamente após o cadastro do usuário. A imagem escolhida 03 de maio de 2011, sendo preferencialmente livre da cobertura de nuvens e resolução espacial de 30 metros.

Após o recorte da área da bacia baseou-se no trabalho de Vasconcellos (2011), onde foram elaboradas as composições falsa-cor RGB (Red, Green e Blue), a partir das bandas espectrais, conforme recomenda o INPE (2011):

Bandas 3, 2 e 1: imagens em cor natural, com boa penetração de água, realçando as correntes, a turbidez e os sedimentos; a vegetação aparece em tonalidades esverdeadas.

Bandas 4, 3 e 2: definem melhor os limites entre solo e água, ainda mantendo algum detalhe em águas profundas e mostrando as diferenças na vegetação, que aparece em tonalidades de vermelho.

Bandas 5, 4 e 3: mostram mais claramente os limites entre solo e água, com vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades verde-rosa.

Após a realização das composições, foi aplicada a técnica de contraste linear para realce das feições de interesse, a qual permite que sejam testadas várias combinações de bandas, cores e contrastes, de modo que possa se extrair o máximo de informações das imagens.

A técnica de classificação digital utilizada neste estudo baseia-se no algoritmo MaxVer (Máxima Verossimilhança), que agrupa os pixels que provavelmente pertençam a uma mesma classe de interesse. Para o mapeamento e determinação da área da bacia foram adotadas sete classes temáticas: “floresta plantada”; “floresta nativa”; “campo”; “agricultura”; “solo exposto”; “recursos hídricos”, representando principalmente as barragens; e “urbanização”.

5 Resultados e Discussões

Os dados apresentados nesse trabalho podem ser usados para fins exploratórios, uma vez que para análises hidrológicas mais avançadas são necessárias metodologias mais detalhadas dos limites da bacia e da rede de drenagem, além de inúmeros parâmetros relacionados ao tipo de solo e geologia. No entanto, é de fundamental importância para fins de conhecimento básico para definições de estudos futuros e de projetos relacionados aos recursos hídricos.

5.1 Divisor topográfico da bacia hidrográfica de abastecimento de água para São Gabriel

A bacia estudada tem seu exutório sobre as coordenadas: -30.355001° de longitude sul e -54.308435° de longitude oeste e pode ser denominada de bacia de cabeceira, pois está localizada nas principais nascentes dos rios da bacia do Vacacaí o qual está representada na Figura 2, onde naturalmente suas águas apresentam melhor qualidade em relação a sua foz. A manutenção da qualidade ambiental nessas áreas é de fundamental importância para que a qualidade da água seja mantida para diferentes usos.

