

# ESTRUTURAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAÍ - RS

Eliseu Weber<sup>(1,2)</sup>; Glauco F. Duarte<sup>(1)</sup>; Mônica Frank<sup>(1)</sup>; Rosemary Hoff<sup>(1)</sup>; Sidney Zomer<sup>(1)</sup>; Elizabeth Bassani<sup>(1)</sup>; Isabel Junqueira<sup>(1)</sup>;

<sup>(1)</sup> Convênio FEPAM/GTZ  
Carlos Chagas, 55/803 Porto Alegre - RS  
Tel./fax: (051) 225-6532  
e-mail: gtz@pro.via-rs.com.br

<sup>(2)</sup> UFRGS - Centro de Ecologia/Centro de Recursos IDRISI  
Caixa Postal 15.007 Porto Alegre - RS  
Tel.: (051) 316-6909 fax: (051)319-1568  
e-mail: eweber@ecologia.ufrgs.br

## RESUMO

Um dos maiores problemas enfrentados atualmente pelas regiões metropolitanas é a degradação ambiental. A bacia hidrográfica vem sendo cada vez mais utilizada como unidade de planejamento e gestão territorial no gerenciamento ambiental dessas regiões. O desenvolvimento de projetos de conservação ou recuperação em bacias hidrográficas passa pela coleta, integração e análise de grandes quantidades de dados, de natureza, origens e formas diversas. O presente trabalho aborda o uso de sistemas de informação geográfica como ferramenta de suporte no diagnóstico e no gerenciamento na bacia do rio Caí, no Estado do Rio Grande do Sul. O objetivo foi elaborar um diagnóstico através do levantamento dos principais usos do solo e da água na bacia, contemplando a primeira etapa do processo de enquadramento de recursos hídricos. A integração dos dados foi efetuada com o auxílio do software IDRISI, possibilitando a obtenção de novas informações. Os resultados permitiram caracterizar a bacia e elaborar uma proposta de segmentação do rio visando seu futuro enquadramento, bem como detectar conflitos de uso. Demonstraram ainda a possibilidade de se obter respostas valiosas com o emprego desses sistemas no gerenciamento de bacias hidrográficas, sem a necessidade de grandes investimentos.

## ABSTRACT

One of the main problems metropolitan regions have to face with nowadays is the environmental degradation. Watersheds have been increasingly used for environmental purposes as planning and management units. The development of projects dealing with the environmental conservation and recovering needs the collection, integration and analysis of large amounts of data which are in different forms and have distinct origin. In the present study a GIS was used as auxiliar tool for the diagnosis and management of the Caí watershed, located in the sate of Rio Grande do Sul. The aim was to perform an environmental diagnosis due to the survey of the main soil and water uses throughout the watershed, the first step for the classification of the riverbasin regarding its water resources. The integration of data was done with IDRISI GIS, and new information was derived. the results allowed a characterization of the watershed with a proposal of river segmentation according to the uses of the water and the conflicts associated to them. This will be an important input for the classification of the water resources. The results showed the possibility of using GIS technics in water resource studies to obtain good practical responses at a low cost.

## INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas enfrentados pelas regiões metropolitanas atualmente é a redução na qualidade de vida devido à degradação ambiental. Uma das ações mais importantes para a recuperação do meio-ambiente nessas regiões compreende a implementação de programas de gerenciamento das bacias hidrográficas que as abrangem. A bacia hidrográfica pode ser definida como a área total de drenagem que alimenta uma determinada rede hidrográfica, ou ainda como um espaço geográfico de sustentação dos fluxos d'água de um sistema fluvial hierarquizado (Brasil, 1987). É cada vez mais utilizada como unidade de planejamento e gestão territorial. No gerenciamento ambiental, sobretudo, tem-se adotado a bacia hidrográfica como unidade do espaço geográfico para o desenvolvimento de projetos e ações relativos aos recursos naturais.

Nesse contexto, o enquadramento dos recursos hídricos torna-se um importante instrumento de gestão, pois estabelece restrições e potencialidades, definindo objetivos de qualidade da água a serem alcançados e/ou mantidos, com base nos usos preponderantes de cada trecho do curso d'água principal da bacia analisada. A partir da Resolução

CONAMA 20/86, o enquadramento das águas passou a receber novas diretrizes, incluindo novas classes e padrões ambientais, atribuindo ainda a responsabilidade pelo processo ao órgão ambiental estadual (CONAMA, 1993). Posteriormente, a Lei 10.350, de 30 de dezembro de 1994, instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, incluindo novos atores no processo de enquadramento e exigindo sua readequação à nova realidade. Os comitês de bacias hidrográficas passaram a ter um papel fundamental, pois tornaram-se também responsáveis pela elaboração da proposta de enquadramento, partindo de subsídios técnicos fornecidos pelas agências de bacias hidrográficas e do levantamento dos anseios da sociedade (RGS, 1994). Desse modo, cabe à FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental), como órgão estadual de meio ambiente do Rio Grande do Sul, aprovar as propostas encaminhadas pelos comitês, bem como atuar no sentido de suprir as necessidades resultantes do fato do Sistema Estadual de Recursos Hídricos ainda não estar completamente implantado.

A metodologia proposta pela FEPAM para o enquadramento dos recursos hídricos constitui-se de várias etapas, quais sejam o levantamento dos usos da água e do solo, a definição e a classificação da qualidade atual da água; a identificação dos interesses da sociedade; a aprovação da proposta e publicação de seu instrumento legal e a efetivação do enquadramento, através da elaboração de um plano de ação para a recuperação ou conservação do recurso hídrico.

