

Avaliação da Situação da Cobertura Florestal na Bacia do Rio Cadeia/Feitoria e Identificação de Áreas Críticas Usando Técnicas de Geoprocessamento

Eliana Casco Sarmento

Eliseu Weber

Heinrich Hasenack

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Ecologia. Av. Bento Gonçalves, 9.500, prédio 43.411, sala 226. Cx. Postal 15.007 CEP 91.501-970 Porto Alegre-RS

Tel (051) 316-6909, fax (051) 319-1568, e-mail: eweber@ecologia.ufrgs.br

RESUMO

O gerenciamento de bacias hidrográficas pressupõe a integração e análise de um grande número de informações de origens diversas, que revela-se difícil e demorada por métodos convencionais. A maior parte das variáveis usadas no gerenciamento de bacias pode ser representada espacialmente como mapas, uma forma mais cognitiva e de compreensão mais fácil que os valores numéricos usuais. Nesse sentido, o geoprocessamento torna-se uma ferramenta de grande potencial de integração de dados para subsidiar o gerenciamento de bacias. O presente trabalho apresenta uma aplicação do geoprocessamento na avaliação da cobertura vegetal em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Cadeia/Feitoria (bacia hidrográfica do rio Caí). A partir das especificações do Código Florestal, foi gerado um mapa das áreas de preservação permanente, utilizando-se um sistema de informação geográfica. Esse mapa foi posteriormente

cruzado com um mapa de uso e cobertura do solo para diagnosticar a situação da cobertura florestal nessas áreas, e o resultado novamente cruzado com o mapa de limites municipais para discriminar as informações em nível de município. Os resultados mostram que toda a bacia hidrográfica apresenta alto grau de perturbação na vegetação que margeia os cursos d'água, e que alguns municípios apresentam uma maior incidência desse problema.

ABSTRACT

The management of river watersheds implies the integration and analysis of a great number of informations coming from different sources. This process is not easy when developed using traditional methods. The major part of the variables used in the management of watersheds can be represented especially as maps, which are a more cognitive information and easier to understand. In this sense, GIS have tools with great potential in data integration and support for the watershed management. The present study presents an application of GIS in the evaluation of the vegetation cover in permanent preservation areas in the watershed of the river Cadeia/Feitoria (Caí river watershed, RS). Taking the specifications of the Código Florestal (Brazilian Forest Code), a map containing the protected areas was generated using a distance routine in a SIG. This map was then overlaid with another one containing the land use aiming to verify the situation of the forested area. The result was then crossed with the township limits to discriminate the results in a municipal level. The results showed that the whole watershed presents a high degree of degradation of the vegetation which borders the water channels. In some townships the occurrence of this problem is higher.

INTRODUÇÃO

Os impactos da ação antrópica nos ecossistemas aquáticos e terrestres, provocados por atividades como a agricultura, a indústria, a mineração, a construção civil e outras, vem provocando o aumento da concentração de poluentes, a perda da biodiversidade, a fragmentação de habitats e a alterações nos fluxos de energia e nutrientes. Os cursos d'água vêm sofrendo uma constante contaminação com sedimentos minerais, resíduos químicos e material orgânico, acarretando inúmeros prejuízos ao ambiente e à saúde dos seres vivos. A descarga de efluentes industriais e orgânicos nas áreas urbanas e a degradação da vegetação natural e do solo pela agricultura nas áreas rurais são as causas mais evidentes (ASSAD & SANO, 1993). No que se refere especificamente às áreas de mata nativa, sua destruição atingiu um estágio tal que já compromete muitos mananciais. Recuperar essas áreas torna-se um trabalho cada vez mais importante e urgente.

Qualquer estudo de vegetação exige relacioná-la a uma unidade espacial, com a finalidade de efetuar a mensuração e o diagnóstico. A unidade espacial escolhida depende do objetivo do próprio estudo e pode variar desde divisões políticas, como limites municipais, delimitações legais como parques e reservas, até unidades naturais, como regiões ecoclimáticas. Por representar uma unidade do espaço geográfico fisicamente bem definida, a bacia hidrográfica vem sendo cada vez mais utilizada como unidade de planejamento e gestão territorial, sobretudo no gerenciamento ambiental (LANNA, 1995). Uma bacia hidrográfica pode ser definida como a área total de drenagem que alimenta uma determinada rede hidrográfica, ou ainda, um espaço geográfico de sustentação dos fluxos d'água de um sistema fluvial hierarquizado. Pode ser definida também como a área fisiográfica drenada por um curso ou um sistema de cursos d'água conectados e que convergem, direta ou indiretamente, para um leito ou para um espelho d'água comum (BRASIL, 1987).

Os programas de gerenciamento das bacias hidrográficas visam promover a proteção da água, do solo, de outros recursos naturais essenciais à sustentabilidade da atividade econômica e ao controle da degradação ambiental e à equidade social (LANNA, 1995). O conhecimento das características físicas, ambientais e sócio-econômicas da área é indispensável a esse propósito e geralmente requer a coleta, a análise e a manipulação de um grande número de informações de diferentes tipos e origens como solos, clima, cursos d'água, vegetação, uso atual e potencial, localização de áreas urbanas, estradas, ferrovias, população e outros.

