

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOMÁTICA**

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL EM NASCENTES COM O
USO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

Angelise Vieira Mendes

**Santa Maria, RS, Brasil
2008**

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE NASCENTES COM O USO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO

por

Angelise Vieira Mendes

Monografia apresentada ao Curso de Especialização do Programa de Pós-Graduação em Geomática, Área de Concentração em Tecnologia da Geoinformação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Especialista em Geomática.**

Orientador: Prof. Dr. Rudiney Soares Pereira

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Geomática**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Monografia de Especialização

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE NASCENTES COM O USO DE
FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO**

elaborada por
Angelise Vieira Mendes

como requisito parcial para obtenção do grau de
Especialista em Geomática

COMISSÃO EXAMINADORA:

Rudiney Soares Pereira, Dr.
(Presidente/Orientador)

Paulo Roberto Jacques Dill, Dr.

Catize Brandelero, Msc.

Santa Maria, 29 de fevereiro de 2008.

Dedico

*À minha avó materna, Vó Lila que me ensinou
que sonho pode ser realidade e que continua
acreditando em mim ao lado de Deus.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por ter me concedido saúde e forças para concluir esse trabalho.

Agradeço a “Mãe” Universidade Federal de Santa Maria, pelo acesso às informações, conhecimento e que sempre está de braços abertos para regressarmos.

Aos Profs. Drs. do Programa de Pós-Graduação em Geomática pelos ensinamentos e disponibilidade para as infindáveis dúvidas.

Ao CIPAM (Centro Internacional de Projetos Ambientais) na pessoa do Prof. José Sales Mariano da Rocha, idealizador que proporcionou a mim e outros estudantes oportunidades de aprendizado.

Em especial aos componentes da banca de avaliação deste trabalho: Prof. Dr. Rudiney Soares Pereira, Engenheira Florestal Ms. Catize Brandelero e Engenheiro Florestal Dr. Paulo Roberto Jacques Dill pela gentilmente de aceitar o convite e por suas valiosas contribuições para a melhora do mesmo.

Ao futuro avô dos meus netos Cláudio Roberto Tarabal Silveira por todo amor e companheirismo incondicional.

Aos colegas e amigos Silvana Fernandes Neto, Sergio Henrique Garcia Fernandes, Sandra Maria Garcia, Marcela Vilar Sampaio, Marcus Rodrigues, Monte Alverne Sampaio, Gilberto Toniolo Deprá, Márcio Lorenzi, Dina Antunes, Salete Andreis pela ajuda prestada e pela amizade.

Aos amigos pessoais Maristela Machado Araújo, Moacir Sagrillo, Aline Graziadei Fernandes, Airton Sieben, Leandro Constante Machado, Renato Grando por conhecimentos compartilhados e companheirismo.

*Posso ter defeitos, viver ansioso e ficar irritado algumas vezes,
mas não esqueço de que minha vida é a maior empresa do mundo.
E que posso evitar que ela vá a falência.
Ser feliz é reconhecer que vale a pena viver
apesar de todos os desafios, incompreensões e períodos de crise.
Ser feliz é deixar de ser vítima dos problemas e
se tornar um autor da própria história.
É atravessar desertos fora de si, mas ser capaz de encontrar
um oásis no recôndito da sua alma.
É agradecer a Deus a cada manhã pelo milagre da vida.
Ser feliz é não ter medo dos próprios sentimentos.
É saber falar de si mesmo.
É ter coragem para ouvir um "não".
É ter segurança para receber uma crítica, mesmo que injusta.
Pedras no caminho?
Guardo todas, um dia vou construir um castelo...
(Fernando Pessoa)*

RESUMO

Monografia de Especialização
Programa de Pós-Graduação em Geomática
Universidade Federal de Santa Maria

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE NASCENTES COM O USO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO

AUTORA: ANGELISE VIEIRA MENDES

ORIENTADOR: RUDINEY SOARES PEREIRA

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 29 de fevereiro de 2008.

A ocupação do Brasil caracterizou-se pela falta de planejamento e conseqüente destruição dos recursos naturais, particularmente das florestas. Dentre elas as matas ciliares, que funcionam como filtros, retendo impurezas e sedimentos que seriam transportados para os cursos d'água, afetando diretamente a quantidade e a qualidade da água e conseqüentemente a fauna aquática e a população humana. Este trabalho foi realizado em áreas de nascentes dentro da bacia de captação de água das barragens Rodolfo Costa e Silva e Saturnino de Brito da cidade de Santa Maria-RS, propõe se contribuir para o desenvolvimento sustentável da área, fornecendo subsídios ao ordenamento das atividades, e utilizando técnicas de Geoprocessamento, entre elas o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas para caracterizar e analisar os dados ambientais. Iniciou-se com a montagem de um mosaico aerofotográfico, onde a entrada de dados e informações foi feita no SIG IDRISI for Windows, efetuando-se a georreferência e a delimitação da área de estudo através de digitalização (em tela) dos limites seguindo as estradas. No processamento da imagem foi realizada classificação digital utilizando o algoritmo de Maxver, onde foi obtida a classificação do uso da terra. Selecionou-se a sub-microbacia de estudo que foi dimensionada em 620,58ha. Após foi digitalizada a rede de drenagem e detectada as nascentes. Foram encontradas 30 nascentes a partir da identificação no mosaico e escolhidas 08 para este estudo das quais se registrou as coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) abrangendo toda a área da sub-microbacia. Foram observados três usos da terra agricultura, floresta e capoeira. De modo geral as nascentes encontram-se em precário estado de conservação, pois a legislação recomenda que proteção florestal total num raio de 50m em seu entorno. Foi constatado que a agricultura ocupa grande parte da área de influência das nascentes 48,10%, sendo que a floresta ocupa 26,68%, e a capoeira com 25,22%.

Palavras-chave: Uso da terra, Sistema de Informações Geográficas; Avaliação Ambiental; Geomática.

ABSTRACT

Degree Dissertation of Specialization
Post Graduation Program in Geomática
Federal University of Santa Maria

Author: Angelise Vieira Mendes

Advisor: Rudiney Soares Pereira

Date and Place of the Defense: Santa Maria, February 29, 2008.

ENVIRONMENTAL EVALUATION OF FOUNTAINS WITH THE USE OF GEOPROCESSING TOOLS

The Brazil occupation was characterized by the planning lack and consequent destruction of the natural resources, particularly of the forests. Among them the ciliary forests working as filters, retaining sludges and sediments which would be transported to the water courses, affecting the amount and the quality of the water directly and consequently the aquatic fauna and the human population. This work was accomplished inside fountain areas of the basin of reception water in the barrages of Rodolfo Costa e Silva and Saturnino de Brito of Santa Maria - RS town. It intends to contribute for maintainable development of the area, supplying subsidies to the ordering of the activities, and using Geo processing techniques, among them the sensor remote and the systems of geographical information for characterization and analysis of the environmental data. It began with the assembly of an aero photographic mosaic, where the entrance of data and information were made in SIG IDRISI for Windows, occurring the geo reference and the delimitate area of the study through digitization (in the screen) the following limits of the highways. In the processing of the image a digital classification was accomplished using the algorithm of Maxver, where was obtained the classification of earth use. The selected sub-micro basin of study was measured in 620,58 ha. After it was drawn the drainage net and detected the fountains. It were found 30 starting fountains from in the identification mosaic and chosen 08 for this study, which it enrolled the coordinates UTM (Universal Transversa of Mercator) embracing the whole area of the sub-micro basin. Was observed 3 earth uses: agriculture, forest and scrub. In a general way the fountains are in precarious conservation, because the legislation recommends that total forest protection in a ray of 50m in it spills. It was verified that the agriculture occupies large part of the area of influence of the fountains 48,10%, and the forest occupies 26,68%, and the scrub with 25,22%.

Keyword: Fountain; Earth Use, System of Geographical Information; Environmental Evaluation; Geomatica.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dimensões das faixas de mata ciliar segundo o Código Florestal de 1965..	10
Quadro 2 - Áreas dos usos da terra, agricultura, floresta e capoeira, na área de influência de cada nascente estudada, em hectares.....	24
Quadro 3 - Áreas dos usos da terra, agricultura, floresta e capoeira, na área de influência de cada nascente estudada, em percentagem.....	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Largura da faixa de mata ciliar.....	11
Figura 02 – Microbacia hidrográfica do Rio Ibicuí Mirim, em detalhe a sub-bacia objeto do estudo.....	15
Figura 03 – Mosaico aerofotográfico da microbacia hidrográfica do Rio Ibicuí Mirim, em Santa Maria (RS)	21
Figura 04 – Demonstrativo do <i>Buffer</i> realizado na coordenada de cada nascente estudada.....	22
Figura 05 – Nascentes selecionadas para o estudo com a delimitação das respectivas áreas de influência.....	23
Figura 06 – Valores médios para cada uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) nas áreas de influência das nascentes estudadas, em porcentagem.....	25
Figura 07 – Fotografia da nascente número 1 sob coordenadas UTM X232887.85 e Y6736112.87.....	26
Figura 08 – Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 1.....	26
Figura 09 – Fotografia da nascente número 2 sob coordenadas UTM X232240.58 e Y6736661.98.....	27
Figura 10 - Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 2.....	27
Figura 11 - Fotografia da nascente número 3 sob coordenadas UTM X232649.21 e Y6736837.00.....	28
Figura 12 - Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 3.....	28
Figura 13 - Fotografia da nascente 4 sob coordenadas UTM X232298.32 e Y6738165.74.....	29
Figura 14 – Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 4.....	29
Figura 15 – Fotografia da nascente número 5 sob coordenadas UTM X232936.94 e Y6738390.42.....	30
Figura 16 - Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 5.....	30
Figura 17 – Fotografia da nascente número 6 sob coordenadas UTM X233534.43 e Y6737805.82.....	31
Figura 18 - Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 6.....	31
Figura 19 - Fotografia da nascente número 7 sob coordenadas UTM X233273.45 e Y6737285.87.....	32
Figura 20 - Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 7.....	32
Figura 21 - Fotografia da nascente número 8 sob coordenadas UTM X233432.17 e Y6736790.29.....	33
Figura 22 - Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 8.....	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
1.2 Objetivos.....	02
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
2.1 Geoprocessamento.....	03
2.2 Sistema de Posicionamento Global	04
2.3 <i>IDRISI For Windows 32</i>	05
2.4 Bacia Hidrográfica.....	07
2.5 Matas Ciliares	10
2.6 Nascentes	12
2.7 Legislação.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Caracterização da Área de Estudo	15
3.1.1 Hidrografia	16
3.1.2 Características Fisiográficas	16
3.1.3 Características Climáticas	17
3.1.4 Vegetação	18
3.1.5 Solos	19
3.2 Materiais Utilizados.....	19
3.3 Metodologia.....	20
3.3.1 Utilização do Geoprocessamento	20
3.3.2 Caracterização Ambiental das Nascentes	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Localização das Nascentes Estudadas	23
4.2 Caracterização Ambiental.....	24
4.2.1 Nascente 01	26
4.2.2 Nascente 02	27
4.2.3 Nascente 03	28
4.2.4 Nascente 04	29
4.2.5 Nascente 05	30
4.2.6 Nascente 06	31
4.2.7 Nascente 07	32
4.2.8 Nascente 08	33
4.3. Recomendações.....	34
5 CONCLUSÕES	35
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 INTRODUÇÃO

O processo de ocupação do Brasil caracterizou-se pela falta de planejamento e conseqüente destruição dos recursos naturais, particularmente das florestas. Ao longo do tempo, a cobertura florestal nativa, foi sendo fragmentada, cedendo espaço para as culturas agrícolas, as pastagens e as cidades.