Atualmente a FEPAM, em convênio com o GTZ (Agência de Cooperação Técnica Alemanha - Brasil), numa iniciativa inédita, está estruturando o sistema de informação ambiental da bacia do rio Caí, uma das cinco sub-bacias do programa Pró-Guaíba, que abrange uma área total de 85.900 km<sup>2</sup> e uma população de aproximadamente 6 milhões de pessoas distribuída em 227 municípios do Rio Grande do Sul. A bacia do Caí abrange uma área de 5.057,25 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 383.929 habitantes distribuída em 41 municípios, entre as latitudes 29° 06' e 30° sul e as longitudes 50° 24' e 51° 40' oeste (figura 1).

A bacia hidrográfica do rio Caí limita-se a sul e a leste com a bacia do rio dos Sinos e a norte e oeste com a bacia dos rios Taquari-Antas. O curso principal tem 257,6 km de extensão, medidos desde suas nascentes mais altas, a 1000 m de altitude, até sua foz, no delta do rio Jacuí, podendo ser dividido em 3 segmentos de características distintas (Agrad, 1971). O curso superior apresenta declividades de 0,15 a 3,5%, o curso médio tem de 0,07 a 0,37% e o curso inferior de 0,01 a 0,07%.

Em termos da geologia, a bacia do rio Caí encontra-se inserida quase totalmente sobre rochas que compõem a seqüência vulcano-sedimentar da Bacia do Paraná. Depósitos aluvionares e lacustres, de idades quaternárias, localizam-se junto ao rio principal, em seus cursos médio e inferior (Agrad, 1971; SEPLAN/IBGE, 1986). Ocorrem basicamente 5 tipos de solos, quais sejam, Terra Bruna Estruturada intermediária para Podzólico Bruno-Acinzentado húmica álica, Terra Roxa Estruturada álica distrófica e eutrófica, Brunizem avermelhado, Cambissolo Bruno húmico álico e Solos Aluviais eutróficos e distróficos (SEPLAN/IBGE, 1986). Quanto ao clima, predomina o tipo Cfa pela classificação de Köppen, subtropical úmido com precipitações durante todo o ano, sofrendo a influência de massas de ar tropicais e polar-atlânticas (IPAGRO, 1989). A precipitação varia de 1.300 a 1.400 mm/ano no curso inferior, de 1.400 a 1.600 mm/ano no curso médio e de 1.600 a 2.000 mm/ano no curso superior.

O foco do presente trabalho é o levantamento dos usos da água e do solo na bacia do rio Caí, contemplando a primeira etapa do processo de enquadramento. O objetivo é colher subsídios para uma proposta de segmentação do curso principal em trechos, definidos por mudanças marcantes de uso, bem como identificar os conflitos de uso da água e do solo existentes na bacia empregando um sistema de informação geográfica (SIG) para a integração dos dados.

Um SIG ou sistema de geoprocessamento consiste em um sistema computacional que reúne um poderoso conjunto de ferramentas para a entrada, armazenamento, recuperação, transformação, análise e representação de dados do mundo real para um conjunto particular de propósitos. O princípio fundamental de funcionamento de um SIG é o georreferenciamento, ou seja, a indexação ou codificação geográfica da informação utilizada através de um sistema de referência cartográfica. Outra característica é a possibilidade de integrar informações espaciais e não espaciais de natureza, origem e forma diversas numa única base de dados, possibilitando a geração de novas informações derivadas e sua visualização na forma cartográfica (Aronoff, 1991; Burrough, 1992; Câmara, 1993).

O processamento de dados em SIG pressupõe que os mesmos estejam organizados em planos de informação individuais, de acordo com a natureza dos diversos temas a serem representados, como forma de efetuar análises que possam considerar separadamente as características específicas de cada um. A informação de cada plano é composta de basicamente duas partes. Uma delas é a informação espacial, referenciada a um sistema de coordenadas e com a localização e delimitação das classes da área de interesse. A outra parte é composta pelos atributos não espaciais e reúne dados descritivos de natureza diversa sobre as classes, geralmente tabulados e organizados em um sistema gerenciador de bancos de dados (Burrough, 1992).

Os dois tipos de informação, cartográfica e tabular, quando isoladamente utilizados como nos métodos convencionais de análise, não são aproveitados em sua totalidade. A cartografia *per se*, por exemplo, embora represente um passo essencial para o conhecimento do território a ser administrado, é um elemento relativamente estanque, especialmente quando não estiver armazenada em meio digital. O uso isolado de um banco de dados convencional, por outro lado, permite apenas a obtenção de listas com os resultados de operações lógicas ou aritméticas. Identifica-se *quais* áreas apresentam uma ou mais características especificadas mas não se obtém nenhuma informação acerca da *distribuição espacial* dessas áreas (Weber, 1995).