A grande quantidade e a diversidade da informação necessária, boa parte da qual relacionada a uma posição ou área geográfica, exige métodos de integração e análise não convencionais e que permitam reduzir a subjetividade nos resultados das análises efetuadas na bacia em foco. Os sistemas de informação geográfica (SIG) permitem integrar informações espaciais e não espaciais de natureza, origem e forma diversas numa única base de dados, possibilitando a derivação de novas informações e sua visualização na forma de mapas (BURROUGH, 1992; CÂMARA, 1993). Por essas características, representam uma valiosa ferramenta e vêm sendo cada vez mais utilizados em estudos envolvendo o gerenciamento e o planejamento de recursos naturais.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o estado da cobertura florestal nas margens dos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Cadeia/Feitoria com relação à legislação ambiental, espacializando e integrando um conjunto de informações sobre o meio físico e antrópico através do uso de um SIG, e organizando os resultados

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Cadeia/Feitoria, uma das sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Caí, localiza-se na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, sobre as encostas basálticas da Serra do Nordeste (Figura 1). Sua área total é de aproximadamente 896,76 km², ou 89.676 hectares, interceptando 19 municípios (Figura 2) e apresentando paisagens variadas decorrentes da diversidade de ambientes e de uso da terra.

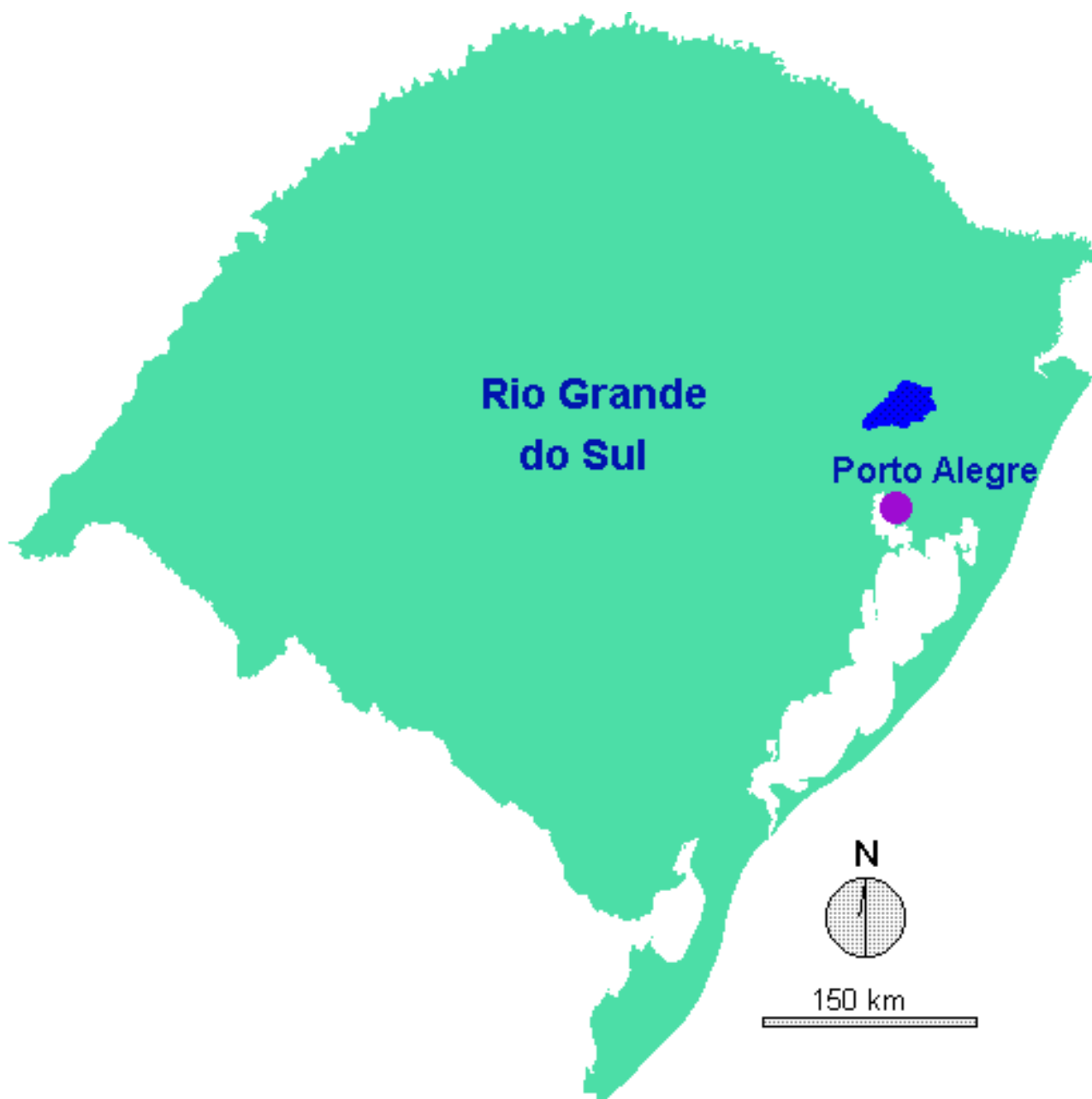


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Cadeia/Feitoria

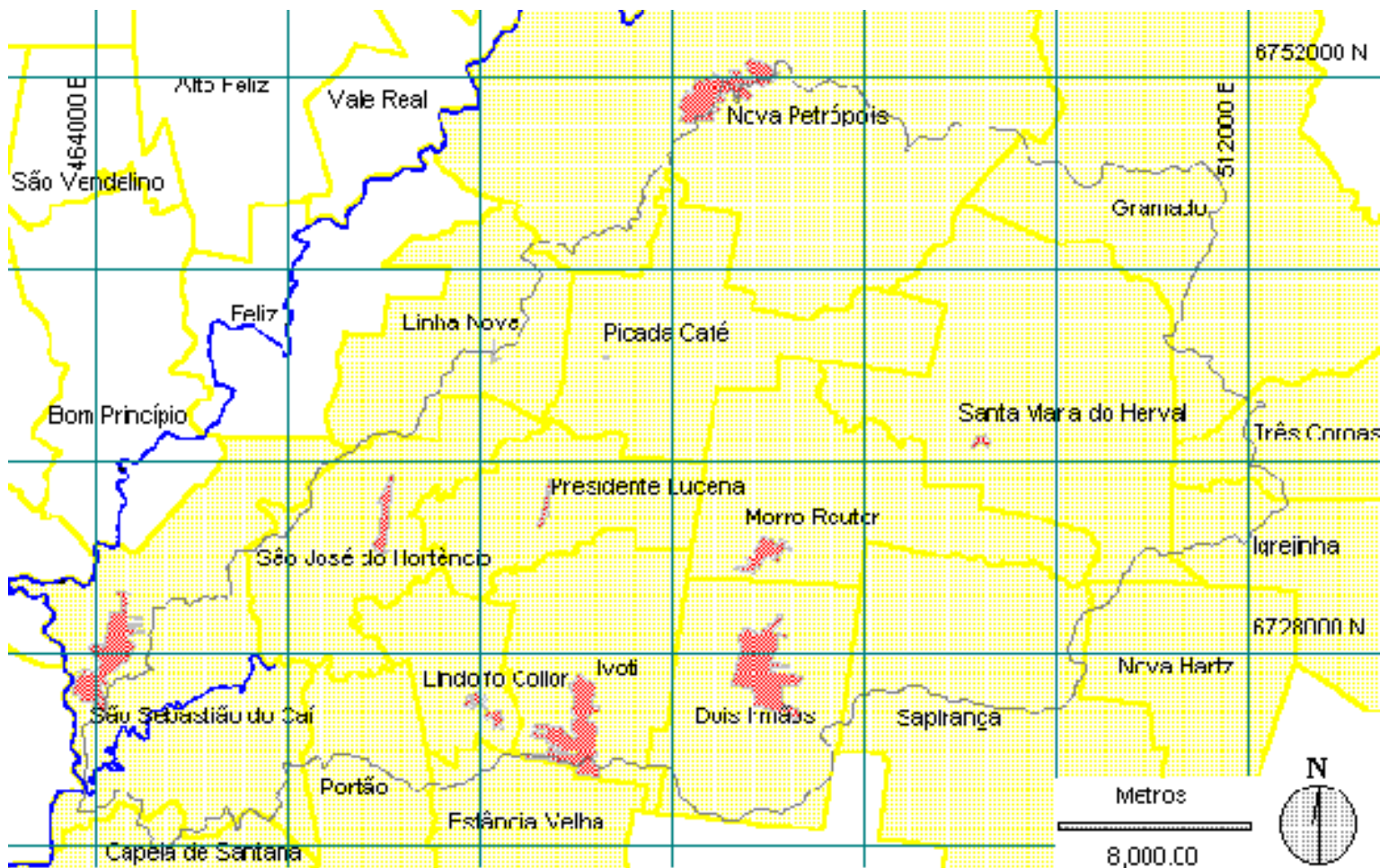


Figura 2. Municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do rio Cadeia/Feitoria

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na bacia é o tipo Cfa, subtropical úmido com precipitações durante todo ano, sofrendo a influência de massas de ar tropicais e polar-atlânticas. A precipitação varia de 1400 a 2000 mm/ano no curso inferior e 1.600 a 2.100 mm/ano no curso superior (RIO GRANDE DO SUL, 1994). Quanto à geologia, a bacia do rio Cadeia/Feitoria