A noção de recursos naturais inesgotáveis, dadas as dimensões continentais do País, estimulou e ainda estimula a expansão da fronteira agrícola. Assim, o processo de fragmentação florestal é intenso nas regiões economicamente desenvolvidas, restando assim vegetação nativa em estágio secundário, em diferentes estados de deterioração, salvo algumas reservas de florestas bem conservadas. Este processo de eliminação das florestas resultou em um conjunto de problemas ambientais, como a extinção de várias espécies da fauna e da flora, mudanças climáticas locais, erosão dos solos e o assoreamento dos cursos d'água.

As florestas foram alvo da atuação antrópica em virtude desse avanço. Hoje é visto nos centros urbanos formados as margens dos rios, onde ocorrem inundações constantes devido à retirada inconseqüente da vegetação.

Perante o Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei nº 4771/65 (Brasil, 1965), as Áreas de Preservação Permanente, devem considerar um raio mínimo de 50m em torno das nascentes, ainda que intermitentes, e nos chamados "olhos d'água", seja qual for sua situação topográfica, pois a vegetação em torno das nascentes funciona como barreira viva na contenção da água proveniente das enxurradas.

A identificação dos problemas ambientais de uma área deve subsidiar a implementação de um planejamento de uso e ocupação das terras. O planejamento do uso da terra, quando desenvolvido dentro de uma bacia hidrográfica que sofre sob pressão antrópica, constitui-se em uma forma integrada de implementação de práticas conservacionistas (Jenkins et al., 1994). E, de acordo com Castro e Valério Filho (1997), para que tais práticas forneçam melhorias significativas é necessário que se faça uma avaliação ambiental para que se tenha uma boa precisão de onde estas devam ser implantadas.

Atualmente, o geoprocessamento é fundamental para o planejamento das bacias hidrográficas, considerando que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. Em sua abordagem, envolve ferramentas de sensoriamento remoto (imagens de satélite e fotografias aéreas), geodésia (posicionamento de

precisão - GPS), cartografia digital, topografia automatizada, sistemas de informações geográficas, manuseio de banco de dados, entre outros.

Diante deste quadro, este trabalho propõe contribuir para o desenvolvimento sustentável da área, fornecendo subsídios ao ordenamento das atividades, e utilizando técnicas de Geoprocessamento, entre elas o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas para caracterização e análise dos dados ambientais.

1.2 Objetivos

Objetivo Geral

Qualificar e quantificar através do software IDRISI for Windows 32, características definidas da área de influência de algumas nascentes em uma sub-microbacia hidrográfica do Rio Ibicuí Mirim em Santa Maria (RS), destacando as condições ambientais, mediante a aplicação de técnicas de Geoprocessamento.

Objetivos Específicos

- 1) Identificar e pontuar as nascentes, através do georeferenciamento.
- 2) Determinar a área de influência de cada nascente.
- 3) Caracterizar ambientalmente a situação das nascentes.
- 4) Comparar as situações ambientais entre as nascentes estudadas.
- 5) Propor alternativas para amenizar os possíveis problemas ambientais observados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Geoprocessamento

A interdisciplinaridade é a base para amparar as decisões na área ambiental, pois todos os planejamentos no meio físico dependem intimamente das informações sobre a estrutura e ocupação do solo.

Até pouco tempo atrás eram usadas sobreposições de mapas e desenhos em poliéster para fazer o cruzamento das informações determinando assim usos da terra. Com o passar do tempo estes métodos tornaram-se inviáveis pois são demorados, imprecisos e geravam altos custos. Mas foram de grande valia para a montagem das tecnologias hoje disponíveis (AGUIRRE, 2006).

O processamento do conjunto das atividades de entrada, manipulação, armazenamento e análise de dados georeferenciados consiste na tecnologia do geoprocessamento no ponto de vista de Teixeira (1997). Para Assad (1998) geoprocessamento tem como objetivo principal utilizar-se de ferramentas computacionais, oferecendo subsídios para analistas das mais diversas áreas estudarem as evoluções espaciais e temporais de um fenômeno estipulando assim inter relações.

Aguirre (2006) comenta que a evolução da tecnologia dos sensores remotos, processamento de dados eletrônicos e a popularização de equipamentos como GPS (Sistema de Posicionamento Global), “scanner”, plotter. Computadores pessoais com configurações dos processadores propícias para o processamento de grande número de informações, vieram resolver grande parte dos problemas de tempo, mão-de-obra e da pouca precisão relativa ao volume de informações gerados por mapas anteriormente mencionados.

Para Silva et al. (1998), as tecnologias aliadas às imagens de satélites propiciaram pela sua magnitude e abrangência de conhecimento, o desenvolvimento de uma nova técnica, o Geoprocessamento.

Os diferentes profissionais vêm se utilizando destas modernas técnicas para atender suas necessidades e resolver questões pertinentes a seus trabalhos, permitindo assim o aprimoramento das mesmas. Sendo que Rodrigues (1990) disse que o geoprocessamento é conjunto de tecnologias de informações espaciais, do desenvolvimento e uso de sistemas que as utilizavam. Segundo Silva et al. (1998), geoprocessamento é a operação sobre base de

dados geocodificados, execução de análises, reformulações e sínteses sobre os dados onde serão utilizados em um sistema de processamento automático.

Rocha, (2000) diz que ao mencionar geoprocessamento há condução a uma série de equipamentos e procedimentos necessários para atender a interesses sociais, econômicos e culturais. E as necessidades devem ser atendidas em espaços de tempo curtos e obter informações confiáveis e precisas para servirem de apoio no planejamento e tomadas de decisões.

Conforme Assad (1998), num sistema de geoprocessamento, os dados tem pouca simetria e regularidade que passam ser reproduzidas. Mas ainda, os dados estão sempre georeferenciados, isto é, localizados na superfície da terra. Na grande maioria dos casos, os dados estão numa projeção cartográfica, o que impõe uma disposição relativa às coordenadas geográficas.

Neste sentido, Sader et al.(1990), recomenda uma otimização das análises envolvidas para estudos ambientais com a combinação de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

Como já foi mencionado, e Farret (2006) reforça que a permanente evolução dos computadores, seja em memória, periféricos ou aplicativos, gerou-se e um elevado número de informações, propiciando o desenvolvimento de sistemas de informações destinados ao processamento destes dados referenciados geograficamente, desde a sua aquisição até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos em meio magnético, entre outros, provendo ainda recursos para o seu armazenamento, gerenciamento, manipulação e análise dos dados através de banco de dados, esses sistemas foram denominados como “Sistemas de Informações Geográficas”, conhecidos como SIG ou GIS, nomenclatura original americana “Geographic Information System”.

2.2 Sistema de posicionamento global

Os Sistemas de Posicionamento Global surgiram para proporcionar o posicionamento em qualquer lugar do planeta Terra. Rocha (2000) diz que são revolucionárias técnicas de navegação e mensuração. Que baseavam seus trabalhos nas bússolas e teodolitos. Estes aparelhos forneciam diretamente direção e indiretamente distâncias, com as quais conseguia-se calcular coordenada e áreas.

Para Farret (2006), os Sistemas de posicionamento, consegue-se obter posição, direção, velocidade, distância e área resolvendo-se problemas de navegação e de mensuração (cálculo de coordenadas, azimute/rumos).

O primeiro sistema de satélites colocado à disposição do meio civil foi o U.S. Navy's Low Orbit Transit System, disponível desde 1967; permitindo a determinação de pontos com a precisão na ordem de decímetros. Esse sistema foi utilizado, principalmente, para a navegação, prospecção de recursos naturais e para o controle de redes geodésicas. Essa situação mudou com o aparecimento em 1973, do Navigation System Using Time and Ranging – NAVSTAR ou Global Positioning System – GPS, o qual permite alcançar precisões muito melhores que qualquer sistema anteriormente existente. O sistema Russo denominado Global Navigation Satellite Systems – GLONASS surgiu como principal concorrente a partir de 1982. Atualmente a Europa está definindo um novo sistema denominado GALILEO. No Brasil o sistema mais usado é o GPS (Farret, 2006).

Farret (2006), ainda comenta que o Sistema de Posicionamento Global (GPS) é um sistema mundial de radionavegação formado por uma constelação de 24 satélites e de várias estações fixas na terra. O receptor GPS usa estes satélites como pontos de referência para calcular a posição exata onde se encontra.

O Sistema GPS trabalha baseado em cinco princípios segundo Bohrer e Patussi, (2006):

1. A base do sistema é a triangulação dos satélites;
2. Na triangulação, o receptor GPS mede a distância usando o tempo de deslocamento dos sinais de rádio dos satélites;
3. Para medir o tempo de deslocamento dos sinais, o sistema GPS necessita um sincronismo do tempo muito preciso;
4. Além da distância, é necessário saber exatamente onde os satélites estão no espaço utilizando-se as órbitas elevadas e a monitoração cuidadosa;
5. Deve-se corrigir os atrasos que o sinal sofre através da atmosfera.

O aparelho GPS receptor do sinal nos fornece as coordenadas horizontais e verticais do ponto onde encontra. Para a utilização do sinal GPS pode-se utilizar três tipos de aparelhos: navegação, topográfico ou o geodésico. Na utilização do GPS de navegação obtemos uma precisão absoluta da coordenada menor que 15 metros e uma precisão relativa menor de até 4 metros, pois este tipo de aparelho utiliza apenas o código CA no cálculo da posição. Precisão absoluta significa a variação da coordenada em função da coordenada real daquele ponto do terreno, enquanto que precisão relativa significa a variação constante que

ocorre em torno do ponto, mas deslocada sempre no mesmo sentido em relação à coordenada real. Os aparelhos topográficos e geodésicos fornecem coordenadas com precisão menor que um centímetro Bohrer e Patussi, (2006).