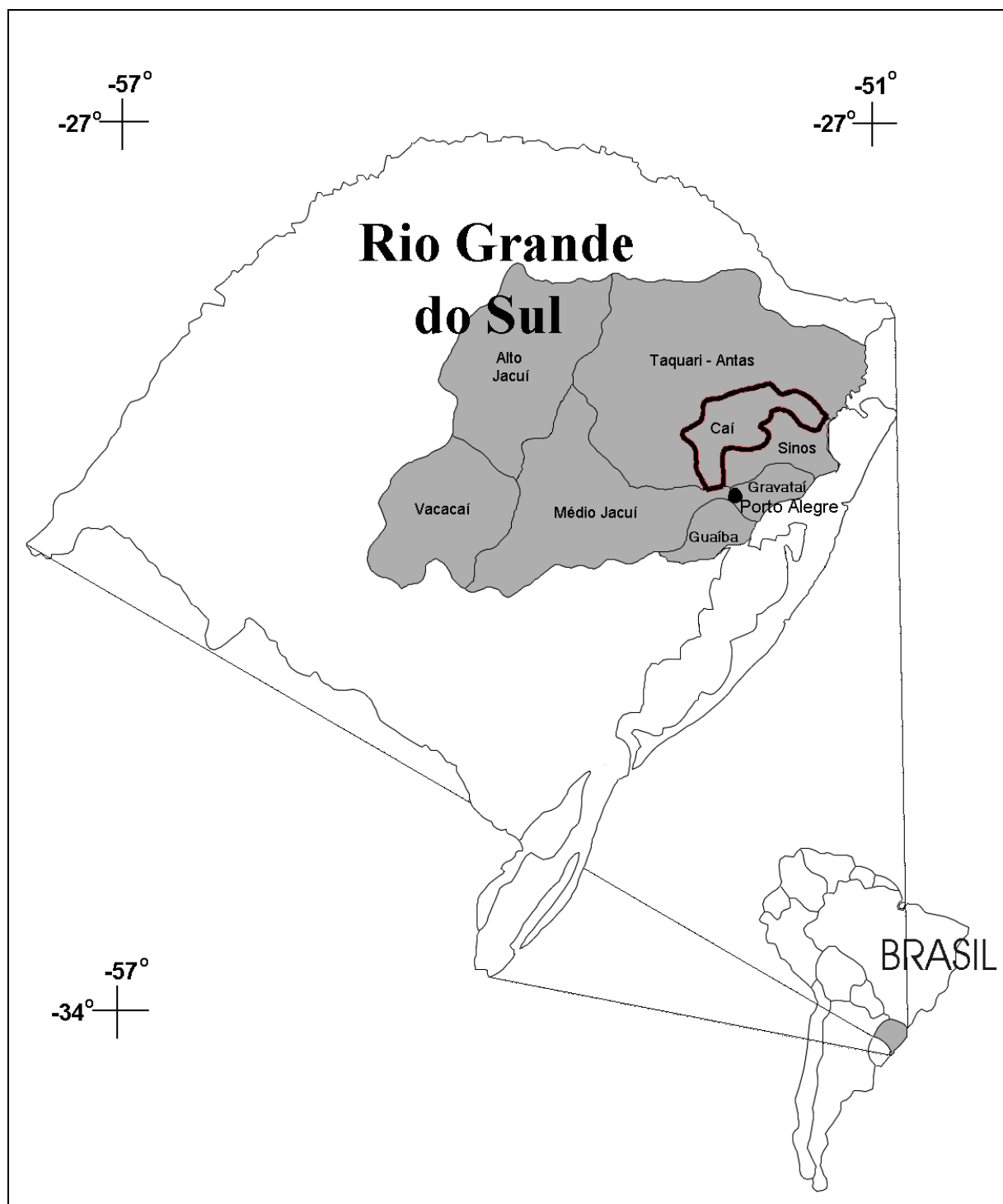


Figura 1. Localização da bacia do rio Caí no Estado do Rio Grande do Sul e na área do programa Pró-Guaíba.

A possibilidade oferecida pelo geoprocessamento de integrar os dois tipos de informação e de executar qualquer tipo de operação sobre a mesma base de dados fez com que a análise ambiental experimentasse nos últimos anos um grande salto metodológico, passando a contar com a possibilidade de considerar correlações espaciais, relações de causa e efeito e aspectos temporais que antes eram impraticáveis pelos meios tradicionais existentes (Townshend, 1992; Xavier da Silva, 1992).

#### MATERIAL E MÉTODOS

O material e equipamentos utilizados no desenvolvimento do presente trabalho foram obtidos em diversos órgãos públicos e outras entidades, sendo os seguintes:

- fotografias aéreas, escala 1:40.000, de vôo realizado em 1990;

- cartas planialtimétricas do mapeamento sistemático em escala 1:50.000, elaboradas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército, 1ª DL;
- mapa rodoviário do DAER (Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem) de 1994;
- 2 imagens de satélite TM LANDSAT 5, bandas 3, 4 e 5 das órbitas 221/080 e 221/081, correspondentes à cobertura da porção norte e da porção sul da bacia em análise, 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 do RS, em formato DXF, com grau de generalização compatível com a escala 1:250.000, fornecida pelo IBGE;
- microcomputadores *Pentium* IBM PC-compatíveis e periféricos (mesa digitalizadora A1, *plotter*, impressoras, etc.);
- *software* de geoprocessamento SGI/INPE
- *software* de digitalização e edição vetorial TOSCA v. 2.12;
- *software* de geoprocessamento IDRISI for Windows v. 2.0;
- aparelhos receptores portáteis GPS (*Global Positioning System*);
- câmeras fotográficas de 35 mm;
- automóveis e barco a motor.

Os trabalhos de levantamento dos usos da água e do solo da bacia hidrográfica do rio Caí envolveram diversas atividades, como ilustra o fluxograma da figura 2.