encontra-se inserida quase totalmente sobre rochas que compõem a sequência vulcano sedimentar da Bacia do Paraná (SEPLAN/IBGE, 1986). As altitudes variam de aproximadamente 10 metros até cerca de 800 metros, com relevo bastante heterogêneo, variando de plano e suave ondulado nas porções mais baixas da bacia, próximo à foz com o rio Caí, a forte ondulado e montanhoso nas encostas, na porção mais alta da bacia. Ocorrem basicamente cinco tipos de solos, quais sejam, Brunizem Avermelhado, Cambissolo Bruno húmico álico, Laterítico Bruno Avermelhado, Podzólico Vermelho Amarelo e Solos Litólicos (SEPLAN/IBGE, 1986). A cobertura florestal original da região segundo (SEPLAN/IBGE, 1986) é do tipo Floresta Estacional Decidual. No que se refere à ação antrópica, a bacia hidrográfica sofre a influência da concentração de indústrias e de efluentes domésticos em alguns municípios e ao mesmo tempo apresenta atividade basicamente rural, baseada em pequenas propriedades, em outros.

1. Material

O material utilizado no desenvolvimento compõe-se de alguns dados básicos, de software para o processamento dos dados e de equipamentos de informática, como:

- cartas planialtimétricas do mapeamento sistemático em escala 1:50.000, elaboradas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército, 1a DL;
- Imagem do satélite LANDSAT 5 da órbita ponto 221/080, bandas 3, 4 e 5 do sensor TM, com data de aquisição de 16/10/95, fornecidas pelo INPE em CD-ROM em formato TIFF e nível de correção 4;
- malha municipal digital, com a divisão municipal do Rio Grande do Sul de 1997, fornecida pelo IBGE;
- software de digitalização e edição vetorial Cartalinx;
- software de SIG IDRISI;
- mesa digitalizadora;
- aparelhos receptores GPS (Global Positioning System);
- microcomputadores e periféricos;

2. Metodologia

2.1. Levantamento de dados em campo

O levantamento de dados em campo serviu para identificar amostras dos principais tipos de cobertura do solo para subsidiar a geração de um mapa de uso e cobertura do terreno. Cada área de interesse foi georreferenciada através de receptores GPS (*Global Positioning System*), e seus dados mais relevantes anotados em uma ficha.

