

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE UNIDADES DA PAISAGEM DA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL NO PERÍODO DE 1984 A 1999

Environmental diagnoses from landscape units in the northwest area from the State of Rio Grande do Sul in the period from 1984 to 1999

Tania Maria Tonial¹
Eloir Missio¹
José Eduardo dos Santos²
Carlos Henke-Oliveira²
Marcelo Leandro Holzschuh¹
Nelson Zang¹

¹ **Laboratório de Geoprocessamento - URI**

Av. Assis Brasil, 709, 98.400-000, Frederico Westphalen-RS. gpa@fw.uri.br

² **Programa de Pós-Graduação – Ecologia e Recursos Naturais / UFSCar**

Via Washington Luiz Km 235. 13565-905 São Carlos-SP.

RESUMO

No Estado do Rio Grande do Sul o uso e a ocupação da terra sempre esteve associado a práticas agressivas ao meio ambiente. O desenvolvimento a qualquer custo pode trazer consequências irreversíveis para os ecossistemas, as paisagens, a biosfera e sua diversidade biológica. Com a crescente demanda por recursos naturais o diagnóstico periódico do uso da terra torna-se um aspecto fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço, os quais raramente são permanentes, em função da elevada dinâmica das atividades antrópicas. Neste contexto, as informações derivadas dos sensores orbitais, aliadas às técnicas de geoprocessamento, têm-se mostrado como uma ferramenta eficiente no auxílio à caracterização de elementos da paisagem e em estudos de identificação e mapeamento dos recursos naturais. Este trabalho objetiva, pois, a caracterização e o diagnóstico ambiental de cinco microbacias da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. O uso de sistemas de informações geográficas foi essencial para a obtenção das informações relacionadas aos elementos estruturais da paisagem como: hipsometria, clinografia, hidrografia, usos do solo, áreas de risco e áreas de preservação permanente. A agricultura representa a principal ocupação dos solos na região, sendo necessário promover o controle e o acompanhamento do uso dos recursos naturais, principalmente nas áreas de preservação permanente, possibilitando o cumprimento da legislação ambiental. A base cartográfica disponível para a confecção de cartas temáticas precisas é limitante. Este problema não é apenas local, a escassez de informações cartográficas é geral em todo o Brasil.

Palavras-chave: Sistemas de Informações Geográficas, biodiversidade, diagnóstico ambiental.

ABSTRACT

In the State of Big Rio of the South, the use and the occupation of the soil was always associated the aggressive practices to the environment. Development at any cost can bring irreversible consequences for the ecosystems, the landscapes, the biosphere and its biological diversity. With the growing demand for natural resources the periodic diagnosis of the use of the soil becomes a fundamental aspect for the understanding of the patterns of organization of space, which are rarely permanent, in function of the high dynamics of anthropic activities. In this context, the derived information of orbital sensor, together with the geoprocessamento techniques, have been an efficient tool the characterization of elements of the landscape and in identification studies and mapping of the natural resources. This work objectifies, then, the characterization and the environmental diagnosis of five microbasins of the Northwest area

of the State of Big Rio of the South. The use of GIS was essential for obtaining the information related to the structural elements of the landscape as: hipsometria, clinografia, hidrografia, uses of the soil, risk areas and areas of permanent preservation. Agriculture represents the main occupation of the soil in the area, being necessary to promote the control and the accompaniment of the use of natural resources, mainly in the areas of permanent preservation, facilitating the execution of the environmental legislation. The available cartographic base for the making of precise thematic letters is limitante. This problem is not just local, the shortage of cartographic information is general Brazil as a whole.

Keywords: Systems of Geographical Information, biodiversidade, environmental diagnosis.

1. INTRODUÇÃO

A humanidade atravessa um momento histórico. O mundo confronta pobreza, fome, doenças, analfabetismo, degradação dos ecossistemas e as disparidades sócio econômicas continuam aumentando. O equilíbrio entre o ambiente e o desenvolvimento parece ser o único caminho para assegurar o futuro da Terra e, para tal, é necessário repensarmos as necessidades humanas em relação à limitação ecológica do planeta (SATO & SANTOS, 1999).

Os sistemas econômicos, nas várias tendências políticas, valorizam prioritariamente os aspectos culturais em detrimento dos recursos naturais. Aparentemente, enquanto não ocorrer uma crise, os "serviços e produtos" naturais continuarão sendo explorados, como se fossem ilimitados ou, de certa forma, substituíveis por inovações tecnológicas, apesar de evidências mostrarem o contrário (ODUM, 1983).