2.3 IDRISI For Windows 3.2

O IDRISI é uma ferramenta computacional de SIG – Sistema de Informações Geográficas definido como sistema que possui a capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibições de informações digitais georeferenciadas segundo Rocha (2000).

Foi desenvolvido pela Escola de Geografia da Universidade de Clark – EUA. Em 1987 surgiu sua primeira versão e seu principal autor foi o Dr. J. Ronald Eastman. Tem sido utilizado como SIG de tipo *raster* e de processamento de imagens com grande difusão, devido a sua enorme capacidade e seu baixo custo segundo Neto e Fernandes (2006).

Pereira et al. (1995), explica que a evolução deste aplicativo teve várias versões, incluindo inicialmente uma em DOS, após foi aprimorado e lançado no mercado a primeira versão em Windows, o *IDRISI For Windows 1.0*, o *IDRISI For Windows 2.0* e a versão mais recente o *IDRISI For Windows 3.2* que possui maior capacidade de trabalho e de resolução, trabalhando com o sistema RGB, ou seja, *32 bits*, mas para serem feitos cruzamentos de banco de dados o sistema de trabalho deste SIG continua em 8 bits, devido a complexidade destes cálculos, onde o limitante é o volume de dados gerados. Este software está disponível no Centro de Recursos IDRISI-UFRGS, em Porto Alegre/RS, seu principal pesquisador é o Professor Heinrich Hasenack.

Pereira et al. (1995) ainda comenta que este aplicativo mostrou-se muito útil para orientar o gerenciamento ambiental e para promover a localização exata de informações necessárias, através de consulta ao banco de dados, incluindo ferramentas para analisar dados baseados em seu posicionamento global. O IDRISI apresenta um módulo direcionado à banco de dados, que é uma coleção de mapas e informações associadas na forma digital. Como se trata das feições da superfície da terra ele compreende dois elementos: um banco de dados espacial, que descreve as formas e posições das feições e um banco de dados de atributos, o qual descreve as características ou qualidades dessas mesmas feições.

Neto e Fernandes (2006) indicam que para o usuário tenha melhor aproveitamento das etapas desenvolvidas é necessário o exame de cada resultado. A análise esta ligada a

operações em cascata, cada qual dependendo da anterior. Como resultado o usuário poderá obter respostas truncadas e os erros se acumulam rapidamente, sendo que o maior seguro contra isso é pensar cuidadosamente sobre o resultado esperado e então examinar cada produto para ver se ele preenche as expectativas, e só a partir desse momento seguir para outra rotina ou elaboração de novos dados.

Como a maioria dos SIGs (Sistemas de Informações Geográficas), o IDRISI 3.2 é formado por um conjunto de módulos, ou seja, o termo módulo é usado como referência a cada uma das atividades desempenhadas individualmente, por cada tarefa acionada, como se fosse programas independentes da plataforma IDRISI *For Windows 3.2*. O sistema *raster* ou matricial é um modelo de dados, que representa estruturalmente o espaço, compartimentando-o em células regulares, *pixel*, onde cada célula representa atributo ou valor, proporcional a energia eletromagnética emitida e refletida pela área de superfície terrestre correspondente. Quanto maior for a dimensão de cada célula (resolução espacial) menor será a precisão ou detalhe na representação do espaço geográfico comenta Neto e Fernandes (2006).

Ainda Neto e Fernandes (2006), demonstram que o módulo “*Buffer*” é considerado um operador de distância, onde calcula a mesma a partir de uma feição única de um conjunto de feições. Em um ambiente *raster* ele reproduz uma imagem resultante, onde cada *pixel* recebe um valor representando a sua distância da feição mais próxima. Assim permite elaborar distâncias especificadas como delimitar uma faixa de 30 m ao longo de uma rede de drenagem, por exemplo.

2.4 Bacia hidrográfica

De acordo com Valente e Gomes (2005) a bacia hidrográfica é delimitada no espaço geográfico pelo divisor de águas, representado pela linha que une os pontos de cotas mais elevadas, fazendo com que a água da chuva, ao atingir a superfície do solo, tenha seu destino dirigido no sentido de um ou outro córrego ou rio.

A bacia hidrográfica foi determinada como unidade territorial para planejamentos na Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

Entende-se por sub-bacia hidrográfica a área que drena as águas das chuvas diretamente num rio, e cuja área está compreendida no intervalo entre os 20.000ha e os 300.000ha. Os limites deste intervalo são meramente operacionais e válidos para a região Sul

do Brasil, Uruguai e Norte da Argentina. Considera-se que uma equipe de campo trabalhando em planejamento integrado de bacias hidrográficas consegue atuar numa área máxima de 20.000ha, razão pela qual este valor constitui o limite inferior do intervalo acima referido (Rocha, 1991).

Segundo o mesmo autor, 300.000ha corresponde ao máximo de área que é possível manusear facilmente no sistema cartográfico tradicional do Sul do Brasil (cartas à escala 1:50.000). Sempre que a área da sub-bacia for superior a 20.000ha, procede-se à sua subdivisão em microbacias. As microbacias obedecem à mesma definição das sub-bacias, mas apresentam área inferior a 20.000ha.

Embora os componentes bióticos dos ecossistemas como rios, lagos ou florestas pareçam auto-suficientes, eles são na verdade sistemas muito abertos que formam parte de sistemas de maiores dimensões, as bacias hidrográficas, dependendo o seu funcionamento e a sua estabilidade relativa, em muito do influxo e efluxo de água na bacia hidrográfica Odum, (1988).

Segundo Odum, (1988), a bacia hidrográfica inteira, ou seja, a massa de água e as cidades, interligadas por um sistema de riachos ou rios e às vezes por uma rede de drenagem subterrânea, interagem como uma unidade prática, ao nível do ecossistema, tanto para o seu estudo como para o seu gerenciamento.

Para Calheiros et al. (1999) como a bacia hidrográfica constitui uma unidade hidrológica natural, ela representa a unidade mais lógica para o planejamento dos recursos hídricos, já que permite que o foco das atenções se concentre nestes recursos, e se tenha uma visão de conjunto dos problemas que os afetam. O conceito de bacia hidrográfica pode ajudar a colocar em perspectiva muitos dos problemas e conflitos ambientais cuja resolução necessita de uma abordagem integrada, como por exemplo a poluição da água, os problemas de assoreamento dos rios, a perda da capacidade produtiva dos solos, a poluição orgânica que resulta das atividades humanas, a deterioração da fauna e flora selvagem, nas erosões, etc.

Uma bacia hidrográfica pode ser manejada priorizando o abastecimento do lençol freático, criando condições para que as nascentes possam produzir bons volumes de água ao longo do tempo. Isto garante córregos e rios com vazões mais regulares durante o ano. Mesmo que os lençóis freáticos não aflorem (nascentes), eles podem ser explorados através de poços freáticos ou artesianos Valente e Gomes, (2005).

Para ter sucesso o planejamento de bacias hidrográficas deve respeitar a especificidade da bacia objeto de análise, não existindo por isso uma metodologia capaz de se aplicar a todas as bacias hidrográficas Reid, (1993).

Existem, no entanto linhas orientadoras, reconhecidas que deverão ser observadas no planejamento integrado de bacias hidrográficas, como as que seguem:

- a) Respeito pela especificidade e particularidades de cada bacia hidrográfica: como acabou de se referir, a estrutura e funcionamento difere de bacia para bacia, apresentando por isso cada bacia os seus problemas específicos que exigem uma abordagem particular (ROCHA, 1991);
- b) Multidisciplinaridade: para compreender a complexidade das relações que se estabelecem entre os diferentes componentes da bacia hidrográfica e dar resposta a problemas cujas causas são diversas e produzem efeitos cumulativos, é necessário adotar uma abordagem integrada e multidisciplinar (ODUM, 1988);
- c) Participação da comunidade: os grupos de interesse que são afetados pelas decisões do planejamento devem ser envolvidos no processo, já que a sua participação assegura que os objetivos estabelecidos em nível ambiental não são incompatíveis com os objetivos econômicos, sociais e culturais das populações que habitam e utilizam os recursos da bacia. Ao envolver a comunidade no processo de tomada de decisão criam-se ao mesmo tempo, condições para que o projeto seja aceito por todos, que todos se empenhem na sua concretização, assumindo cada um a sua quota de responsabilidade (VALENTE E GOMES, 2005);
- d) Adoção de metodologias sólidas do ponto de vista científico e tecnológico: todas as decisões e soluções adotadas deverão incorporar o conhecimento científico disponível e apoiar-se na utilização de dados, técnicas e metodologias aceitas como válidas por todos Valente e Gomes, (2005).

Segundo Freitas (1997), o proprietário de terras banhadas por cursos d'água (terras riparianas) e situadas em sua bacia hidrográfica, é autorizado a usar as águas do curso d'água na margem que lhe é comum, desde que não modifique substancialmente sua qualidade, quantidade e ponto de saída. O proprietário ripariano não é dono da água, mas tem permissão para usá-la em suas terras.

Com base na necessidade de adequação do sistema brasileiro de gestão de recursos hídricos foi sancionada, em 8 de janeiro de 1997, a Lei n.º 9.433 que instituiu a Política

Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a qual define em seu artigo 2º, os seguintes objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos do Governo Federal, Brasil (1997):

- Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Na elaboração do texto da Lei 9.433 (Brasil, 1997) foram considerados diversos princípios praticados atualmente por países que têm realizado ampla discussão relativa à gestão de seus recursos hídricos, como:

- A adoção da bacia hidrográfica como a unidade de planejamento;
- A consideração dos usos múltiplos da água;
- O reconhecimento da água como bem finito e vulnerável;
- O reconhecimento do valor econômico da água, que serve de base à instituição da cobrança pela utilização dos recursos hídricos, induzindo o uso racional desse recurso natural;
- A gestão descentralizada e participativa. A gestão descentralizada fundamenta-se no fato de que as decisões que puderem ser tomadas no âmbito de governos regionais ou locais, não deverão ser tratadas em Brasília ou nas capitais estaduais. A gestão participativa permite que os usuários, a sociedade civil organizada, as organizações não-governamentais (ONGs) e outros organismos possam influenciar no processo de tomada de decisão.