2.2. Geração de mapa de áreas de preservação permanente

A delimitação de áreas de preservação permanente considerou os limites que determinam a possibilidade de ocupação antrópica definidos na legislação federal e estadual, baseados em grande parte no relevo e na distância de cursos e corpos d'água. As duas informações foram digitalizadas em mesa digitalizadora a partir das cartas da DSG em escala 1:50.000.

A partir da rede hidrográfica digitalizada, calculou-se um mapa de distâncias usando a rotina *DISTANCE* do IDRISI e, em seguida isolou-se ao longo dos cursos e corpos d'água presentes na bacia apenas a faixa de preservação permanente determinada por lei em função da largura dos mesmos.

O relevo foi reconstruído a partir das curvas de nível digitalizadas, através da interpolação de um modelo numérico do terreno (MNT). Um MNT (ou MDT - modelo digital do terreno) constitui um conjunto estruturado de dados de coordenadas x, y e z que pode ser utilizado para representar quaisquer variáveis distribuídas num espaço bidimensional, como o teor de algum mineral ou o pH do solo, associando seus valores à coordenada z (LOMBARDI NETO & CAMARGO, 1992; CHAGARLAMUDI & PLUNKETT, 1993). No caso da topografia, o modelo digital de elevação é uma matriz, ou imagem, onde o valor armazenado em cada célula (*pixel*) representa a altitude do terreno naquela posição. Do MNT calculou-se um mapa de declividades da bacia que, à semelhança do primeiro, é uma matriz ou imagem onde o valor armazenado em cada *pixel* representa a respectiva declividade. O cálculo, efetuado com a rotina *SURFACE* do IDRISI, é feito *pixel a pixel*, comparando a elevação de cada pixel analisado com a elevação dos *pixels* vizinhos. Sobre o mapa de declividades foi então aplicada a restrição imposta pela legislação no que se refere à inclinação de encostas, agrupando-se as declividades superiores a 45°, as quais caracterizam áreas de preservação permanente.

A última fase na geração do mapa de áreas de preservação permanente foi a união dos mapas contendo as áreas de preservação permanente determinadas a partir da rede hidrográfica e aquelas determinadas a partir do relevo, através da rotina *OVERLAY* do IDRISI. Obteve-se assim um mapa *booleano* onde estão destacadas todas as áreas de preservação permanente da bacia.

2.3. Geração de mapa de uso e cobertura do solo

As imagens de satélites de recursos naturais, apesar de estarem disponíveis há quase duas décadas, representam uma fonte de informação ainda pouco explorada em relação ao seu uso potencial na maior parte dos estudos ambientais. Uma das aplicações mais comuns das imagens é a obtenção de mapas de uso/cobertura do solo de uma determinada região, que representem cartograficamente a distribuição espacial dos principais usos na superfície estudada.

Antes da classificação efetuou-se o georreferenciamento da imagem LANDSAT para o sistema de coordenadas UTM utilizando-se como referência as cartas da DSG. O mapa de uso e cobertura do solo foi então gerado através da classificação da imagem em duas etapas. Inicialmente efetuou-se uma classificação preliminar não supervisionada baseada em análise de agrupamento, através do algoritmo *Isodata* implementado no IDRISI (EASTMAN, 1997), onde o analista não interfere no processo de classificação. (PHILLIPS & SWAIN, 1988; SCHOWENGERDT, 1983). Com essa classificação preliminar e os dados obtidos em campo foi então efetuada uma classificação supervisionada por máxima verossimilhança, baseada na definição de áreas de treinamento para as classes temáticas identificadas no trabalho de campo.

2.4. Integração dos dados

A integração dos dados espaciais foi feita através do cruzamento de mapas. O cruzamento constitui-se numa operação de sobreposição que permite efetuar operações lógicas ou aritméticas entre dois ou mais mapas com a finalidade de obter um novo mapa contendo informação derivada dos originais mas não explicitamente representada nos mesmos (BURROUGH, 1992). O primeiro cruzamento foi entre o mapa de uso e cobertura do solo e o mapa dos limites da bacia, para isolar a área ocupada por cada classe de uso e cobertura do solo

dentro da bacia. Em seguida, o mapa resultante foi cruzado com o mapa das áreas de preservação permanente para identificar a parcela de cada classe de uso e cobertura do solo incluída e excluída da condição de preservação permanente. Finalmente, o resultado foi cruzado com os limites municipais para quantificar a superfície de áreas de preservação permanente desmatadas em cada município da bacia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Existem em toda a bacia apenas as faixas de preservação permanente de 30 e 50 metros ao longo dos rios. Como a maior parte dos cursos d'água é bastante estreita a faixa de preservação com largura de 30 metros é predominante. Apenas a porção mais baixa e mais larga do rio Cadeia, próximo à foz com o rio Caí, apresenta uma faixa de preservação de 50 metros. Quanto às áreas de preservação definidas pelo relevo, a equidistância das curvas de nível de 20 metros não permite cartografar todos os detalhes do terreno. Em função disso, a delimitação de áreas de preservação relacionadas a limitações da topografia resultou em áreas muito pequenas e em número reduzido, subestimando a real ocorrência deste tipo de restrição. Dessa forma, a totalização das áreas de preservação permanente feitas em SIG a partir da cartografia 1:50.000 é menor do que realmente existe no terreno. Infelizmente não há informações mais detalhadas do que as cartas do Exército disponíveis e a aquisição de dados topográficos novos envolve custos muito elevados, dependendo de iniciativas oficiais.