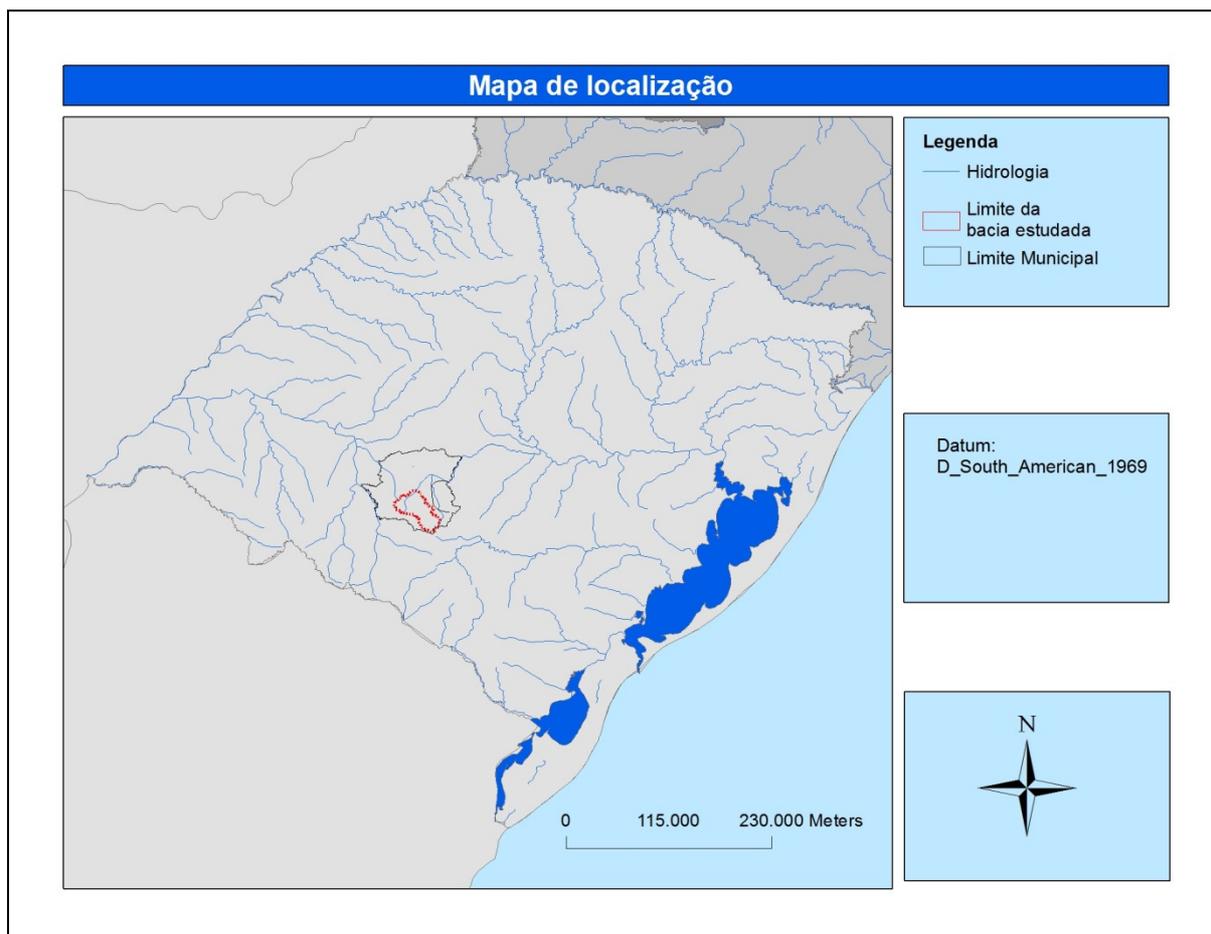


FIGURA 4- Mapa de localização da bacia hidrográfica do ponto de captação da água de abastecimento da cidade de São Gabriel.

5.2 Caracterização da Bacia

5.2.1 Uso e ocupação da área

A bacia de contribuição para o ponto de coleta de água para abastecimento da população da cidade de São Gabriel possui uma área de aproximadamente 113.062,59 ha (1130, 6259 Km²). Através da análise interpretativa das imagens do satélite Landsat foi obtido um mapa temático de uso e ocupação da área da bacia. O mapa realizado através da classificação digital na qual obteve um Desempenho Médio de 99,93%, que permitiu identificar as formações vegetais e representações mais encontradas na bacia. A classe solo que compreende as áreas de culturas agrícolas (culturas anais) mostrou valores significativos, visto que na época do ano

dessa imagem, grande parte dos solos agricultáveis encontra-se em pousio (solo exposto), observado na Figura 3.