2.5 Matas ciliares

Mata ciliar é a formação vegetal nas margens dos rios, córregos, lagos, represas e nascentes. Pode também ser chamada de floresta ripária.

Toda a vegetação natural (arbórea ou não) que estiver presente ao longo das margens dos rios, nascentes e reservatórios, deve ser preservada, de acordo com o Código Florestal, Lei nº 4771/65 (Brasil, 1965) A largura da faixa de preservação varia com a largura do rio, conforme Quadro 1 e Figura 1.

Largura Mínima da Faixa	Situação
30 m em cada margem	Rios com menos de 10 m de largura

Continua...

Continuação...

Largura Mínima da Faixa	Situação
30m em cada margem	Rios com menos de 10m de largura
50m em cada margem	Rios com 10 a 50m de largura
100m em cada margem	Rios com 50 a 200m de largura
200m em cada margem	Rios com 200 a 600m de largura
500m em cada margem	Rios com largura superior a 600m
Raio de 50m	Nascentes
30m ao redor do espelho d'água	Lagos ou reservatórios em áreas urbanas
50m ao redor do espelho d'água	Lagos ou reservatórios em zona rural, com área menor que 20ha
100m ao redor do espelho d'água	Lagos ou reservatórios em zona rural, com área igual ou superior a 20ha
100m ao redor do espelho d'água	Represas de hidrelétricas

Fonte: Brasil (1965).

Quadro 01 – Dimensões das faixas de mata ciliar segundo o Código Florestal de 1965.



Fonte: SALBEGO (2007).

Figura 01 – Largura da faixa de mata ciliar.

A importância da mata ciliar tem a ver com a proteção dos cursos d'água contra o assoreamento e a contaminação com agrotóxicos e proteção da fauna. São consideradas Áreas de Preservação Permanente (APPs). De acordo com Lima (1989) a existência de mata ciliar ajuda a reduzir o escoamento superficial, que pode causar erosão e arraste de nutrientes e sedimentos para os cursos d'água e também desempenha efeito de filtragem superficial e subsuperficial dos fluxos d'água para os canais.

Os impactos antrópicos tornam essas formações vegetais muito frágeis, segundo Van Den Berg (1995), já que nestas áreas os solos são mais férteis e úmidos atraindo a implantação de atividades agrícolas.

Como consequência dos impactos gerados pelo homem, Calheiros et al. (1999) cita a situação de diversas regiões brasileiras reduzidas, hoje, a fragmentos esparsos, o que, segundo Van Den Berg (1995) coloca em risco a diversidade da fauna.

Segundo Simões (2001) para um adequado manejo de bacias hidrográficas, a recuperação das matas ciliares é um dos fatores mais importantes e juntamente com outras práticas conservacionistas, pode garantir a quantidade e qualidade da água, além da biodiversidade.

2.6 Nascentes

De acordo com Calheiros et al. (1999) nascente é o afloramento do lençol freático, que originará uma fonte de água de acúmulo (represa), ou cursos d'água (regatos, ribeirões e rios). Localizam-se em encostas ou depressões do terreno ou no nível de base representado pelo curso d'água local. Podem ser: perenes (fluxo contínuo); temporárias (fluxo apenas na estação chuvosa) e efêmeras (quando aparecem durante as chuvas, podendo permanecer por alguns dias ou horas).

Características desejáveis nas nascentes segundo Calheiros et al., (1999):

- Fornecer água de boa qualidade, abundante e contínua;
- Localizar-se próxima do local de uso e de cota topográfica elevada, para ser distribuída sem gasto de energia;
- Ter boa quantidade de água produzida;

- Ter boa distribuição no tempo, ou seja, a variação da vazão deve se situar dentro de um mínimo adequado ao longo do ano.

Segundo Loureiro (1983) uma nascente se origina graças à chuva que cai e se infiltra no solo. Uma parte é temporariamente retida nos espaços porosos do solo, outra é absorvida pelas plantas e a outra alimenta os aquíferos, que constituem o horizonte saturado do perfil do solo.

As nascentes ou olhos d'água acontecem quando a descarga de um aquífero concentra-se em uma pequena área localizada. Quanto à formação pode dividir-se em (LINSLEY E FRANZINI, 1978):

- a) Sem acúmulo superficial de água: acontece quando o afloramento ocorre em terreno declivoso, surgindo em um único ponto em decorrência da inclinação da camada impermeável ser menor que da encosta. Mas, se a superfície freática interceptar a superfície do terreno e o escoamento for espreado em uma área, o afloramento será difuso formando grande número de pequenas nascentes (veredas);
- b) Com acúmulo inicial de água: quando a camada impermeável fica paralela à parte mais baixa do terreno e, quando próxima da superfície forma um lago.

2.7 Legislação

Segundo a Lei Federal 4.771/65 (Brasil, 1965), alterada pela Lei 7.803/89 (Brasil, 1989) e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001 (Brasil, 2001), “consideram-se de preservação permanente, pelo efeito de Lei, as áreas situadas nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados “olhos d'água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, devendo ter um raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura.”

Segundo os Artigos 2º e 3º dessa Lei “A área protegida pode ser coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.”

Quanto às penalidades, a Lei de Crimes Ambientais 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (Brasil, 1998), conforme Artigo 39, determina que é proibido “destruir ou danificar floresta com infringência das normas de proteção.” É prevista pena de detenção, de um a três anos, ou multa, ou ambas as penas, cumulativamente. Se o crime for culposo, a pena será reduzida à metade.

A fim de regulamentar o Art. 2º da Lei nº 4.771/65 (Brasil, 1965), publicam-se a Resolução CONAMA 004, de novembro de 1985 (Brasil, 1985), que se referia às Áreas de Preservação Permanente (APP) quanto ao tamanho das áreas adjacentes e recursos hídricos; a segunda, refere-se às áreas de preservação permanente no entorno dos reservatórios artificiais, determinando que:

“As áreas de Preservação Permanente ao redor de nascentes ou olho d’água, localizada em área rural, ainda que intermitente, ou seja, só aparece em alguns períodos (estação chuvosa, por exemplo), deve ter raio mínimo de 50 metros de modo que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte”.

Calheiros et al. (1999) diz que as nascentes localizadas em áreas urbanas, que permanecem sem qualquer interferência, por exemplo, de nenhuma construção em um raio de 50 metros, vale a mesma legislação da área rural. Para aquelas já perturbadas por intervenções anteriores em seu raio de 50m, por exemplo, com habitações anteriores consolidadas, na nova interferência, deve-se consultar os órgãos competentes.

Para se obter autorização para intervenção na APP é necessário que seja protocolado um processo de licenciamento, que tramitará no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) e em casos de supressão, somente será permitido naqueles previsto no Artigo 4º da Lei 4.771/65 (Brasil, 1965), alterada pela 7.803/89 (Brasil, 1989) e pela Medida Provisória 2.166/67/2001 (Brasil, 2001), ou seja, “a supressão de vegetação em área de preservação permanente somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesse social, devidamente caracterizados e motivados em procedimentos administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto”.

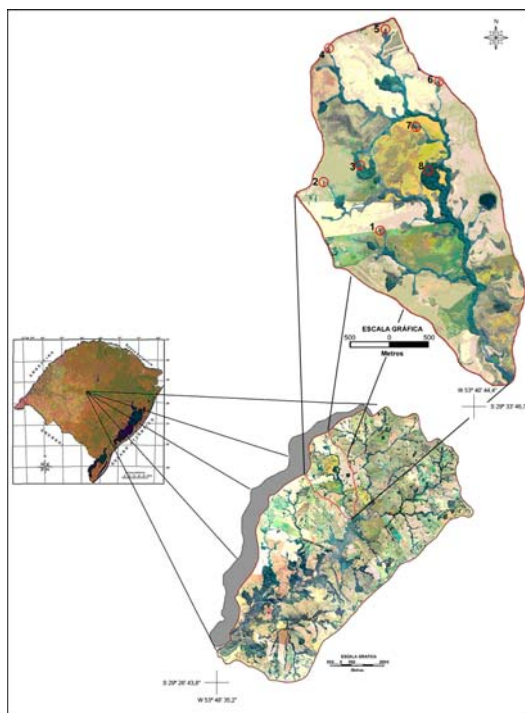
A autorização pleiteada, se concedida, será condicionada ao cumprimento por parte do interessado de um Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental, contemplando o reflorestamento da APP da nascente com mudas de árvores de espécies nativas regionais diversas, adaptadas para cada tipo de ambiente, sobretudo relacionado com as possíveis ocorrências do curso d’água (enchentes).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

As atividades de campo foram realizadas na Microbacia Hidrográfica que abrange as Barragens Rodolfo Costa E Silva e Saturnino de Brito, em Itaara-RS, com aproximadamente 8.882,5ha, onde foram localizadas as áreas amostrais para o desenvolvimento do trabalho. Dentro da referida área está sendo desenvolvido um projeto de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas por alguns professores pesquisadores da UFSM, Fundação Educacional para o Desenvolvimento e Aperfeiçoamento da Educação e Cultura (FUNDAE) e CIPAM (Centro Internacional de Projetos Ambientais) com patrocínio da PETROBRAS AMBIENTAL.

A área localiza-se em uma das Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí Mirim. Está localizada na porção sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, compreendidas entre as coordenadas de 53°40'44,4'' a 53°48'35,2'' de Longitude Oeste do Meridiano de Greenwich e 29°26'43,8'' a 29°33'46,7'' de Latitude Sul, conforme a Figura 02.



Fonte: CIPAM (Centro Internacional de Projetos Ambientais), 2007.

Figura 02 - Localização da Microbacia hidrográfica do Rio Ibicuí Mirim, em detalhe a sub-bacia objeto de estudo.

3.1.1 Hidrografia

Diferente da maioria dos afluentes do Rio Uruguai, o Ibicuí é um rio de planície, com fluxo lento, e com substrato bastante arenoso. Castro *apud* Rambo (1994) descreveu o rio Ibicuí como possuidor de um leito raso, ladeado por pantanais e com ampla planície de inundação. É um dos principais afluentes do Rio Uruguai, sendo formado pelos rios Ibicuí-Mirim e Santa Maria.