A classificação da imagem de satélite resultou em 7 classes de uso e cobertura do solo (figura 3, tabela 1). Incluiu-se uma classe "áreas sombreadas", formada por áreas não iluminadas no momento da passagem do satélite, o que impossibilita a avaliação do tipo de cobertura nelas existente pois não há registro da energia eletromagnética refletida. Entretanto, a existência de sombra na hora da passagem do satélite (aprox. 10 horas da manhã) é um indicativo de que as áreas são muito íngremes e, portanto, dificilmente usadas com agricultura, podendo ser computadas como áreas cobertas por mata nativa. O relevo acidentado introduziu ainda variações maiores que as diferenças espectrais entre classes de cobertura vegetal de porte semelhante, não sendo possível discriminar formações vegetais diferentes mas com grau de cobertura semelhante, como mata nativa e reflorestamento, por exemplo. Dessa forma, a legenda necessitou de uma simplificação, criando-se, uma única classe de cobertura florestal reunindo áreas de mata nativa e de reflorestamento densas.

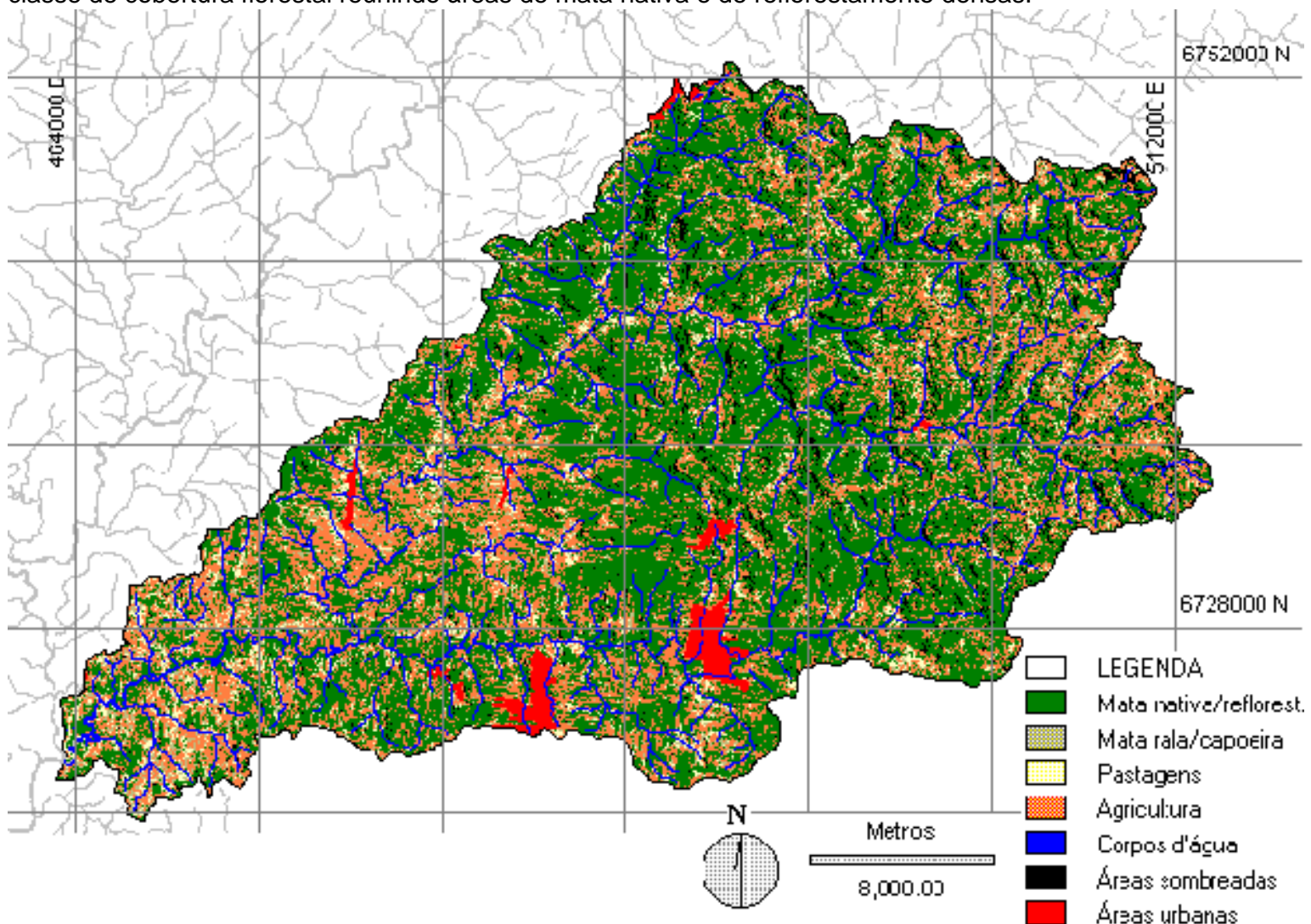


Figura 3. Mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Cadeia/Feitoria

Tabela 1. Área ocupada pelos diferentes tipos de uso e cobertura na bacia.