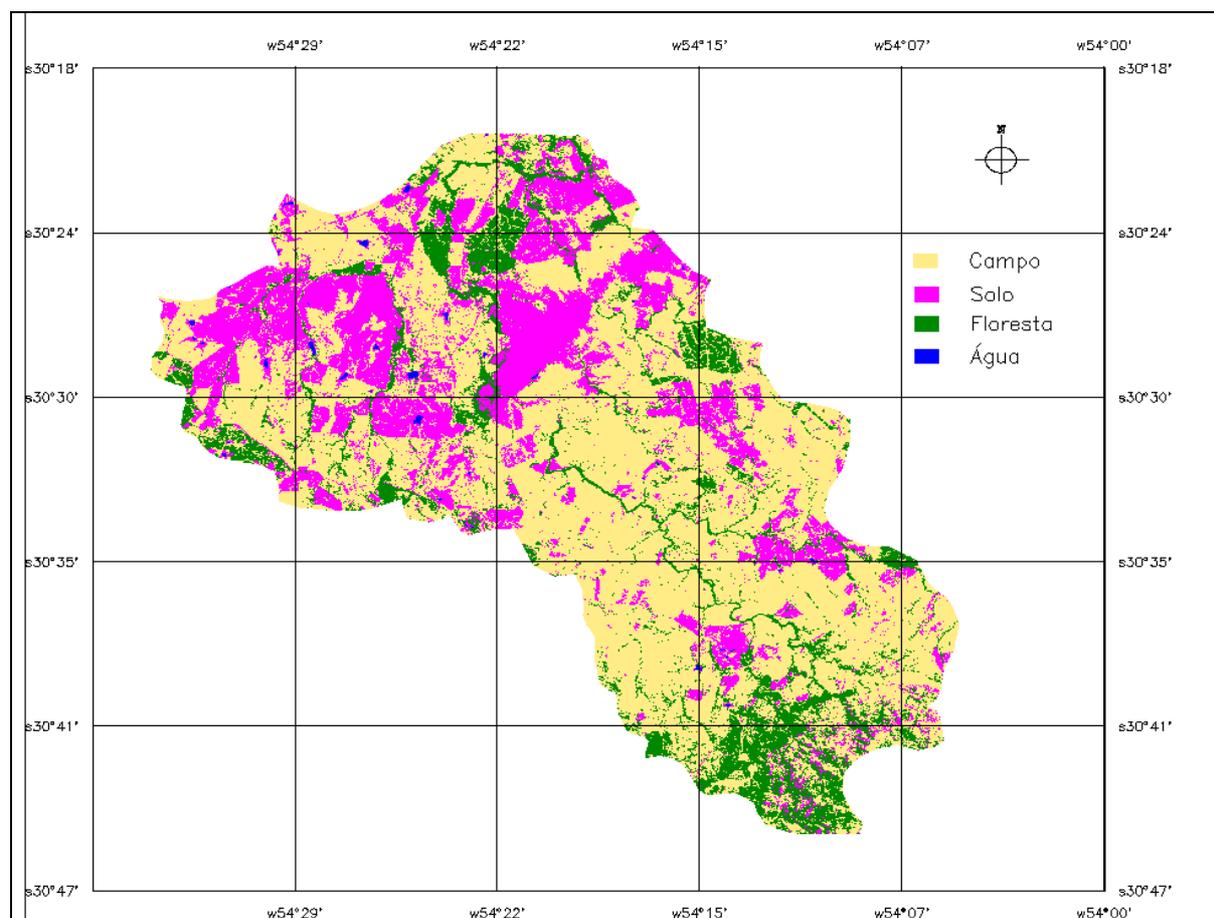


FIGURA 5 - Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica.

Tabela 1 – Quantificação das principais formações vegetais e representações encontradas na área de estudo.

Classe	Área (ha)	Área (%)
Água	274,95	0,2
Campo	68.961,15	61,0
Floresta	16.109,64	14,3
Solo	27.716,85	24,5
Total	113.062,59	100

5.2.2 Perímetro, forma e compacidade da bacia

O perímetro da bacia compreende um comprimento de 161,7 km. Já para o valor do índice forma é 0,42 e a compacidade é em torno de 1,44, correspondendo a uma bacia com formato alongado. Esse resultado demonstra que a bacia estudada pode ser classificada com baixo risco de inundação e enchente, pois quanto menor o valor, mais arredondada é a bacia e, conseqüentemente, maiores as chances de uma chuva ocorrer em toda a bacia e causar uma maior concentração de água num menor espaço de tempo e área.

5.2.3 Padrão de drenagem

A rede de drenagem desta bacia foi classificada como dendrítica, onde os seus canais tributários distribuem-se em todas as direções e se unem formando ângulos agudos, esse padrão é tipicamente desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme ou em estruturas sedimentares horizontais.

5.2.4 Densidade de drenagem

A densidade de drenagem obtida foi de 0,34 km/km². Segundo Villela e Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 ou mais nas bacias excepcionalmente bem drenadas, indicando, portanto, que a bacia em estudo apresenta baixa densidade de drenagem o que pode ser visualizado na Figura 4. Valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação. Porém a escala utilizada (1/250.000) para determinar a rede de drenagem desta bacia não foi adequada, pois o valor apresentado caracteriza bacia

de drenagem pobre e percebe-se na realidade que os rios da região são bem desenvolvidos e certamente apresentarão uma densidade maior se considerar os cursos intermitentes e efêmeros.