Rio Ibicuí, quer dizer “Rio das Areias Brancas”, possui uma Bacia Hidrográfica que abrange uma área total de 4.681.943ha, correspondendo a 17% da área total do Estado do Rio Grande do Sul. Este nasce na localidade de Lageadinho, em rochas basálticas da Formação Serra Geral no topo do Planalto Sul-brasileiro, a uma altitude de aproximadamente 516m. Acompanhando o rebordo do Planalto, o rio tem a maior parte da sua bacia na cota altimétrica de 100m, aproximadamente, e deságua nas planícies aluviais da Depressão Periférica, na Formação Santa Maria, onde a cota fica em torno de 80m. Ao longo do curso do Ibicuí-Mirim e na área em estudo, podemos encontrar duas barragens: a Barragem de Val de Serra, situada mais a montante em relação ao curso do rio e da qual provém 60% da água que é consumida na cidade de Santa Maria; e a Barragem Saturnino de Brito, sendo esta menor e localizando-se no limite a jusante da microbacia em estudo. Drenando três Municípios: Itaara, São Martinho da Serra e Júlio de Castilhos.

3.1.2 Características fisiográficas

O Rio Grande do Sul apresenta quatro grandes compartimentos geomorfológicos: Planalto, Depressão Periférica, Escudo Sul-rio-grandense e Planície Costeira.

Desta forma, a microbacia Hidrográfica do Rio Ibicuí-Mirim pode ser dividida, em linhas gerais, em três grandes compartimentos geomorfológicos com características morfológicas e geológicas distintas como descreveu Maciel Filho (1990) : Topo do Planalto, Rebordo do Planalto e Coxilhas da Depressão Periférica:

Topo do planalto: Engloba São Martinho da Serra, correspondendo à parte do extremo sul do Planalto Meridional Brasileiro. É a zona das nascentes localizada na denominada região do planalto, onde a altitude varia entre 300 e 480 metros, é formado pelo vulcanismo da Bacia do Paraná, ocorrido no Mesozóico, com a presença de basaltos e arenitos. A região é caracterizada pela presença de um relevo ondulado, resultante do trabalho

de dissecação fluvial na superfície do planalto. A drenagem segue o padrão dentrítico, com vales em V ou de fundo plano (MACIEL FILHO, 1990);

Rebordo do planalto: É uma área de transição entre o Planalto e a Depressão Periférica, caracterizada por escarpas abruptas. É uma zona muito acidentada, com alta energia de relevo, transitando das superfícies planáltinas para as planícies da Depressão Central, com declividades médias que variam entre 5,6 e 45,5% da base para os setores mais elevados. O conjunto dessa unidade de relevo, embora aproximadamente retilíneo, apresenta vales profundos, resultantes da erosão fluvial regressiva; correspondem aos vales de rios como o Ibicuí-Mirim. Esses cursos de água devido ao grande desequilíbrio do seu perfil longitudinal, seccionaram a escarpa por erosão remontante, juntamente com os seus afluentes. A declividade permitiu que o lençol freático aflorasse (MACIEL FILHO, 1990);

Coxilhas da depressão periférica: É constituída por rochas sedimentares da Bacia do Paraná, que datam dos Períodos Paleozóico e Mesozóico (Triássico), encobertos localmente por sedimentos cenozóicos e também recentes (planícies aluviais). Destaca-se na região uma topografia mais ou menos plana e suavemente ondulada, com morros de forma arredondada, ou seja, as declividades são baixas (6 a 14%) e as altitudes situam-se entre 80 e 130m, constituindo-se em unidade de baixa energia de relevo. Esse relevo de ondulações suaves contorna as águas baixas, normalmente recobertas por aluviões finos, onde afloram os lençóis de água que originam os banhados. Essas coxilhas constituem-se em pequenos divisores de água que separam as Microbacias dos tributários dos rios Vacacaí e Ibicuí e que, por isso, foram ocupadas pelo traçado do interior do município (MACIEL FILHO, 1990).

3.1.3 Características climáticas

Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, com temperatura média anual de 18° C, com verões quentes e invernos frios, chuvas bem distribuídas durante todo o ano em torno de 1500mm, caracterizando o clima subtropical, segundo Moreno (1961).

Nimer (1990), diz que os vários elementos que compõem o clima do Sul do Brasil são resultado da atuação das várias correntes de ar ou massas de ar que por sua vez compõem a circulação geral da atmosfera. As três massas de ar que atuam no Sul do Brasil de forma intensa são: a Massa Tropical Atlântica, Massa Polar Atlântica e a Massa Tropical Continental.

3.1.4 Vegetação

A área de estudo encontra-se na região fitogeográfica das Florestas Estacionais Deciduais, conforme Brena e Longhi (2002), são florestas ombrófilas, que se desenvolvem junto as matas de araucária e campos apresentando uma grande quantidade de indivíduos. Para os autores as espécies que ocorrem são comuns das formações secundárias, todas especializadas na colonização de clareiras. Dentro da área as espécies estão distribuídas conforme a aptidão dos ambientes naturais. Três tipos de formação podem ser encontrados: formações aluviais, formações montanas, que abrangem áreas com altitudes superiores a 400 metros.

Conforme Leite e Klein (1990), na estrutura organizacional da floresta podem ser observados vários estratos, entre eles: um emergente ou superior, descontínuo, composto por árvores deciduais de até 30m de altura, de espécies como a grápia (*Apuleia leiocarpa*), angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*), louro (*Cordia trichotoma*) entre outras. No estrato médio, apresenta copas densas e perinifoliadas com altura de aproximadamente 20m, tendo por ocorrência principalmente espécies de lauráceas e leguminosas. O terceiro estrato (inferior), caracterizado por arvoretas, bastante adensado e indivíduos de poucas espécies, dentre elas o cincho (*Sorocea bomplandii*), a laranjeira-do-mato (*Actinostemon concolor*), o catiguá (*Trichilia clauseni*). Possuindo ainda uma coloração levemente acinzentada e perde parte das folhas especialmente na estação fria.

Para caracterizar o estágio atual da cobertura vegetal do Rio Grande do Sul Vieira (1984), cita as seguintes formações que ocorrem na área de estudo:

- Campos com capões: capões são matas com contornos arredondado ou oval de fisionomia compacta, sendo que sua estrutura diferencia-se de acordo com a região de ocorrência;
- Campos com matas nativas: na sua constituição arbórea, encontra-se espinilhos, açoita-cavalo, *Nectandra spp.* (canelas), salgueiro, cedro, figueira, canjerana, *Tabebuia spp.* (ipês), lianas e epífitas, alecrim, *Parapitadenia rígida* (Benth.) Brenan (angico), *Apuleia leiocarpa* (Vogel.) J. F. Macbr. (grápia), *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud. (louro), *Patagonula americana* L. (guajuvira), *Phytolacca dióica* L. (umbu) e todas as espécies típicas da Floresta Estacional Decidual, sendo a mais nítida formação florestal ao sul do Vacacaí-Jacuí. Nas áreas de campo, são comuns as palmeiras associadas as gramíneas, entre os elementos arbóreos mais encontrados

estão: *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg (guabiroba), *Syagrus romanzoffian* (Cham.) Glassman (jerivá), cedro, louro, *Pisonia ambigua* Heimerl (maria-mole) e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (timbaúva);

- Campos e matas de galerias: a densa malha hidrográfica do Rio Grande do Sul interage com os diferentes geossistemas com um componente importante, as formações vegetais do tipo galerias, encontradas nos fundos dos vales e nas planícies aluviais devido à concentração de umidade, servindo como condições físicas necessárias para o desenvolvimento das etapas subarbustivas, arbustivas e arbóreas. Ao longo dos pequenos arroios, a vegetação ciliar adquire feições palustres, emaranhando-se na parte superior, envolvendo ambas as margens;
- Floresta de galeria: aparece ao longo dos cursos d'água, rios, arroios ou córregos, a vegetação se adensa nas margens, caracterizando-se em um tipo particular de formação vegetal. Para Vieira (1984), são as florestas, as matas ou os capões, galerias ou ciliares. Estas formações estão ligadas à maior umidade do solo, seja pela presença do rio ou de fontes de água subterrânea.

3.1.5 Solos

O solo Podzólico Vermelho-Escuro (Argissolos) compreende solos minerais, não hidromórficos, caracterizados pela presença de um horizonte B textural de coloração vermelho-escuro, bruno-avermelhado, bruno-avermelhado-escuro e até vermelho-amarelado, principalmente nos matizes 10R e 2,5YR e menos comumente no matiz 5YR (matizes mais vermelhos). Possuem, em geral, um horizonte A do tipo moderado, embora possam apresentar um horizonte A do tipo proeminente ou mesmo chernozêmico. A maioria deles possui argila de atividade baixa no horizonte B, cuja fração argila tem quase o predomínio da caulinita e óxidos. A hematita é o óxido de ferro predominante, responsável pela coloração avermelhada dos solos desta classe, conforme Streck et al., 2002.

3.2 Materiais Utilizados

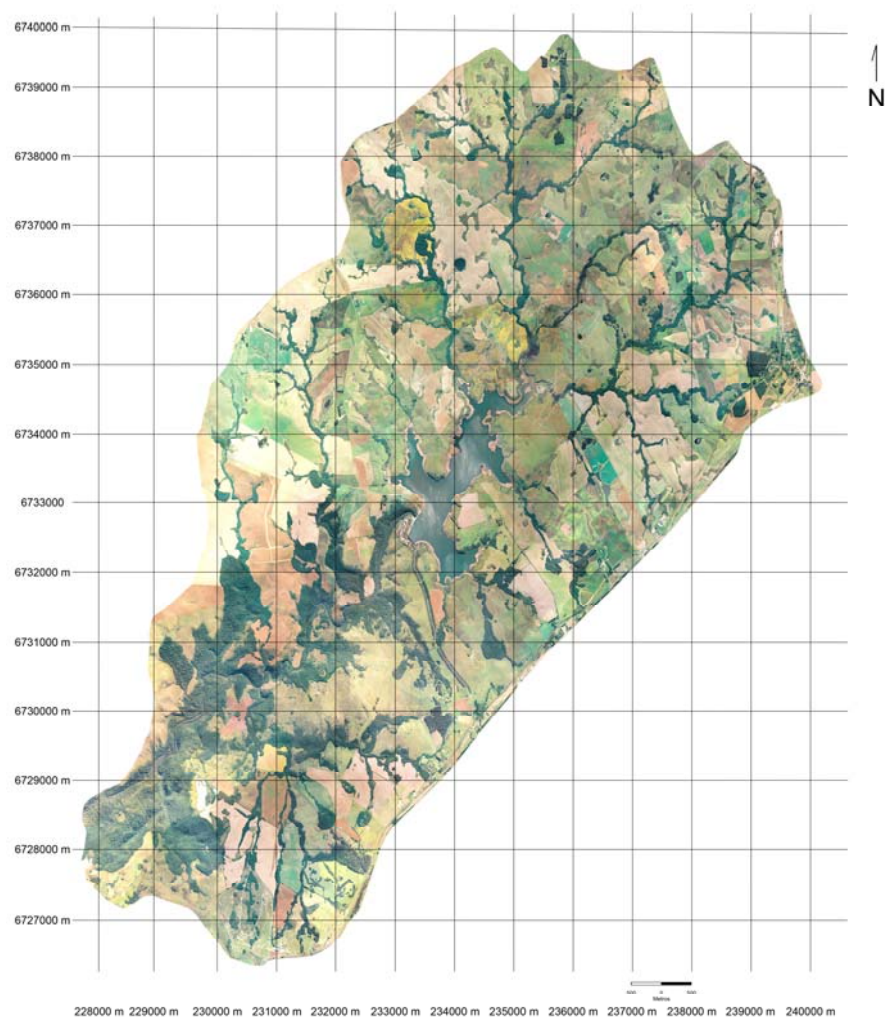
Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais de campo e de laboratório:

- Cartas topográficas de escala 1:50.000, elaboradas pela Divisão de Serviço Geográfico (DSG) do Ministério do Exército – Departamento de Engenharia e Comunicações;
- Mosaico digital aerofotográfico, oriundo de aerofotogramas de vôo realizado em abril de 2005, escala 1:9.800;
- Aparelho de GPS (Sistema de Posicionamento Global) Garmim Legend Etrex;
- Máquina fotográfica digital;
- Software de SIG (Sistema de Informação Geográfica) IDRISI for Windows 32, programado por EASTMAN (1994) – Clark University: Worcester, USA;
- Software de edição como Adobe Photoshop 7;
- Software de criação de gráficos.

3.3 Metodologia

3.3.1 Utilização do geoprocessamento

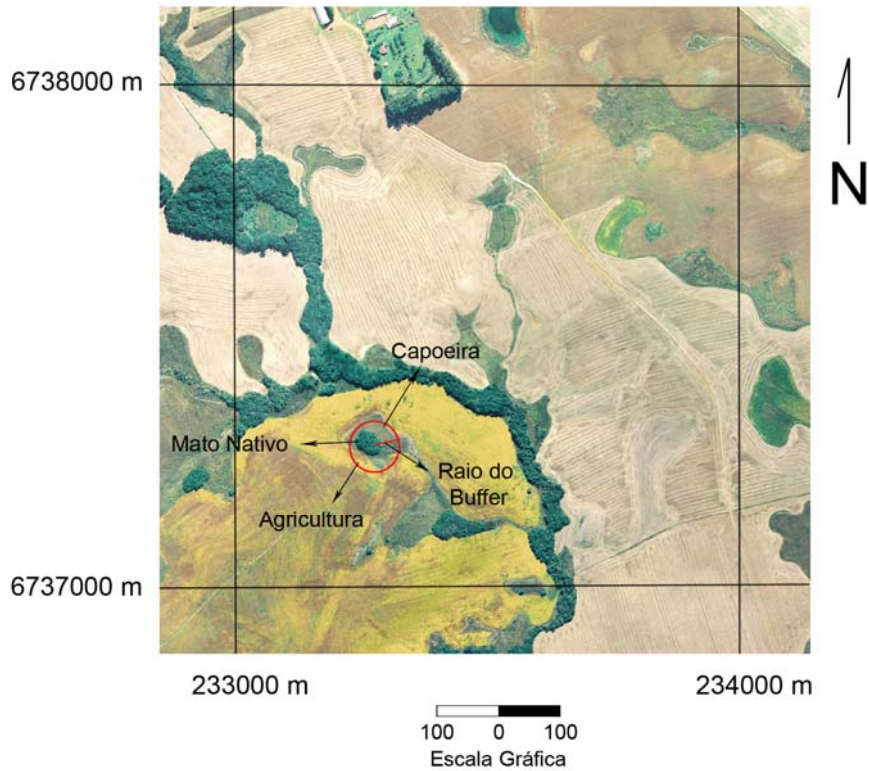
A elaboração do trabalho iniciou com a montagem de um mosaico aerofotográfico, onde a entrada de dados e informações foi feita no SIG IDRISI for Windows, programado por EASTMAN (1994) – Clark University: Worcester, USA, efetuando-se a georreferência e a delimitação da área de estudo através de digitalização (em tela) dos limites seguindo as estradas. No processamento da imagem foi realizada uma classificação digital utilizando o algoritmo de Maxver, onde foi obtida a classificação do uso da terra. Selecionou-se a sub-microbacia de estudo que foi dimensionada em 620,58ha (Figura 03). Após foi digitalizada a rede de drenagem e detectada as nascentes. Foram encontradas 30 nascentes a partir da identificação no mosaico, onde foram escolhidas 08 nascentes para este estudo das quais se registrou as coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) abrangendo toda a área da sub-microbacia e com diferentes paisagens.



Fonte: CIPAM (Centro Internacional de Projetos Ambientais), 2007.

Figura 03 – Mosaico aerofotográfico da microbacia hidrográfica do rio Ibicuí Mirim, em Santa Maria (RS).

Posteriormente realizou-se o *Buffer* com diâmetro de 50m segundo a Lei 4771/65 (Código Florestal Brasileiro (Brasil, 1965) que em seu Artigo 02 alínea c, define a área de preservação permanente em torno das nascentes a partir de um raio de 50m. A área delimitada desta forma abrangeu 0,797ha, como pode-se ver na figura explicativa número 04. Nestas pequenas áreas foram quantificados os usos da terra: agricultura, florestas e capoeira utilizando-se o software IDRISI *For Windows* 3.2. Num segundo momento foi-se a campo fazer a reambulação das nascentes tendo de posse as coordenadas geográficas.



Fonte: CIPAM (Centro Internacional de Projetos Ambientais), 2007.

Figura 04 – Demonstrativo do *Buffer* realizado na coordenada de cada nascente estudada.

3.3.2 Caracterização ambiental das nascentes

Depois de localizadas, georreferenciadas e com tamanho de área de influência definidos, foram quantificados dentro de cada área de influência os usos da terra: agricultura, floresta e capoeira/pastagem, utilizando-se o software *IDRISI for Windows 3.2*.

O tipo de uso do solo e a cobertura vegetal, são elementos importantes que interferem no processo erosivo. Além de proteger o solo contra a perda de material, o uso adequado e a cobertura vegetal o protegem direta e indiretamente contra os efeitos modificadores das formas do relevo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Localização das nascentes estudadas

Ao realizar o *Buffer* de 50m em torno das coordenadas de cada nascente, no ponto correspondente ao seu início (Figura 05) para delimitar a respectiva área de influência. Obteve-se para cada uma delas 0,797ha de área.



Fonte: CIPAM (Centro Internacional de Projetos Ambientais), 2007.

Figura 05 – Nascentes selecionadas para o estudo com a delimitação das respectivas áreas de influência.

4.2 Caracterização Ambiental

As áreas correspondentes aos usos da terra identificados em cada nascente se encontram nos Quadro 02 (em hectares) e no Quadro 03 (em percentual).

Nascente nº	Agricultura (ha)	Floresta (ha)	Capoeira (ha)
1	0,42	0,00	0,37
2	0,74	0,00	0,05
3	0,21	0,58	0,00
4*	0,56	0,00	0,17
5	0,52	0,00	0,38
6*	0,39	0,00	0,33
7	0,20	0,19	0,40
8	0,00	0,79	0,00

Quadro 02 – Áreas dos usos da terra, agricultura, floresta e capoeira, na área de influência de cada nascente estudada, em hectare.

Nascente nº	Agricultura (%)	Floresta (%)	Capoeira (%)
1	53,16	0,00	46,84
2	93,67	0,00	6,33
3	26,58	73,42	0,00
4*	76,71	0,00	23,29
5	65,82	0,00	34,18
6*	54,17	0,00	45,83
7	25,31	24,05	50,64
8	0,00	100	0,00

Quadro 03 – Áreas dos usos da terra, agricultura, floresta e capoeira, na área de influência de cada nascente estudada, em percentagem.

As nascentes em destaque* nos Quadros 02 e 03 tiveram parte de suas áreas de influência em outra microbacia, portanto estas áreas não foram consideradas para o cálculo dos usos da terra. Os cálculos em percentual tiveram como base os valores de uso da terra que pertencem somente à microbacia em questão (Microbacia Hidrográfica das Nascentes do Rio Ibicuí).

Conforme se observa nos Quadros 02 e 03, somente as nascentes 3, 7 e 8 apresentaram floresta em suas áreas de influência. Já o uso da terra agricultura só não apareceu na nascente 8, a qual teve 100% de sua área coberta com florestas. As capoeiras apareceram em quase todas as nascentes. As exceções foram as nascentes 3 e 8.

Na Figura 06 observam-se os valores médios percentuais dos usos da terra encontrados nas áreas de influência das 8 nascentes.

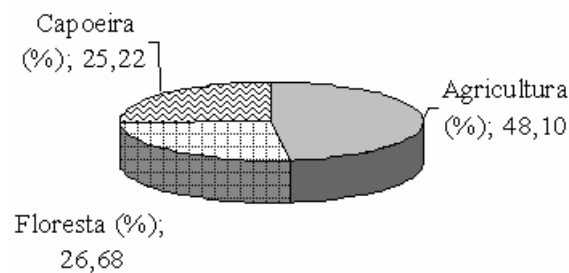


Figura 06 – Valores médios para cada uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) nas áreas de influência das nascentes estudadas, em percentagem.

Conforme pode ser conferido na Figura 06, a agricultura ainda ocupa grande parte da área de influência das nascentes (48,10%), ficando a floresta em segundo lugar (26,68%) e por último a capoeira, com 25,22%. Mas, como se tratam de valores médios, algumas nascentes apresentam situação preocupante, como pode-se conferir mais adiante nos resultados individuais das nascente. O percentual médio de floresta encontrado se deve, principalmente, à nascente 8 que teve 100% de sua área de influência coberta por este uso. Caso contrário o valor seria ainda bem menor.

Após a quantificação das áreas, caracterizou-se cada nascente, obtendo-se a seguinte descrição:

4.2.1 Nascente 1

A nascente número 1 (Figura 07), está localizada no meio de uma lavoura de soja. Sua vegetação original foi totalmente suprimida restando apenas capoeira. Suas coordenadas UTM (Universal Transversor de Mercator) são para x232887.85 e para y6736112.87. Não foi totalmente transformada em lavoura por ser uma área úmida de difícil drenagem e proporcionar acúmulos de água devido sua forma côncava. Nesta nascente, encontrou-se dentro da área de influência 0,42ha de agricultura, 0,37ha de capoeira e 0,0ha de floresta (Figura 08).