Classe de uso/cobertura	Área (km ²)	Proporção da bacia (%)
Mata nativa/reflorestamento	495.41	55.24
Mata rala/capoeira	54.46	6.07
Pastagens	47.97	5.35
Agricultura	248.34	27.69
Corpos d'água	0.78	0.09
Áreas sombreadas	34.74	3.87
Áreas urbanas	15.07	1.68
TOTAL	896.76	100.00

O uso e cobertura do solo constitui informação de grande importância para o diagnóstico da bacia, pois permite uma visão integrada da ocupação atual, com a extensão e com a localização de cada tema mapeado. A tabela 1 mostra que, apesar de ser uma região de uso antrópico intenso, a bacia do rio Cadeia/Feitoria apresenta ainda cerca de metade de sua superfície coberta com formações vegetais arbóreas nativas ou cultivadas. A mata já não se encontra mais em estado natural, sendo formada basicamente por mata secundária, mas do ponto de vista da conservação do solo e dos recursos hídricos, é ainda um aspecto bastante positivo. Quanto à distribuição da cobertura florestal (figura 3), constata-se que ela se concentra na porção média da bacia, junto às áreas mais acidentadas formadas pelas encostas da serra basáltica.

No que se refere às áreas de preservação permanente constata-se que nenhum dos municípios da bacia cumpre o Código Florestal, pois todos apresentam áreas de preservação permanente desmatadas (tabelas 2 e 3). É mais conveniente utilizar os valores da tabela 3 em percentagem em vez de área absoluta, analisando-se a proporção da área de preservação de cada município com e sem cobertura florestal, independente da sua área absoluta. Constata-se que os municípios de Nova Hartz, Capela de Santana, Igrejinha e São Sebastião do Caí são os que estão em situação mais indesejável, enquanto Sapiranga, Nova Petrópolis e Morro Reuter são os que estão em melhor situação, embora ainda apresentem cerca de 30% das áreas de preservação na bacia sem cobertura florestal.

Tabela 2. Relação e área dos municípios que integram a bacia hidrográfica do Rio Cadeia/Feitoria.

Municípios	Área do município (km ²) (Escala 1:250.000)				Área urbana (km ²) (Escala 1:50.000)		
	Área total do município	Área do município na bacia	% da área municipal dentro da bacia	% da área municipal em relação ao total da bacia	Área urbana total	Área urbana na bacia	% da área urbana dentro da bacia
Capela de Santana	181,36	2,60	1,43	0,29	0,89	0,00	0,00
Dois Irmãos	72,84	66,58	91,40	7,42	5,99	5,99	100,00
Estância Velha	51,46	3,41	6,63	0,38	0,75	0,00	0,00
Gramado	242,45	43,61	17,99	4,86	9,09	0,00	0,00
Igrejinha	144,20	9,67	6,71	1,08	Exclusa	0,00	0,00
Ivoti	64,97	61,31	94,36	6,84	5,12	4,40	86,01
Lindolfo Collor	31,72	31,72	100,00	3,54	0,67	0,67	100,00
Linha Nova	62,78	19,80	31,55	2,21	0,08	0,05	64,04
Morro Reuter	83,54	83,54	100,00	9,32	1,25	1,25	100,00
Nova Hartz	58,94	1,15	1,95	0,13	Exclusa	0,00	0,00
Nova Petrópolis	292,53	97,76	33,42	10,90	4,29	1,03	24,02
Picada Café	83,24	83,24	100,00	9,28	0,01	0,01	100,00
Portão	158,37	19,34	12,21	2,16	Exclusa	0,00	0,00
Presidente Lucena	49,37	49,37	100,00	5,50	0,35	0,35	100,00
Santa Maria do Herval	134,53	131,24	97,55	14,63	0,29	0,29	100,00
São José do Hortêncio	64,39	62,76	97,48	7,00	0,99	0,99	100,00
São Sebastião do Caí	127,46	65,89	51,70	7,35	4,77	0,02	0,47
Sapiranga	169,38	54,91	32,42	6,12	Exclusa	0,00	0,00
Três Coroas	158,89	8,86	5,58	0,99	Exclusa	0,00	0,00
Total	-----	896,76	100,00	-----	-----	15.07	-----

Tabela 3. Situação da cobertura florestal nas áreas de preservação permanente em cada município

Município	Area de preservação sem mata (ha)	Area de preservação com mata (ha)	Area de Preservação total (ha)	Percentagem área de preservação sem mata (%)	Percentagem área de preservação com mata (%)
Nova Hartz	4.50	2.07	6.57	68.4932	31.5068
Capela de Santana	11.88	7.02	18.90	62.8571	37.1429
Igrejinha	50.58	37.80	88.38	57.2301	42.7699
São Sebastião do Caí	374.22	320.40	694.62	53.8741	46.1259
São José do Hortêncio	228.69	266.85	495.54	46.1496	53.8503
Presidente Lucena	155.79	202.77	358.56	43.4488	56.5512
Três Coroas	16.92	22.86	39.78	42.5339	57.4661
Gramado	118.53	162.18	280.71	42.2251	57.7749
Dois Irmãos	231.84	351.63	583.47	39.7347	60.2653
Ivoti	208.17	328.41	536.58	38.7957	61.2043
Lindolfo Collor	117.18	186.12	303.30	38.6350	61.3650
Santa Maria do Herval	398.07	660.96	1059.03	37.5881	62.4118
Estância Velha	7.74	16.83	24.57	31.5018	68.4982
Linha Nova	40.86	89.46	130.32	31.3536	68.6464
Picada Café	233.19	522.45	755.64	30.8599	69.1401
Portão	44.73	103.41	148.14	30.1944	69.8056
Sapiranga	91.98	236.25	328.23	28.0230	71.9770
Nova Petrópolis	191.70	513.45	705.15	27.1857	72.8143
Morro Reuter	120.15	397.62	517.77	23.2053	76.7947
TOTAL	2646.72	4428.54	7075.26	37.4081	62.5919

Uma ressalva a fazer é que para os municípios parcialmente incluídos na bacia os dados valem apenas para a porção incluída, não podendo ser extrapolados para seu território fora da bacia. Por exemplo, um município cujas áreas de preservação permanente foram muito desmatadas na bacia do rio Cadeia/Feitoria pode não ter o mesmo problema em porções de seu território que façam parte de outras bacias e vice-versa.