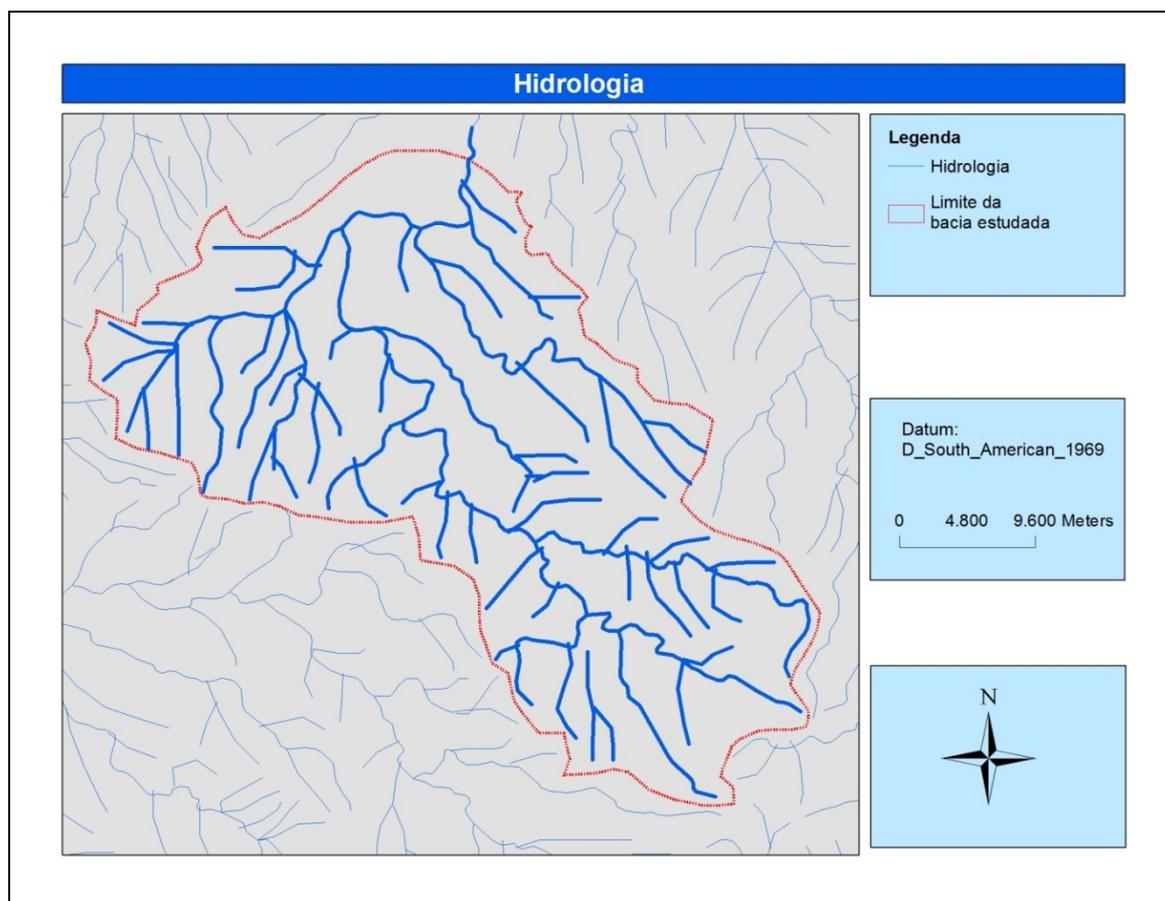


FIGURA 6 - Rede de drenagem da bacia hidrográfica.

5.2.5 Declividade do curso d' água

A declividade média do curso d' água principal é uma característica relevante, pois interfere na velocidade de escoamento da água dentro da bacia. A bacia apresentou declividade média do curso d'água de 7,36 m/km. Este valor é considerado baixo, ou seja, quanto menor a declividade, menor o escoamento de água e maior o tempo de permanência na bacia.

5.2.6 Relevo

Segundo Mosca (2003), o relevo da bacia hidrográfica tem grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, pois a velocidade do escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno, enquanto que a temperatura, a precipitação e a evaporação, dentre outros, são funções da altitude da bacia.

Foi possível verificar que não existe variação significativa nas cotas altimétricas, conforme está representado na figura 5.