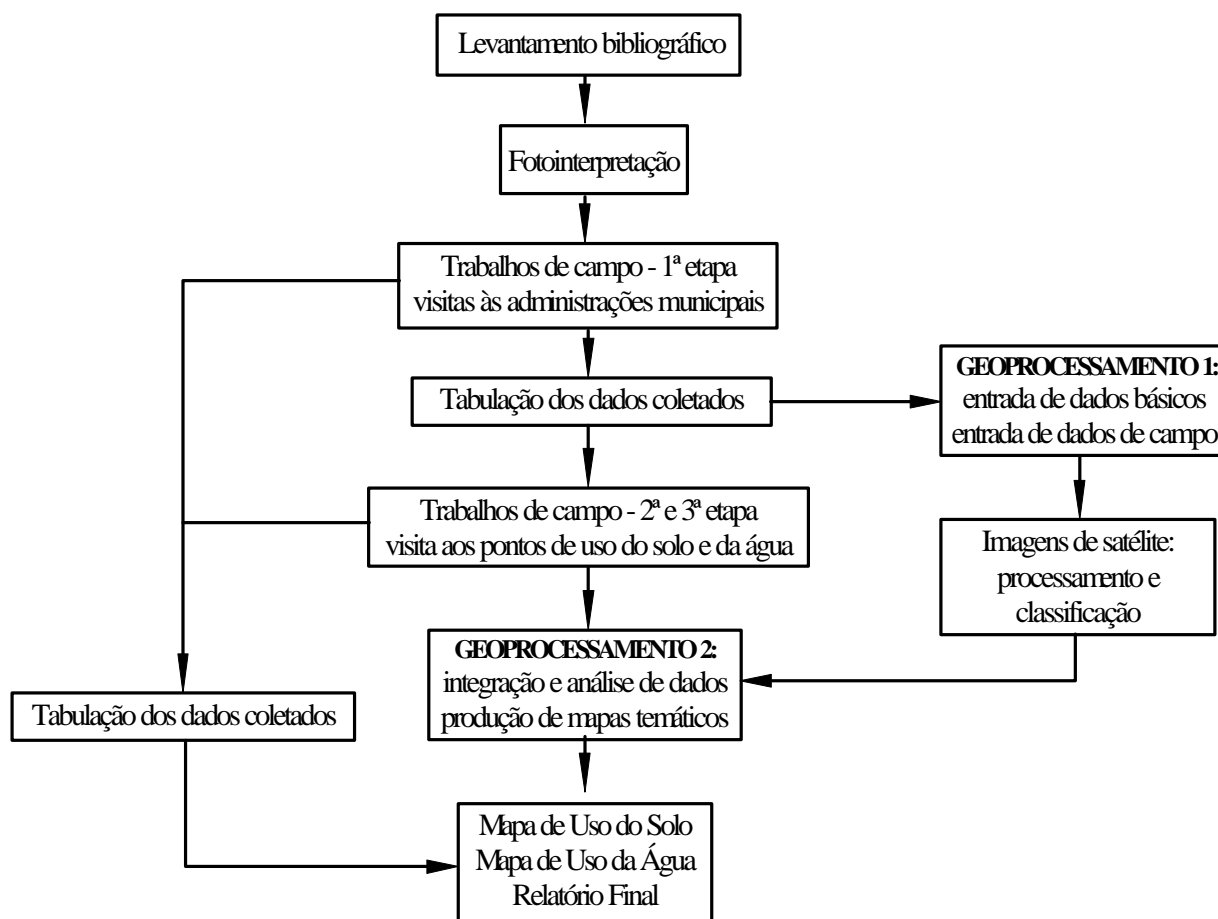


Figura 2. Fluxograma dos trabalhos de levantamento dos usos do solo e da água na bacia hidrográfica do rio Caí

O levantamento bibliográfico envolveu a pesquisa e a coleta de material existente sobre a região de abrangência da bacia do rio Caí e foi feita basicamente em órgãos públicos de diferentes esferas. Foram reunidas publicações com dados estatísticos sobre cada um dos municípios integrantes da bacia hidrográfica, endereços e telefones de contato das respectivas prefeituras, informações sobre captação de água para uso doméstico e industrial, lançamento de efluentes e estações de tratamento, depósitos de lixo doméstico e industrial, atividades industriais com potencial poluidor de mananciais, etc. A pesquisa de informações também envolveu o levantamento de materiais como fotografias aéreas, cartas topográficas e mapas temáticos da área estudada.

Após o levantamento bibliográfico foram realizados os trabalhos de campo, que se dividiram em três etapas distintas. Na primeira etapa, efetuou-se visitas às administrações municipais, aos escritórios de assistência técnica e extensão rural (EMATER) e à companhia de saneamento responsável pelo abastecimento de água de cada cidade. Nestas visitas, fez-se a aplicação de um questionário visando um conhecimento mais detalhado da realidade de cada município com relação ao uso da água e do solo. Sempre que necessário, registrou-se por meio de fotografias elementos que mereciam destaque, como depósitos de lixo e desmatamentos às margens de rio, captação de água para consumo e irrigação, lançamento de efluentes, etc.

A segunda etapa do trabalho de campo consistiu na verificação dos locais de ocorrência dos usos e foi precedida de uma análise da área a ser visitada, com a montagem de um cronograma e a programação dos trajetos a serem percorridos. As prioridades foram estabelecidas baseando-se nos dados obtidos na primeira etapa e na análise de estereopares de fotografias aéreas, cartas planialtimétricas e imagens de satélite. Para a coleta e sistematização dos dados foi criada uma ficha de campo, contendo campos específicos para as informações mais importantes a levantar em cada ponto. Cada local visitado foi descrito e caracterizado, fotografado e teve sua localização determinada com auxílio de GPS, tendo-se o cuidado de harmonizar Datum e elipsóide para concordarem com os da base cartográfica utilizada. Foram realizadas viagens por terra e excursões de barco no segmento navegável do rio Caí, que vai da foz até a cidade de São Sebastião do Caí, situada nas suas margens.