Tais interesses evidentemente produzem uma imagem distorcida do chamado "desenvolvimento". Seus defensores argumentam que qualquer proposta que restrinja suas atividades tem como propósito limitar o desenvolvimento do país; de que o futuro depende de suas obras, e não é possível realizar esse desenvolvimento sem gerar "alguns prejuízos" ao ambiente (BRANCO, 1988).

A falta de conhecimento sobre a importância dos ecossistemas naturais faz com que, tanto as grandes como as pequenas áreas naturais, isoladas em meio de sistemas antrópicos, e mesmo áreas semi-naturais, sejam desprezadas e modificadas para providenciar ganhos econômicos de curto e médio prazos. Neste sentido, muitas das decisões sobre o uso da terra não levam em consideração o papel das áreas naturais ou semi-naturais e seu efeito significativo sobre a capacidade dos sistemas ecológicos em providenciar as funções anteriormente descritas, tanto em nível local como global (PIRES, 1995).

O desenvolvimento a qualquer custo pode trazer conseqüências irreversíveis para os ecossistemas, as paisagens, a biosfera e sua diversidade biológica. A extinção de espécies e a perda de informação genética é um processo irreversível, com drásticas conseqüências ambientais e fortes implicações éticas, representando um dano econômico de grandeza desconhecida que implica na perda de recursos para as futuras gerações. Evidências estão se acumulando de que recursos genéticos estão sendo esgotados rapidamente (ODUM, 1988).

Alarmados com a acelerada taxa de extinção de espécies animais e vegetais e a destruição de ecossistemas, a comunidade científica vem tentando compreender o "status" e a tendência da biodiversidade e recomendar estratégias para sua conservação. Uma grande quantidade de informações biológicas, ecológicas e culturais são necessária para fazer tal avaliação; infelizmente, com frequência, dados relevantes para a conservação da biodiversidade tem sido adquiridos sem o intuito de gerar informações para o manejo em si, estando dispersos entre as instituições e sendo muitas vezes difícil a sua disponibilização de forma adequada e orientada à gestão ambiental (WOLLWEILER, 1992).

Os alertas sobre a perda da biodiversidade vem tanto da comunidade científica quanto das entidades não governamentais. Consideram-se como principais causas de perda da biodiversidade a fragmentação dos habitats, introdução de espécies e doenças exóticas, super exploração de plantas e animais, contaminação do solo, água, e atmosfera por poluentes e mudanças climáticas. A biodiversidade é importante para, promover o equilíbrio e a estabilidade dos ecossistemas além, do potencial econômico que a biodiversidade proporciona, sendo a base das atividades agrícolas, pecuárias, pesqueiras e florestais, além de ser fonte estratégica para a indústria da biotecnologia.

Muitos conceitos ecológicos relacionados com a diversidade são controversos e precisam de maiores pesquisas, porém todos estão de acordo que ela é necessária para a sobrevivência dos seres humanos. A maior parte da diversidade biológica ainda é encontrada em ecossistemas naturais, cuja sobrevivência depende, em grande parte, da diversidade contida neles, podemos acrescentar ainda, um motivo irresistível, preservar e salvaguardar a diversidade necessária para a adaptação e sobrevivência no futuro (ODUM, 1998).

O desmatamento, a erosão acelerada, a contaminação química dos solos, recursos hídricos e atmosfera, além do risco direto e indireto à própria saúde humana são uma constante nos modelos e técnicas adotadas nos agroecossistemas dominantes no mundo, causando sérios impactos ao meio ambiente (PINTO & CRESTANA, 1998).

A destruição da cobertura florestal nativa, desencadeada pela expansão agrícola, determinou o empobrecimento do solo, possibilitando a ação de processos erosivos, assim como o aparecimento de etapas iniciais de arenização em algumas áreas. A erosão é um problema grave resultante principalmente

da inadequação dos métodos de exploração, da inexistência de práticas conservacionistas, assim como pelas características intrínsecas dos solos e do regime pluviométrico (FERREIRA, 1999).

Com a crescente demanda dos recursos naturais o diagnóstico periódico do uso da terra torna-se um aspecto fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço, os quais raramente são permanentes, em função da elevada dinâmica das atividades antrópicas. Neste contexto, as informações derivadas dos sensores orbitais, aliadas às técnicas de geoprocessamento, têm-se mostrado como uma eficiente ferramenta no auxílio à caracterização de elementos da paisagem, e em estudos de identificação e mapeamento dos recursos naturais (RIBEIRO et al., 1999).