Figura 07 – Fotografia da nascente número 1 sob coordenadas UTM X232887.85 e Y6736112.87.

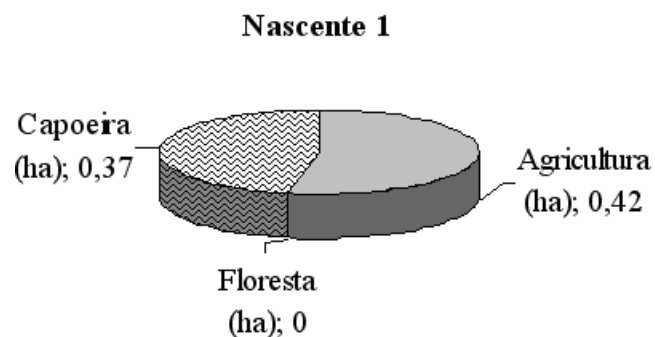


Figura 08 – Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 1.

4.2.2 Nascente 2

A situação da nascente número 2 é semelhante a da número 1 pois foi desmatada para a formação de lavoura. Possui vegetação muito rasteira (Figura 09) que também existe porque é área úmida de difícil drenagem. Está localizada nas coordenadas UTM x232240.58 e y6736661.98. Foi encontrada 0,74ha de agricultura, 0,05ha de capoeira e 0,0ha de floresta na área de influência. Considerando a área ocupada por agricultura (mais de 93%), a situação é ainda pior que a da nascente 1. A Figura 10 ilustra as áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) encontradas na área de influência da nascente 2.



Figura 09 – Fotografia da nascente número 2 sob coordenadas UTM X232240.58 e Y6736661.98.

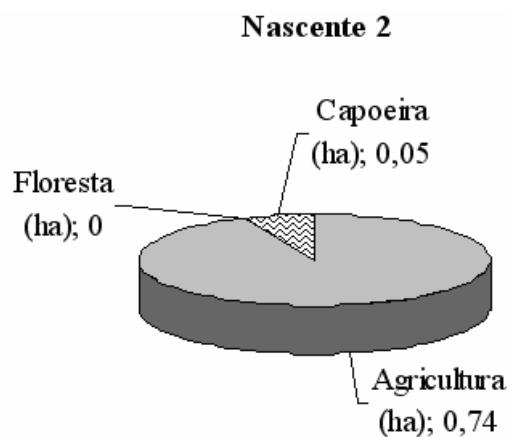


Figura 10 – Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 2.

4.2.3 Nascente 3

Na Figura 11 observam-se aspectos da nascente número 3, localizada nas coordenadas UTM para x232649.21 e para y6736837.00. Onde foi quantificado dentro da área de influência 0,21ha de agricultura, 0,58ha de floresta e 0,0ha de capoeira. Esta se encontra em melhor situação, pois em torno de 73% de sua área é ocupada por florestas. Mas ainda se identificou o uso da terra agricultura, o qual em área de preservação permanente não deveria existir. Na Figura 12 observa-se visualmente as áreas ocupadas pelos usos da terra encontrados na respectiva área de influência.



Figura 11 – Fotografia da nascente número 3 sob coordenadas UTM X232649.21 e Y6736837.00.

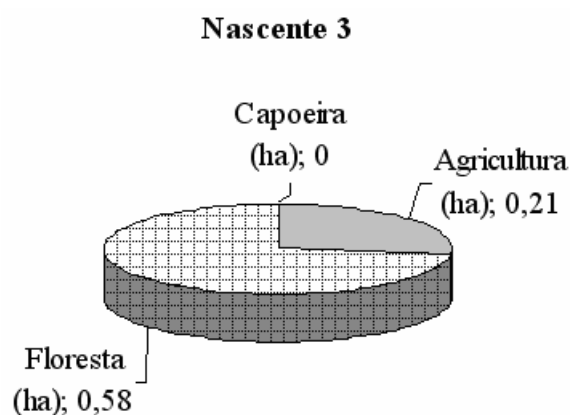


Figura 12 – Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 3.

4.2.4 Nascente 4

A nascente 4 é totalmente desprovida de floresta, sendo que sua área é quase toda ocupada por agricultura (Figura 13). Está localizada nas coordenadas UTM x232298.32 e para y6738165.74. Quanto a quantificação através do buffer encontrou-se 0,56ha de agricultura, 0,0ha de floresta e 0,17ha de capoeira. Considerando neste caso o uso agricultura como sendo o mais impactante, essa nascente está em uma situação muito inadequada ambientalmente. Pode-se visualizar na Figura 14 a distribuição dos usos da terra na área de influência desta nascente.



Figura 13 – Fotografia da nascente 4 sob coordenadas UTM X232298.32 e Y6738165.74.

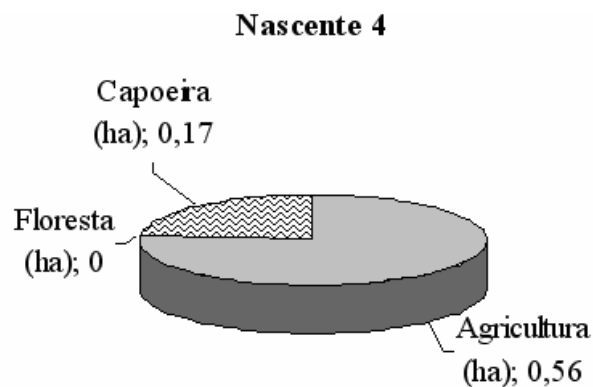


Figura 14 – Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 4.

4.2.5 Nascente 5

A nascente número 5 também se localiza no meio de uma lavoura, sendo coberta por capoeira. Localizada nas coordenadas UTM para x232936.94 e para y6738390.42. Foram encontrados 0,52ha de agricultura, 0,0ha de floresta e 0,38ha de capoeira. Situação não muito diferente que a da nascente 4, pois não há florestas, conforme pode-se observar na Figura 16 que retrata o local e na Figura 15 que representa as áreas de uso da terra encontrados na área de influência.



Figura 15 – Fotografia da nascente número 5 sob coordenadas UTM X232936.94 e Y6738390.42.

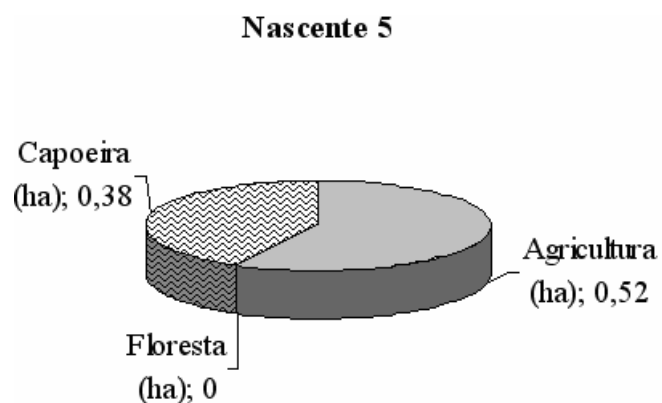


Figura 16 – Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 5.

4.2.6 Nascente 6

A nascente de número 6, retratada na Figura 17, representa as características da maioria das nascentes desta sub-microbacia hidrográfica, que, em sua maioria é ocupada por agricultura e capoeira nas áreas úmidas. Foi localizada nas coordenadas UTM x233534.43 e y6737805.82. Sendo que foram quantificadas 0,39ha de agricultura, 0,0ha de floresta e 0,33ha de capoeira. Mais uma vez não se encontrou florestas na área de influência da nascente, conforme pode-se conferir também na Figura 18.



Figura 17 – Fotografia da nascente número 6 sob coordenadas UTM X233534.43 e Y6737805.82.

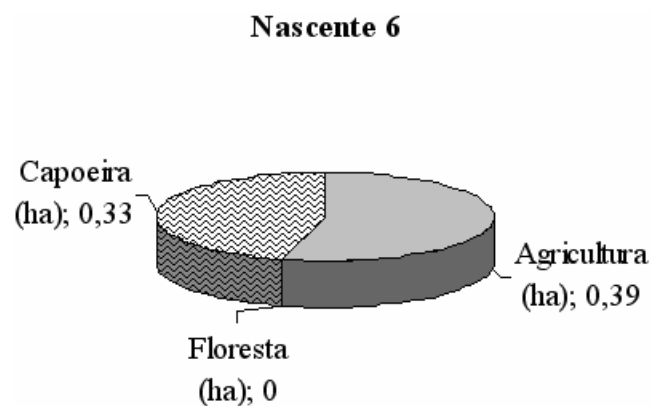


Figura 18 – Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 6.

4.2.7 Nascente 7

A nascente número 7 se caracterizou por ter apresentado os três usos da terra (Figura 19). Sendo quantificada 0,20ha de agricultura, 0,19ha de floresta e 0,40ha de capoeira (Figura 20). A nascente foi localizada nas coordenadas UTM x233273.45 e y6737285.87. Pode-se considerar uma situação um pouco melhor (situação intermediária) nesta nascente, mas ainda longe de ser a ideal.



Figura 19 – Fotografia da nascente número 7 sob coordenadas UTM X233273.45 e Y6737285.87.

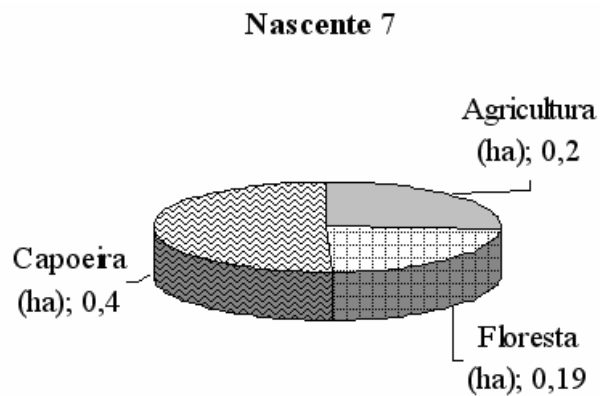


Figura 20 – Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 7.

4.2.8 Nascente 8

A nascente número 8 apresenta a melhor situação em termos de cobertura vegetal pois toda ela está protegida pela mata sendo que seu vertedouro é de difícil acesso entre pedras e mato fechado. Suas coordenadas UTM são x233432.17 e y6736790.29. Foram encontrados 0,0ha de agricultura, 0,79ha de floresta e 0,0ha de capoeira (Figuras 21 e 22). Como a floresta ocupa 100% da área de influência, considera-se esta como a melhor situação e ideal para se proteger locais tão importantes como as nascentes, determinada pelo Código Florestal como área de preservação permanente.