A terceira e última etapa de levantamento de campo foi realizada com base nas informações adquiridas nas duas etapas anteriores, buscando-se identificar e detalhar zonas de conflito de uso da água e do solo em torno dos cursos d'água. Os recursos empregados nessa etapa foram os mesmos da anterior. Durante as três etapas de campo foram realizadas 34 saídas num período de 4 meses, somando uma distância percorrida de 9.086 km por terra e de 190 km por via fluvial.

Paralelamente à realização desses levantamentos de campo foram desenvolvidas outras tarefas, como a tabulação em planilhas eletrônicas de dados descritivos obtidos no levantamento bibliográfico e de dados coletados em campo e a estruturação de dados cartográficos no SIG. A tabulação procurou reunir dados de natureza semelhante na mesma tabela, criando tabelas distintas para cada tipo e abrangência de informação descritiva. A unidade territorial fundamental utilizada foi a divisão municipal, associando-se a ela a maior parte dos registros, mas foi necessário considerar também aspectos ligados a usos pontuais verificados dentro da área de cada município. A identificação do registro com o respectivo município foi feita através de um campo, utilizando o mesmo código empregado pelo sistema de banco de dados da FEPAM e aproveitando a estrutura do banco já existente.

Quanto ao SIG, numa primeira fase foram digitalizados os dados cartográficos básicos, criando-se planos de informação com o limite da bacia, a rede hidrográfica e a rede viária, obtidos das cartas 1:50.000 e do mapa rodoviário do DAER, utilizando-se o sistema SGI/INPE. Posteriormente, essa base cartográfica digital foi exportada para o sistema IDRISI, onde as demais informações foram adicionadas. O primeiro plano de informação adicionado no IDRISI foi a malha municipal digital do IBGE, adquirida em formato DXF pela FEPAM. Os municípios foram poligonizados atribuindo-se aos polígonos dos municípios os mesmos códigos utilizados pela FEPAM no seu sistema de banco de dados. O objetivo de utilizar o mesmo código foi facilitar o posterior intercâmbio entre o sistema da FEPAM e os dados reunidos no SIG.

Foram digitalizadas ainda outras informações disponíveis na forma cartográfica, entre elas as áreas de mineração ativas (referentes a 1996), áreas de depósitos de lixo, localização de poços de captação de água para abastecimento industrial, pontos de captação superficial de água para abastecimento doméstico e locais de despejo de efluentes domésticos e industriais. Algumas informações tiveram de ser interpretadas de fotografias aéreas, como as áreas destinadas a culturas irrigadas. Por último, foram introduzidos no IDRISI os dados de uso do solo e da água levantados em campo, mediante a criação de arquivos vetoriais de pontos com as coordenadas obtidas em campo com receptores GPS.

A etapa seguinte foi o processamento e classificação das imagens de satélite, com a finalidade de obter um mapa de uso/cobertura do solo da bacia. O primeiro passo foi o georreferenciamento das duas imagens utilizadas. A imagem correspondente à porção norte foi georreferenciada com 42 pontos de controle e um erro RMS total de 23,6 metros e a imagem correspondente à porção sul com 68 pontos de controle e um erro RMS de 21,3 metros. A maior parte dos pontos de controle utilizados consistiu de cruzamentos de estradas, uma vez que a região tem uma rede viária bastante densa. A coleta das coordenadas nas imagens brutas foi efetuada sobre a banda 3 com realce linear de contraste. A qualidade do resultado do georreferenciamento foi verificada sobrepondo-se a rede viária e a rede hidrográfica da base cartográfica às imagens georreferenciadas. Para a classificação optou-se pelo processo supervisionado. A amostragem de áreas de treinamento foi efetuada sobre composições coloridas RGB543 e RGB453, produzidas com técnicas de realce de contraste para melhorar sua qualidade visual para o reconhecimento de alvos. Para auxiliar no processo sobrepôs-se às imagens arquivos vetoriais com os pontos obtidos com GPS no trabalho de campo, contendo a localização de diferentes alvos. Foram delimitadas 1058 áreas de treinamento em toda a bacia, divididas em 10 classes. As imagens da porção norte e sul foram processadas separadamente e o resultado da classificação foi posteriormente unido em um mosaico para a totalização dos resultados (figura 3).