A figura 4 mostra o resultado do cruzamento do mapa de áreas de preservação com o mapa de uso do solo, evidenciando a situação das áreas de preservação permanente com relação à cobertura vegetal. O desmatamento de áreas de preservação ocorre em toda a bacia, mas concentra-se nas áreas mais planas, onde as características do meio físico são favoráveis à ocupação agrícola. A pouca pedregosidade, a boa profundidade, a alta fertilidade natural do solo, formado pelo acúmulo de material alúvio-coluvionar proveniente do basalto das áreas mais elevadas, lhe conferem alto potencial agrícola. Além disso, o clima do tipo Cfa favorável à produção, a disponibilidade de água para irrigação, o acesso fácil às rodovias para escoamento da produção, a proximidade da região Metropolitana e o tamanho reduzido das propriedades rurais (em média 20 ha) são alguns dos principais fatores que contribuem para a utilização intensiva destas áreas.

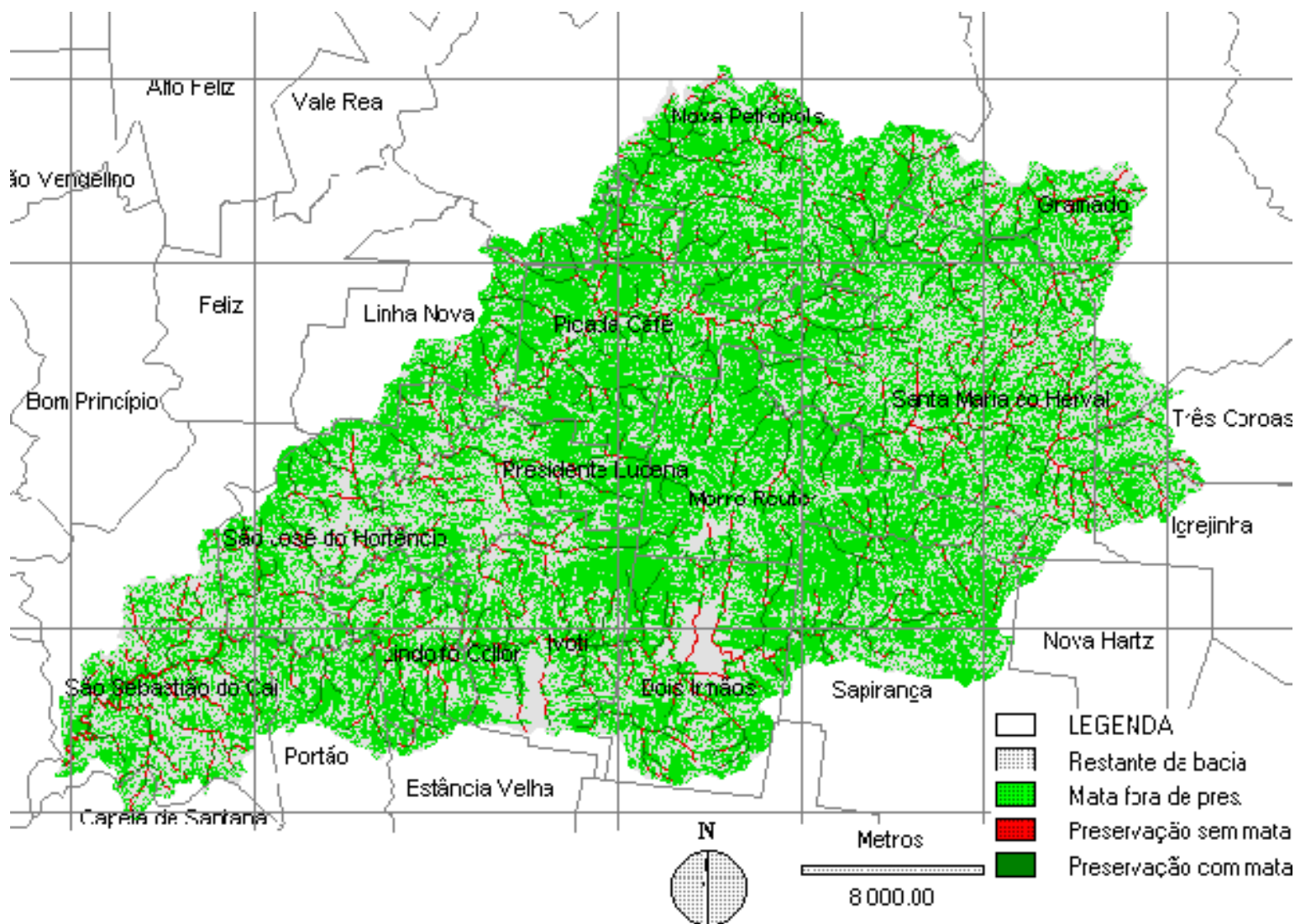


Figura 4. Resultado da avaliação da cobertura florestal em áreas de preservação permanente