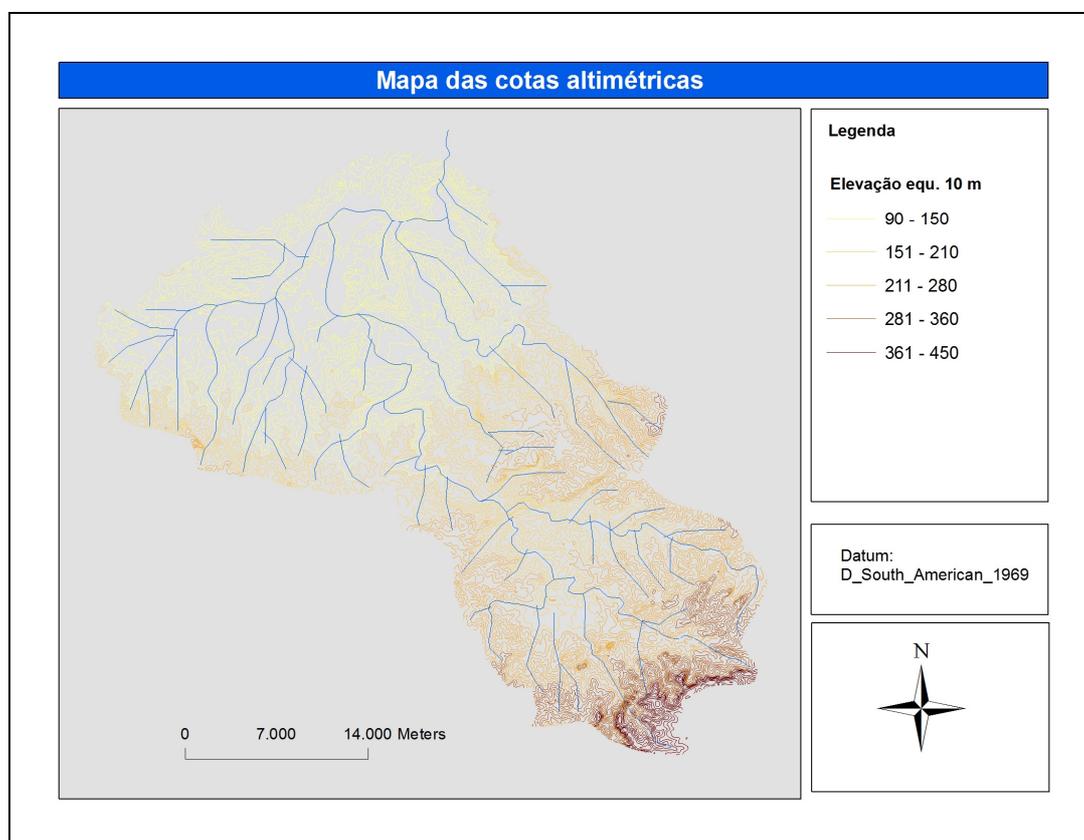


FIGURA 7 - Mapa de relevo da bacia hidrográfica.

5.2.7 Ordem dos cursos d'água

A partir da análise da rede de drenagem verificou-se que a ordenação dos cursos d'água da bacia é de 4ª ordem, pois surgem da confluência de dois canais de

terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores, o que pode ser observado na Figura 6.