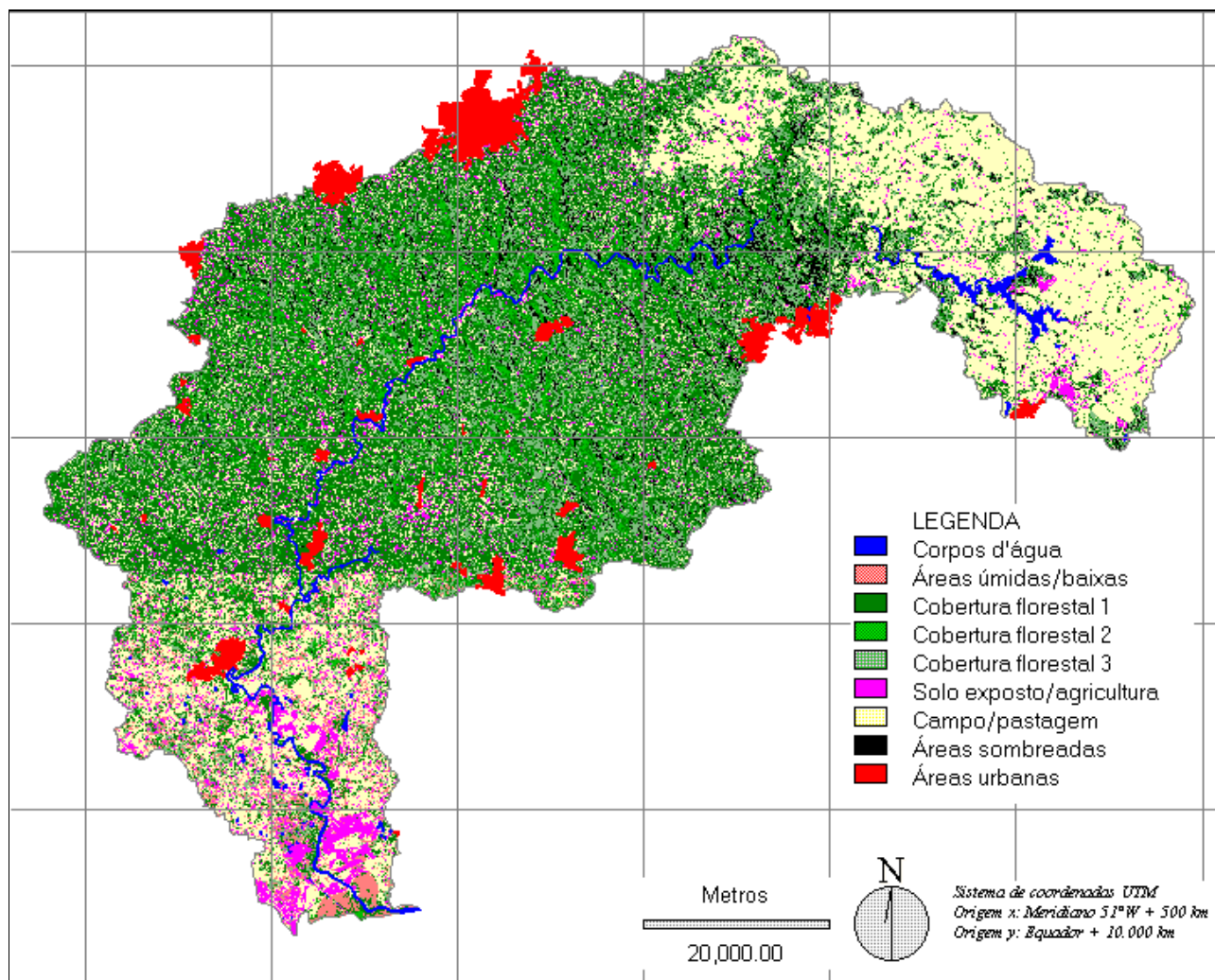


Figura 3. Mapa de uso/cobertura do solo da bacia do rio Caí.

Uma vez levantadas todas as informações desejadas, procedeu-se à integração e à análise dos dados no SIG. Foram quantificados inicialmente todas as informações referentes às áreas cartografadas, incluindo desde a área da bacia, do território municipal e dos usos de superfície registrados através das imagens e de fotointerpretação. Destas foram posteriormente derivados outros dados que, por sua vez, possibilitaram derivar estimativas a partir de informações existentes na forma tabular. Todas as estimativas foram feitas diretamente no IDRISI, utilizando as funções de análise geográfica e de ligação dos mapas com bancos de dados do sistema. Finalmente, foram trabalhados os usos pontuais levantados, identificando-se os afluentes impactados por cada um e a intensidade do impacto (carga, volume, vazão, etc...), procurando localizar pontos ou zonas críticas.

Com base na integração e análise das informações de uso da água e do solo levantadas elaborou-se uma proposta de segmentação do curso principal da bacia. Foram considerados, em primeiro plano, os **usos preponderantes**, que traduzem um grau de importância maior frente a outros usos observados ao longo de um determinado segmento. Um determinado uso é considerado preponderante a partir da intensidade de sua ocorrência (irrigação, por exemplo) ou de sua importância para a população (abastecimento), num segmento específico. Também foram considerados **outros usos**, representados pela diluição de despejos domésticos e/ou industriais, bem como a lixiviação de agrotóxicos, o abastecimento doméstico de água e as atividades de contato primário. Além dos usos, as características geomorfológicas da bacia também foram analisadas, visto que são bastante diferenciadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento dos usos do solo e da água na bacia do rio Caí resultou em 9 planos de informação, contendo a localização de balneários e cachoeiras, pontos com barramento dos cursos d'água e com potencial para futuro barramento (geração de energia, acumulação e derivação), captações superficiais (abastecimento doméstico, industrial e para irrigação), locais de deposição de resíduos sólidos (lixo doméstico e industrial), pontos de lançamento de efluentes (domésticos e industriais), áreas de mineração (areia, arenito, argila, basalto, cascalho, saibro), usinas hidroelétricas e unidades de conservação.