Com o surgimento de sistemas computacionais surgiram vários termos como geoprocessamento que é uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas e tem influenciado de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional. As técnicas de geoprocessamento são de custo relativamente baixo, resultados rápidos, tornando-se atrativos em condições de carência de informações adequadas para a tomada de decisão em grandes ou pequenas áreas geográficas (ASSAD & SANO, 1998; PAREDES, 1994).

Nos anos 90 a utilização dos SIGs em atividades associadas ao planejamento ambiental tornou-se comum em tarefas como simulação do espaço geográfico e seus processos naturais, integração de informações espaciais e produção cartográfica, que fornecem suporte para os tomadores de decisão. O processo de planejamento ambiental é contínuo devendo ser reavaliado periodicamente e, dentro do possível, adequado às novas condições sociais, culturais, ambientais e paradigmas emergentes (FERRAZ, 1999).

O elevado volume de informações propicia o conhecimento, quer em escala municipal, estadual ou mesmo federal, fornecendo a base para o planejamento da atividade agrícola e da estruturação de obras como estradas, silos, portos, etc. Além disso, ao conhecermos o uso da terra em determinado momento, temos condições de acompanhar sua evolução, e compreender melhor o processo de ocupação antrópica ocorrente nestes locais. Podemos ainda simular o efeito que determinadas atividades podem trazer sobre o ambiente se forem implementadas (PIROLI, et al, 1999).

A falta de um planejamento ambiental acarreta muitos problemas ambientais e econômicos de uma região. O planejamento ambiental surge como uma forma de mitigar os impactos ambientais decorrentes desses conflitos e do acesso inadequado aos recursos do solo. "O planejamento ambiental deve ser um processo flexível e dinâmico, baseado em uma descrição detalhada da área, e fundamentado em mapas recentes, essenciais à elaboração de uma infra-estrutura básica de dados para a interpretação, avaliação e decisão a respeito do manejo da mesma" (PIRES et al., 1998).

A maioria dos municípios ainda carece de um sistema de gestão voltado a agilizar as mais simples tarefas da administração pública e planejamento municipal, permanecendo, o seu espaço territorial, suscetível a todas as formas de apropriação e degradação. Do ponto de vista do desenvolvimento sustentado, muito pouco tem sido realizado para efetivamente prevenir os impactos negativos do uso inadequado dos recursos ambientais (PIRES, 1995).

É necessário compreender a relação entre ambiente e desenvolvimento para que haja possibilidade da realização de planos econômicos eficientes, socialmente justos, responsáveis e em harmonia com o ambiente. As leis e regulamentos específicos de cada país estão entre os mais importantes instrumentos para a transformação de políticas ambientais e de desenvolvimento, servindo como uma estrutura de planejamento econômico e aparelhamento de mercado (SATO & SANTOS, 1999).

No Estado do Rio Grande do Sul o uso e a ocupação do solo sempre esteve associado à práticas "agressiva" ao meio ambiente, tais como as utilizadas nas atividades agrícolas. O desconhecimento e uso de estratégias inadequadas de manejo do solo, das águas e das florestas foi e ainda são os maiores responsáveis pela degradação desses recursos. A reversão desse quadro é extremamente dependente de ações planejadas que estão limitadas pela falta de informações precisas e atualizadas sobre a base de recursos físicos, naturais e econômicos.

A região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul foi colonizada na década de vinte por imigrantes trazidos pelo processo de colonização. Com o passar dos anos e sem tecnologias que pudessem alavancar a economia da região, as propriedades passaram a ser divididas entre os herdeiros das famílias, pois não se dispunha de recursos para a aquisição de novas áreas de terra para as novas famílias que se formavam. Como consequência, houve aumento no número de propriedades com redução da área média das mesmas.

Em 1995, nos 30 municípios do Médio Alto Uruguai (parte da Região Noroeste) existiam 26.072 propriedades rurais, com uma média de 16,5 ha por propriedade. Entretanto, 46,7% das propriedades possuíam menos de 10 ha, voltadas exclusivamente à agricultura familiar (BRUM, 1999). Trata-se da Região de maior concentração de minifúndios do Estado do Rio Grande do Sul, onde 56,15% da população reside no meio rural, entretanto, os municípios que contemplam a área de estudo 49,28% da população residem no meio rural (IBGE, 2000).