Figura 21 – Fotografia da nascente número 8 sob coordenadas UTM X233432.17 e Y6736790.29.

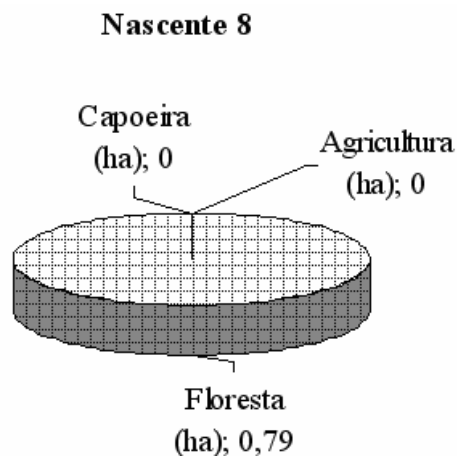


Figura 22 – Gráfico representativo das áreas de uso da terra (agricultura, floresta e capoeira) na área de influência da nascente 8.

4.3 Recomendações

O principal problema observado nas áreas abrangidas pelas nascentes é a total invasão pelo homem que, sem o conhecimento da legislação que prevê as nascentes como áreas de preservação permanente, em vigor desde 1965 segundo o Código Florestal instituída pela Lei 4771/65 (Brasil, 1965). Com a ação antrópica houve desmatamento com a introdução de cultivos agrícolas e criação de gado nas áreas, o que agravou ainda mais a situação. Por este motivo as principais sugestões para se resolver ou amenizar os impactos ambientais causados por estas ações, propõe-se o seguinte:

- 1) Cumprimento da Legislação Ambiental: fazer cumprir a legislação por parte dos moradores da região onde estão localizadas as nascentes e em outras áreas de preservação permanente;
- 2) Cercamento das nascentes para evitar a invasão do gado e outros animais que provocam danos;
- 3) Florestamento das nascentes antropizadas com espécies nativas hidrófilas;
- 4) Educação ambiental com os proprietários das terras que se encontram dentro das áreas de influência das nascentes: para fazer cumprir a legislação é preciso conscientizar os proprietários das terras da região, promovendo a divulgação das questões ambientais, assim como da legislação pertinente ao tema.

5 CONCLUSÕES

A partir das observações sobre as situações em que se encontram as nascentes estudadas na Microbacia Hidrográfica das nascentes do Rio Ibicuí Mirim, em Santa Maria (RS), pode-se concluir que:

- Foi possível localizar e quantificar as nascentes usando o SIG IDRISI *for Windows* 3.2 de maneira rápida, de fácil manuseio, e precisão adequada. Desta forma gerando mapas ou figuras georeferenciadas para se quantificar o uso da terra nas áreas de influência;

- Foram estudadas oito (8) nascentes na microbacia, sendo que, em duas (2) nascentes parte das suas áreas de influência encontrava-se fora da microbacia as de número 4 e 6. Foram observados três usos da terra para o desenvolvimento do trabalho agricultura, floresta e capoeira;

- As nascentes números 1, 2, 4, 5 e 6 encontram-se com mais de 50% de agricultura em suas áreas sendo esta a pior situação, por se tratar de cultivos que utilizam defensivos agrícolas que podem atingir o lençol freático. Ressaltando a possibilidade que as pequenas áreas de capoeiras que ainda existem no seu entorno possa desaparecer. Nestas nascentes não foi quantificada presença de floresta;

- Com relação a nascente número 3, não foi encontrada capoeira (0,0%) na área de influência somente floresta (73,42%) e agricultura (26,58%), tornando-se uma situação intermediária por ter o desenvolvimento de árvores e produção de sementes que poderá ser um fator de recuperação ambiental para as nascentes, caso a agricultura seja abandonada na área;

- Para a nascente número 7 observa-se a agricultura em menor proporção (25,31%), a capoeira ocupando mais da metade da área de influência (50,64%), beneficiando assim o processo de sucessão da floresta. Sendo que foi observada floresta nesta nascente também (24,05%) que poderá servir de banco de sementes;

- A melhor situação ficou com a nascente número 8 com 100% de sua área de influência com cobertura florestal. Onde foi encontrado afloramento de água que escoo para a barragem Rodolfo Costa E Silva.

De um modo geral as nascentes encontram-se em precário estado de conservação, pois a agricultura ocupa grande parte da área de influência das nascentes (48,10%), sendo que a floresta ocupa (26,68%), e a capoeira com (25,22%). Observando que por lei deveria ser 100% floresta.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, A. J. **Fotogrametria Digital e Analógica**. Apostila de Aula. Curso de Especialização em Geomática, UFSM, 2006, 33 p.

ASSAD, E. D., SANO, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas**: aplicações na agricultura. Brasília: 2 ed., 1998. 434 p.

BOHRER, R.; PATUSSI, V. **Mapeamento com GPS**. Apostila de aula prática. Curso de Aperfeiçoamento em Projetos Ambientais. CIPAM, Santa Maria, 2006, 16 p.

BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Inventário Florestal da Quarta Colônia. In: ITAQUI, J. (Org.). **Quarta Colônia**: Inventário Técnico de Flora e Fauna. Santa Maria: Condensus Quarta Colônia, 2002. p. 35-136.

BRASIL. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República do Brasil**, Brasília, DF, 16 set. 1965. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=76>>. Acesso em: 25 mar. 2006.

BRASIL. Lei n. 7.803, de 15 de julho de 1989. Altera a redação da Lei n° 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis n° 6.535, de 15 de julho de 1978 e 7.511, de 7 de julho de 1986. **Diário Oficial [da] República do Brasil**, Brasília, DF, 20 jul. 1989. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/federal/leis/1989_Lei_Fed_7803.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2006.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial [da] República do Brasil**, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=10883>>. Acesso em: 25 mar. 2006.

BRASIL. Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República do Brasil**, Brasília, DF, 13 fev. 1998.

Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=82>>. Acesso em: 04 fev. 2006.

BRASIL. Medida provisória n. 2.166, de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República do Brasil**, Brasília, DF, 25 ago. 2001. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/MPV/2166-67.htm>>. Acesso em: 02 mar. 2006.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 4, de 18 de setembro de 1985. Reservas Ecológicas as formações florísticas e as áreas de florestas de preservação permanente. **Diário Oficial [da] República do Brasil**, Brasília, DF, 20 set. 1986. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=2383>>. Acesso em: 02 fev. 2006.

CALHEIROS, R. O. et al. **Preservação e recuperação das nascentes**. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ – CTRN, Piracicaba: 1999. 40 p. Disponível em: <http://www.agrofloresta.net/cartilha_nascentes.PDF>. Acesso em: 17 jun. 2006.

CASTRO, A. G.; VALÉRIO FILHO, M. Simulação da expectativa de perdas de solo em microbacia sob diferentes manejo florestais. **Rev. Bras. Cienc. Solo**. v. 21 p. n. 419 – 426. 1997.

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows** – Uses's Guide Version 1.0. Clark University: Worcester, USA. May 1995.

FARRET, J. C. **Sistema de Posicionamento Por Satélite – GPS**. Apostila de Aula. Curso de Especialização em Geomática, UFSM, 2006, 50 p.

FREITAS, A. J. Direito e outorga de uso de água. _____: **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília : MMA; SRH; ABEAS; Viçosa : UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1997. 252 p.

JENKINS et al. Hidrology. In: MOLDAN, B.; CERNY, J. **Biogeochemistry of a small catchments**: a tool for environmental research. Chichester: John Wiley, 1994. p. 31 – 54.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro, 1990. p.113 -150.

LIMA, W. P. A função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989. Campinas. **Anais...** Campinas, Fundação Cargil, 1989, p. 25 – 42.

LINSLEY, R. K.; FRANZINI, J. B. **Engenharia de recursos hídricos**. Mc Graw-Hill do Brasil, 1978. 798 p.

LOUREIRO, B. T. Águas subterrâneas. Irrigação: produção com estabilidade. **Informe Agropecuário**. v. 9, n. 100, p. 48 – 52. 1983.

MACIEL FILHO, C. L. **Carta Geotécnica de Santa Maria (1:25.000)**. Santa Maria: UFSM, 1990.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

NETO, S. F.; FERNANDES, S.H.G. **IDRISI for Windows 32**, Curso Prático – Módulos I e II. Apostila de Aula. UFSM. Santa Maria, 2006. 28 p.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: 1990. p. 152-187.

ODUM, P. E. **Ecologia**. Rio de Janeiro : Guanabara - Koogan, 1988. 434 p.

PEREIRA, R. S. et al. **Geoprocessamento Aplicado ao Planejamento de Uso de Recursos Naturais**. Curso. UFSM-CCR-FATEC. Santa Maria. 1995. 40 p.

RAMBO, B. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul**. 3 ed. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 1994. 473 p.

REID, L. M. **Watershed analysis... Whatever that is.** Aracata : USDA- Forest Service Pacific Southwest Research Station, 1993. 2 p.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento:** tecnologia transdisciplinar. Juiz de Fora. Ed. Do Autor, 2000.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas.** 2. ed. Santa Maria: UFSM, 1991. 181 p.

RODRIGUES, M. Introdução ao Geoprocessamento. In: Simpósio sobre Geoprocessamento, Editora Epusp, Anais..., p. 1-26. São Paulo. 1990.

SADER, S. A., STONE, T. A., JOYCE, A. T. **Remote Sensing of Tropical Forest:** Na overview of research sensing of using non-photographic engineering and remote sensing. v. 56 n. 10, p. 13453-1351, 1990.

SALBEGO, A. G. **Áreas de Preservação Permanente Segundo a Legislação Ambiental.** 2007. Disponível em: <<http://www.ufsm/lei>>. Acesso em: 28 nov. 2007.

SILVA, E. M. et al. **Pesquisa Operacional:** programação linear, simulação. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1998.184 p.

SIMÕES, L. B. **Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas tampão ripárias.** 2001. 171f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2001.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 107 p.

TEIXEIRA, A. L., MORETI, E., CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos Sistemas de Informações Geográficas.** Rio Claro: Ed. do autor, 1997. 80 p.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de Nascentes:** hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 210 p.

VAN DEN BERG, E. **Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta ripária em Itutinga – MG, e análise das correlações entre variáveis ambientais e a distribuição das espécies de porte arbóreo-arbustivo.** 1995, 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

VIEIRA, E. F. **Rio Grande do Sul:** geografia e vegetação. Porto