O plano de informação com o produto da classificação das imagens de satélite resultou em apenas 6 classes das 10 classes inicialmente definidas, em função da confusão verificada entre classes. As principais causas dessa confusão são as variações da geomorfologia, dos tipos de solo e da disponibilidade hídrica na bacia, o que faz com que a variação na resposta espectral dentro de uma mesma classe seja da mesma amplitude que a variação entre classes. Puderam ser mapeadas a cobertura vegetal arbórea (mata nativa e reflorestamento), áreas de campo (pastagem), áreas de agricultura, áreas alagadas, áreas alteradas (zonas urbanas, estradas, áreas de mineração) e corpos d'água. As áreas urbanas, devido à impossibilidade de diferenciação de outras áreas alteradas, tiveram de ser definidas por interpretação visual da banda 3 com realce de contraste, digitalizando-se diretamente no monitor. O uso de imagens multitemporais poderia melhorar bastante a classificação, pois a data utilizada é boa para separar o cultivo de arroz da mata nas áreas planas, mas dificulta a classificação nas encostas por apresentar muita sombra. O uso de uma imagem adicional em período de verão contribuiria para reduzir esses problemas. Uma outra alternativa seria dividir a imagem em várias janelas com maior homogeneidade, efetuar a classificação de cada uma em separado e unir o resultado. Apesar da redução no número de classes inicialmente proposto, a classificação ainda atendeu às necessidades de obter uma estimativa da distribuição da cobertura vegetal na bacia.

Quanto à integração dos dados no SIG, o primeiro resultado foi a exclusão dos municípios de Novo Hamburgo e Campo Bom da bacia do rio Caí, que julgava-se anteriormente pertencerem à mesma. Foram determinados ainda a área rural e urbana, absoluta e proporcional, de cada município dentro da bacia, a população na bacia e a quantidade de efluentes domésticos produzidos por essa população. O cruzamento de dados permitiu ainda localizar e quantificar os diferentes usos, determinando o total por município e identificando os afluentes impactados por cada tipo de uso.

A proposta de segmentação do rio Caí, com base na integração dos dados referentes aos usos do solo e da água levantados e na geomorfologia compreende 7 trechos, que estão esquematizados na figura 4. Os segmentos são apresentados de montante para jusante, sendo delimitados pelas desembocaduras de cursos d'água, os quais representam marcos físicos da segmentação.

O primeiro segmento vai das nascentes até a foz do arroio Caracol, e caracteriza-se principalmente pela existência de três grandes barramentos construídos para geração de energia hidroelétrica através do Sistema Salto. Neste segmento há criação extensiva de bovinos. O segundo segmento vai da foz do arroio Caracol até a foz do arroio Pirajá, e caracteriza-se pelo vale encaixado do rio, inexistindo várzea e, por isso, não há cultivos irrigados. Nas encostas encontra-se apenas cobertura arbórea nativa e florestamentos com espécies exóticas. O terceiro segmento vai da foz do arroio Pirajá até a foz dos arroios Belo e Pinhal e se caracteriza pelo início da várzea e a consequente irrigação dos cultivos nela praticados, principalmente de hortaliças. O quarto segmento inicia na foz dos arroios Belo e Pinhal e termina na foz do arroio Coitinho. Caracteriza-se pela existência de uma várzea bem mais larga que no segmento anterior e mais intensamente cultivada e irrigada. Neste segmento ocorrem lançamentos sucessivos de despejos domésticos e industriais, o que não se verifica nos segmentos anteriores. Em Feliz registra-se o primeiro ponto de abastecimento industrial. O quinto segmento vai da foz do arroio Coitinho até a foz do arroio da Amora. Nele localizam-se os primeiros pontos de captação superficial para abastecimento doméstico, sendo um em São Sebastião do Caí e dois em Montenegro. A várzea, embora bem desenvolvida, abriga cultivos que não necessitam de irrigação sistemática. A irrigação verifica-se apenas durante períodos de estiagens prolongadas. O sexto segmento inicia na foz do arroio da Amora e vai até a foz do arroio Bom Jardim. A partir deste segmento, a irrigação volta a ser uso preponderante, mas com outra característica. O cultivo de hortaliças é substituído pela orizicultura, que necessita de volumes muito maiores de água durante períodos bem mais longos. O último segmento vai da foz do arroio Bom Jardim até a foz do rio Caí no Parque Estadual Delta do Jacuí. Continua tendo como uso preponderante a atividade de irrigação, mas diferencia-se do anterior pela existência de um grande complexo industrial que, assim como a orizicultura, retira do rio um significativo volume de água.

A segmentação proposta é relevante no sentido de retratar os atuais usos feitos das águas do rio Caí, bem como mostrar sua importância para a atividade econômica, sobretudo agrícola, de vários municípios da bacia hidrográfica. Convém lembrar que não se contemplou a análise da qualidade das águas do rio Caí, uma vez que essa segmentação deve servir justamente para orientar a definição dos locais de instalação de pontos de coleta. Sabe-se que a segmentação poderá ser alterada em função dos resultados da análise de qualidade das águas.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstraram ser o SIG uma tecnologia fundamental de apoio a qualquer projeto que pretenda resolver os problemas ambientais relacionados a bacias hidrográficas. Seu uso torna possível a integração e manipulação de dados, de forma rápida e eficaz, para a geração de informações para subsidiar tanto o diagnóstico quanto o gerenciamento, sem necessariamente acarretar em investimentos elevados. Especialmente para o gerenciamento, o SIG pode ser utilizado na montagem de vários cenários de decisão contemplando os interesses de todos os setores da comunidade envolvidos no processo, os quais dificilmente poderiam ser construídos por meios convencionais. A possibilidade de fazer atualizações, alterações e reconstrução de cenários rápidas e eficientes proporciona uma visão peculiar do problema discutido e a reavaliação instantânea de qualquer interferência prevista.