A faixa de preservação mais larga definida pelo Código Florestal (50 metros junto ao rio Cadeia, na região do vale do Caí) corresponde justamente à área mais intensamente utilizada, gerando conflito entre qualidade da terra e atividade econômica decorrente, e a preservação ambiental. Em outras palavras, a faixa de preservação permanente é mais larga onde a área é menos suscetível à erosão, e menor onde o terreno é mais acidentado. Em regiões como a bacia estudada, com uso intensivo do solo e relevo heterogêneo, seria interessante associar a largura da faixa de preservação simultaneamente à largura do curso d'água e ao relevo, aumentando progressivamente a faixa de preservação conforme aumenta a declividade. Essa medida poderia permitir um melhor equilíbrio entre o valor da terra, tanto para uso agrícola (mecanização, controle de erosão) como para ocupação urbano-industrial (áreas de risco), e a conservação do solo e dos recursos hídricos, uma vez que induz à preservação das áreas mais suscetíveis à erosão.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho propiciou o contato com alguns dos diversos tipos de dados que podem ser reunidos sobre uma bacia hidrográfica e que, utilizados de forma conjunta com o auxílio de técnicas de geoprocessamento, possibilitam uma análise rica para subsidiar a posterior decisão sobre estratégias de gestão e avaliação de áreas para o desenvolvimento urbano, agrícola, industrial ou outra atividade, de maneira sustentável e respeitando as limitações e os potenciais do meio ambiente.

Os resultados obtidos neste trabalho não são definitivos, nem pretendem lançar uma ótica reducionista ao grande número e à complexidade dos fatores relacionados ao planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas. Entretanto, permitem ressaltar a existência de ferramentas para dar suporte à integração de dados, como os sistemas de informação geográfica, tornando mais ágil e dinâmica a construção de diferentes visões sobre o mesmo espaço. O grande mérito dessa tecnologia está em permitir uma redução na subjetividade em trabalhos de diagnóstico, avaliações e projeções nas mais diferentes áreas relacionadas ao meio ambiente, o que a torna fundamental em qualquer projeto ou programa de gerenciamento de bacias hidrográficas.

Os maiores responsáveis pelos resultados da introdução de um SIG em programas de gerenciamento de bacias hidrográficas são os envolvidos nos programas de gerenciamento, pois eles é que definem as estratégias a partir da informação obtida com o mesmo. Cabe, portanto, aos decisores utilizar adequadamente os dados obtidos através do geoprocessamento, substituindo o caráter eminentemente político das decisões por um embasamento cada vez mais técnico.

No caso da bacia estudada, planejar ou propor alguma intervenção, como a revegetação das margens dos cursos d'água, é ainda uma decisão política, mas a implementação deve seguir argumentos técnicos. Por exemplo, iniciar o processo de recuperação pelos municípios em situação mais crítica, baseando-se nos dados obtidos com o cruzamento dos mapas no SIG (tabela 3). As iniciativas devem concatenar esforços de órgãos de assistência técnica e extensão rural, como cooperativas, EMATER e prefeituras, e incluir até escolas e empresas, como forma de atingir o público mais diversificado possível no momento de deflagrar campanhas de conscientização. Os mapas contidos no SIG podem ser ainda um excelente veículo de difusão, passíveis de utilização em publicações de caráter educativo, pois a comunidade pode reconhecer melhor neles sua realidade e seus problemas.

Em estudos futuros na bacia do rio Cadeia/Feitoria, é importante acrescentar à base espacial do meio físico gerada neste trabalho os aspectos sócio-econômicos da região, antes de propor alguma intervenção, pois a subsistência de muitos agricultores pode ser inviabilizada por decisões tomadas somente com informações de meio físico. A presente análise permite identificar os locais problemáticos, mas precisa ser incrementada com dados sobre as características das propriedades rurais da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAD, E.D., SANO, E.E. *Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura*. EMBRAPA-CPAC. Planaltina, Brasil. 1993. 274 p..

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. *Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas: Manual Operativo*. Brasília, DF. 1987. 60p.

BURROUGH, P.A. *Principles of geographical information systems for land resources assesment*. Oxford University press. Oxford. 1992. 194p.

CÂMARA, G. *Anatomia de sistemas de informações geográficas, visão atual e perspectivas de evolução*. in: sistemas de informações geográficas e suas aplicações na agricultura, p: 37-59. Brasília, DF. 1993.

EASTMAN, J. R. *IDRISI for Windows v. 2.0 user's guide*. Worcester, Clark University. 1997

LANNA, A. E. *Gerenciamento de Bacia Hidrográfica. Aspectos Conceituais e Metodológicos*. Brasília, IBAMA. 170p. 1995.

LOMBARDI NETO, F., CAMARGO, O.A. *Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas*. Campinas. Documentos IAC, no 29, p. 91-119. 1992.

PHILLIPS, T. L.; SWAIN, T. H. *Data processing methods and systems*. In: SWAIN, P. H.; DAVIS, S. M. (ed.) 1988. Remote sensing: the quantitative approach. New York, McGraw Hill. 1988.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento; Centro Nacional da pesquisa do Trigo. *Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 2v. 1994.

SEPLAN/IBGE. *Levantamento de Recursos Naturais*. Rio de Janeiro. 1986. V33. 1986.791p.

SCHOWENGERT, R. A. *Techniques for image processing and classification in remote sensing*. New York, Academic. 1983.