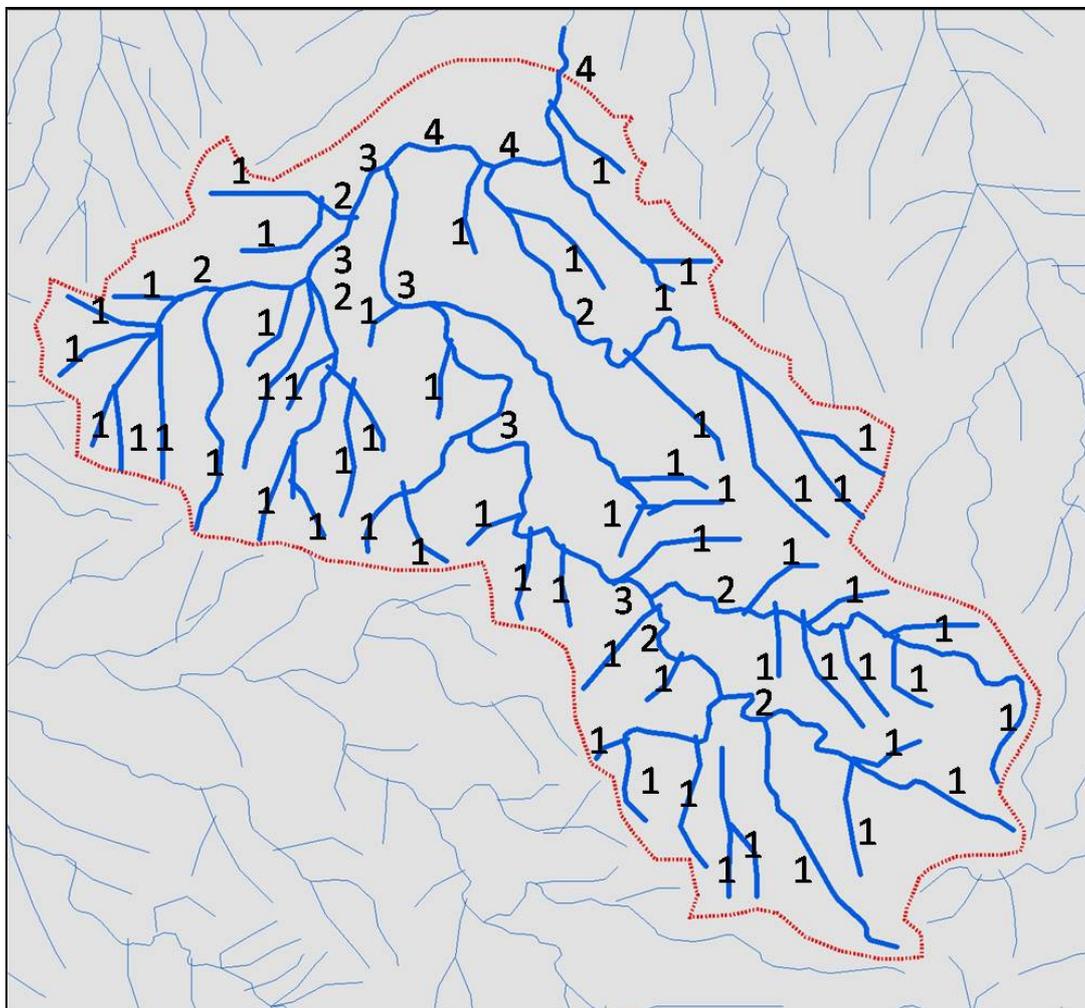


FIGURA 8 - Ordenação dos cursos d'água segundo o método de Strahler.

Lindner et al., (2007) ressalta que o conhecimento das características morfométricas da região são de grande importância pois permitem, prever enchentes na área da bacia, bem como o manejo destas unidades naturais. Guerra (2003) salienta a importância destes índices morfométricos, destacando a característica relevo, que segundo o autor é fundamental para a recuperação de áreas degradadas.

Conforme Barbosa Jr. (2000), a cobertura do solo da bacia hidrográfica exerce grande influência no ciclo hidrológico, principalmente no escoamento

superficial e sobre a velocidade com que esse escoamento atinge as redes de drenagem. Por isso o diagnóstico e mapeamento do uso do solo da bacia, se torna de fundamental importância para o conhecimento do comportamento das águas dentro da bacia. Neste mesmo contexto Villela e Matos (1975) ressaltam que as características são elementos de grande importância para avaliação de seu comportamento hidrológico, pois, ao estabelecerem-se relações e comparações entre eles e dados hidrológicos conhecidos, pode-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais nos quais falem dados, ou seja, utilizar estes dados conhecidos em bacias não antes estudadas.

6 Considerações Finais

A caracterização e análise de uma bacia hidrográfica são de suma importância, pois a partir disso, é possível realizar o planejamento urbano, monitoramento dos seus usos e diagnósticos de problemas ambientais, bem como a prevenção de enchentes. A caracterização das bacias é uma forte aliada à gestão dos recursos hídricos, possibilitando o planejamento futuro da utilização das águas.

A metodologia utilizada mostrou-se satisfatória na caracterização da bacia, onde o mapeamento temático permitiu avaliar as tipologias do solo da bacia estudada, definindo a área de estudo como característica do bioma pampa, onde existe o predomínio de campos e pastagens. Além disso, pode se concluir que as imagens do satélite de média resolução espacial (30 metros), são adequadas para esse tipo de mapeamento.