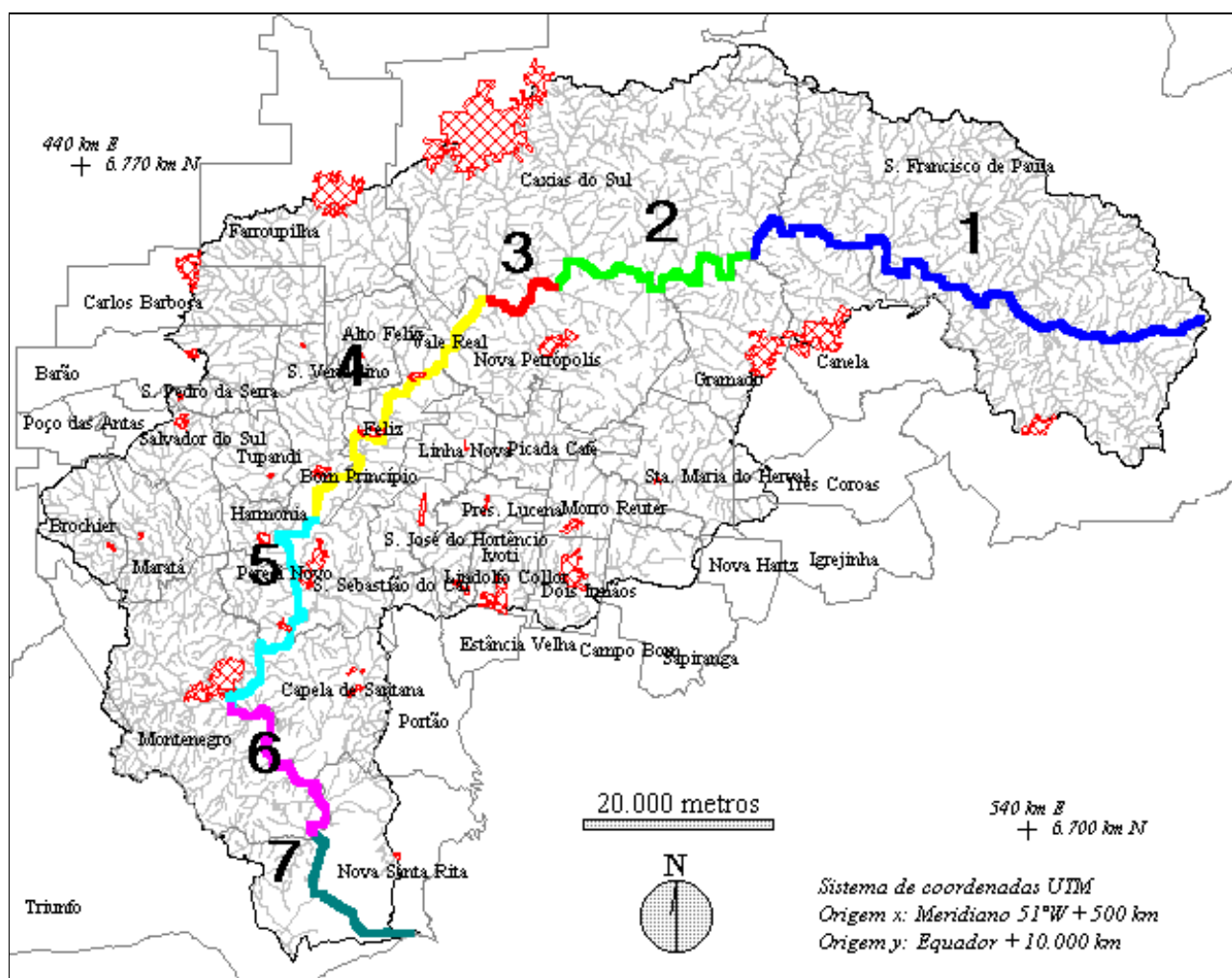


Figura 4. Ilustração da proposta de segmentação do rio Caí em função dos usos do solo e da água na bacia, contendo os 7 trechos individualizados.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrar und Hidrotechnik/SOP-RS. 1971. *Planejamento hidrológico e estudo de desenvolvimento regional da bacia do rio Caí*. 5v. Porto Alegre.
- Aronoff, S. 1991. *Geographic information systems: a management perspective*. WDL publications. Ottawa, Canada. 294p.
- Burrough, P.A. 1992. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford University press. Oxford. 194p.
- Brasil. Ministério da Agricultura. 1987. *Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas: Manual Operativo*. Brasília, DF. 60p.
- Câmara, G. 1993. *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.
- CONAMA. 1993. *Resoluções CONAMA entre 1984 e 1992*. Min. Des. Urbano e Meio Ambiente, Brasília.
- IPAGRO - Seção de Ecologia Agrícola. 1989. *Atlas agroclimático do estado do Rio Grande do Sul*. 3 v. Porto Alegre.
- Lombardi Neto, F., Camargo, O.A. 1992. *Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas*. Campinas. Documentos IAC, nº 29, p. 91-119.
- RGS. Lei nº 10.350 (30/12/94). *Política Estadual de Recursos Hídricos*.
- SEPLAN/IBGE. 1986. *Levantamento de Recursos Naturais*. Radambrasil. V 33. Rio de Janeiro. 791p.
- Townshend, J.R.G. 1992. *Environmental databases and GIS*. In: Maguire, D.J., Goodchild, M.F., 14. Rhind, D.W. *Geographical information systems. Principles and applications*. Longman Scientific & Technical, New York. 327 p., p. 201-205.
- Weber, E.J. 1995. *Uso de sistemas de informação geográfica como subsídio ao planejamento em áreas agrícolas. Um caso no planalto do Rio Grande do Sul*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. Dissertação de Mestrado. 80 p.
- Xavier da Silva, J. 1992. *Geoprocessamento e análise ambiental*. Revista Brasileira de Geografia, vol. 54, p. 47-61.