7 Referências Bibliográficas

ABRAHÃO, W.A.P.; MELLO, J.W.V. **Fundamentos de pedologia e geologia de interesse no processo de recuperação de uma área degradada.** In: DIAS, L.E. & MELLO, J.W.V. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, SBRAD, 1988. 251p.

ACCIOLY, L. J. O.; COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J.; SILVA, F. H. B. B.; BURGOS, N. O papel do sensoriamento remoto na avaliação e no monitoramento dos processos de desertificação do semi-árido brasileiro. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e sensoriamento Remoto, 1., 2002, Aracaju. **Anais...** Campinas

ANDRADE, N.S. de O.; ARAÚJO, L.S.; NUMATA, I. VALÉRIO FILHO, M. Estudo da dinâmica da cobertura vegetal e uso de terra na região de Ji-Paraná/RO. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1998, Santos,SP, **Anais...** IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- SBSR, Santos, SP: INPE, 1998. 89-98p.

AQUINO, M. H. G.; GUTIERREZ , R. H. Subsídios para Reflexão dos Gestores sobre o tema “Água” e sua Importância para as Instituições Brasileiras. **Anais...** In: VII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Rio de Janeiro, Brasil, 20-22 outubro 2010. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/artigos10/455_MarcosAquino_artigo2.pdf>. Acesso em 25 jul. 2011.

ARONOFF, S. **Geographical Information Systems: a management perspective.** Ottawa: WDL Publications, 1989. 294p.

BALBINOT, R; OLIVEIRA, N. K.; VANZETTO, S. C.; PEDROSO, K.; VALERIO, F. A. **O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas.** *Ambiência.* Guarapuava, PR, v.4, p.131-149, Jan./Abr. 2008.

BARATA, M. M. L; KLIGERMAN, D. C.; GOMEZ, Carlos. **A gestão ambiental no setor público: uma questão de relevância social e econômica.** *Ciênc. saúde coletiva* [online], 2007.

BARBOSA JR, A. R. **Bacia Hidrográfica.** In: Hidrologia Aplicada. Ouro Preto, MG, 2000. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~carlooseduardo/11Bacia%20Hidrografica.pdf>> Acesso em 19 de nov. 2011.

BORROUGH, P.A. Principles of Geographical Information Systems: methods and requirements for land use planning. Clarendon Press, Oxford. 1986.

BRAGA, R. **Planejamento Urbano e Recursos Hídricos**. Artigo original publicado em: BRAGA, R; CARVALHO POMPEU, F.C, 2003. Laboratório de Planejamento Municipal - IGCE-UNESP. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/publicacoes/TextosPDF/Rbraga7.pdf>>. Acesso em 19 out. 2011.

BRUNI, J. C. **A água e a vida**. Tempo Social. Rev. Sociol. São Paulo: USP, 1994. 53-65p.

BUENO, C. R. P.; STEIN, D. P. Potencial natural e antrópico de erosão na região de Botas, Estado de São Paulo, 2004. Acta Scientiarum Agronomy. v. 26, 1-5p.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Apostila de Hidrologia**. Seropédica, 2006. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap1-INTRO.pdf>>. Acesso em 22 out. 2011.

CECÍLIO, R. A.; REIS, E. F. **Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas**. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006. 10p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher/Edusp. 1981. 313p.

GRIGG, N. S. Water resources management: principles, regulations, and cases. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 1996.

GUERRA, A. **A contribuição da geomorfologia no estudo dos recursos hídrico**. Bahia Análise & Dados Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, 2003. 385-389p.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, p. 807-813, 1945.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 02 nov.2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Radambrasil**: folha SH2 - Porto Alegre. Rio de Janeiro, 1986. 791p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. INPE - São José dos Campos, 2011. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em 02 nov.2011.

LINDNER, E. A.; GOMIG, K.; KOBAYAMA, M. Sensoriamento remoto aplicado à caracterização morfométrica e classificação do uso do solo na bacia rio do Peixe/SC. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis, SC, **Anais...** XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- SBSR, Florianópolis, SC: INPE, 2007. p. 6091-6097.

LIMA, J. S. **Qualidade das águas utilizadas nas cidades é cada vez pior.** In: Cidades, n. 29, mar. 2002. Disponível em: <www.comciencia.br>. Acesso em 25 out. 2011.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas.** São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242p.

MACHADO, C. J. S. (organizador). **Gestão de águas doces.** Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: Um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.** Porto Alegre, 2002. vol. 3.

NOVO, E. M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.** São Paulo, SP: Editora Blucher, 2008. 333p.

OLIVEIRA, M. S.; BRITO, S. N. A. **Águas de Superfície.** In: Geologia de Engenharia, ABGE, CNPq e FAPESP, 1998.

OTTONI, A. B. **A importância da preservação dos mananciais de água para a saúde e sobrevivência do ser humano.** 20° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, RJ, 1999.

PARANHOS FILHO; A.C.; FIORI, A.P.; DISPERATI, L.; LUCCHESI, C.; CIALI, A.; LASTORIA, G. **Avaliação multitemporal das perdas dos solos na Bacia do Rio Taquarizinho através de SIG.** Boletim Paranaense de Geociências. N. 52. Ed. UFPR. Curitiba-PR. 2003. p.49-59.

PECCOL, E.; BIRD, C.A.; BREWER, T.R. Geographic Information Systems (GIS) and landscape mapping: a case study. XII C.I.G.R. World Congress and AgEng'94 Conference on Agricultural Engineering. Milan, Italy, 1994. Volume 1, p.59-67,

PEREIRA, J. S. **A problemática dos recursos hídricos em algumas bacias hidrográficas brasileiras.** Tese de Doutorado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre- RS, 1999, 210p.

PEREIRA, R. S. **Apostila Princípios Físicos em Sensoriamento Remoto.** Santa Maria, 1997.

PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. **Bacias Hidrográficas - Integração entre meio ambiente e desenvolvimento.** Ciência Hoje. Rio de Janeiro, 1995. v. 19, n. 110, p. 40- 45.

PONZONI, F. J.; DISPERATI, A. A. **Comportamento espectral da vegetação.** São José dos Campos: INPE, 1995. 37 p. (INPE-5619-PUD/065).

PRESS, F.; SIEVER, R. (1997) *Understanding Earth* - 2nd edition; W. H. Freeman and Company; New York; pp 58 - 453;

RECHIUTI, L. V. **Processamento de Imagens Digitais.** São José dos Campos: INPE – CTA, 1996. 59p

RENNÓ, C. D.; SOARES, J. V. **Conceitos de modelagem hidrológica.** In: CAMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Curso de Introdução à Modelagem Dinâmica. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Belo Horizonte, 2003.

RESENDE, A. V. Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato. Planaltina, DF. Embrapa Cerrados, 2002. 11 p.

ROCHA, J. V. **O Sistema de Informações Geográficas no contexto do planejamento integrado de bacias hidrográficas.** 2002.

RODRIGUES, T. R. I.; ROCHA, A. M.; FILHO, A P. Mapeamento de uso e ocupação das terras na Bacia do Baixo Curso do Rio São José do Dourados-SP por sistemas de informações geográficas e imagem de satélite. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis, SC, **Anais...** XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- SBSR, Florianópolis, SC: INPE, 2007. p. 6091-6097.

RUHOFF, A. L. **Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservativas**. Dissertação (Mestrado em Geomática). Santa Maria, 2004.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho E Sorgo, 2003. 63 p. (Embrapa Milho & Sorgo. Documentos, 30).

SECRETARIA EXECUTIVA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE-SECTAM. **Manejo de Bacias Hidrográficas**. Belém, 2007.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2ª edição. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000.

STRECK, Edeimar Valdir et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. **Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local**. Araraquara, 2007. Revista Araraquara, n.º 20, p. 137- 157.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S, LEITE, F. P. **Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG1** Revista Árvore. Viçosa, Minas Gerais, 2006. v.30, n.5, 849-857 p.

TUCCI, C. E. M. 1997. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/ Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O.M. **A gestão da Água no Brasil: uma primeira análise da situação atual e das perspectivas para 2025**. Global Water Partnership/ SAMTAC, 2000. Disponível em: <www.unb.br/ft/enc/recursoshidricos/relatorio.pdf>. Acesso em nov. de 2011.

TUNDISI, J. G. **Água o século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos, 2003. RiMa, 2.ed., 248p.

VASCONCELLOS, B. N. **Dinâmica temporal da cobertura florestal na microrregião Campanha Central – RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal). São Gabriel, 2011.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo, 1975. McGRAWHill do Brasil, 245p.