Em termos práticos, os principais objetivos de um plano de manejo ambiental compreendem ações direcionadas ao conhecimento e proteção da biodiversidade, à minimização dos impactos ambientais decorrentes de ações internas e externas à unidade de estudo (IBAMA, 1994). Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o diagnóstico ambiental das cinco microbacias, onde está localizado o município de Frederico Westphalen, a partir da

elaboração de mapas e o processamento concomitante das condições dos elementos estruturais da paisagem local.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende 5 unidades da paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, delimitada pelos divisores de água, identificados nas cartas topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG), compreendendo um total de 89.002 ha. A área abrange o município de Frederico Westphalen e, parcialmente, os municípios de Caiçara, Vicente Dutra, Seberi, Cristal do Sul, Jaboticaba, Boa Vista das Missões, Taquaraçu do Sul, Vista Alegre e Palmitinho. Faz divisa com o Estado de Santa Catarina, estando em linha reta a 50 quilômetros da Argentina e faz fronteira com a região das Missões, no Rio Grande do Sul. Está situada entre os paralelos 27° 12' e 27° 45' de Latitude Sul, 53° 12' e 53° 38' de Longitude Oeste, e a uma altitude variável entre 180 a 610 m. Compreende as seguintes microbacias hidrográficas; Lajeado Perau (LPE), Lajeado Chiquinha (LCH), Rio Pardo (RPA), Lajeado Mico (LMI) e Lajeado Castelinho (LCA) (Figura 1).

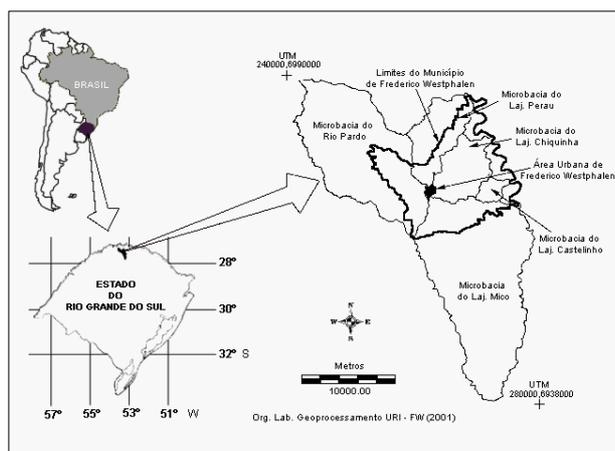


Fig. 1 – Localização da área de estudos.

2.2 Recursos computacionais e informações primárias

Os equipamentos de laboratório empregados foram microcomputadores Pentium III 550 mhz, 256 MB de memória RAM, mesa digitalizadora tamanho A1, receptor de sinal de GPS 12 XL da GARMIN, impressora laser monocromática, impressora laser colorida, plotter tamanho A0 colorido.

Os softwares utilizados foram os Sistemas de Informações Geográficas, Idrisi 3.2, Carta Linx 1.2, MapInfo 5.5, editor de imagem Adobe PhotoShop 5.5, editor de texto Word 2000 e StarOffice 5.2.

A base de informações compreendeu cartas topográficas na escala 1:50.000 elaboradas pela DSG,

do ano de 1979 (Tabela 1). Imagens do satélite LandSat TM5, compostas pelas bandas 3, 4 e 5, cena 223/079, datadas de 1984 (15/10), 1989(29/10), 1994(27/10) e 1999(15/09).

TABELA 1 - RELAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS UTILIZADAS PARA CLASSIFICAÇÃO HIPOSOMÉTRICA E CLINOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO.

Folhas	Mapa Índice (MI)	Denominação	Escala
SG.22-Y-C-II-2	2885/2	Palmitos	1:50.000
SG.22-Y-C-II-1	2885/1	Iraí	1:50.000
SG.22-Y-C-I-2	2884/2	Itapiranga	1:50.000
SG.22-Y-C-II-4	2885/4	Planalto	1:50.000
SG.22-Y-C-II-3	2885/3	Frederico Westphalen	1:50.000
SG.22-Y-C-I-4	2884/4	Palmitinho	1:50.000
SG.22-Y-C-V-1	2900/1	Jaboticaba	1:50.000
SG.22-Y-C-V-2	2900/2	Liberato Salzano	1:50.000

2.3 Procedimento

O modelo operacional para o desenvolvimento do diagnóstico ambiental, das cinco microbacias em estudo, é apresentado na Figura 2.

As cartas DSG na escala 1:50.000 foram digitalizadas em dois processos, um para obter os cursos de água (arquivo vetorial Hidro) e outro para obter as curvas de níveis (arquivo vetorial Hipsó). No fluxograma consta como uma função *CartaLinx*. Na realidade o programa CartaLinx é executado a partir do programa Idrisi, quando também pode ser executado individualmente.

O processo de digitalização dos cursos de água gera, pois, num primeiro momento, um arquivo vetorial, aqui denominado de Hidro, que é submetido a uma função *Lineras* do Idrisi. Esta função gera um arquivo em formato raster, aqui também denominado de Hidro. A partir deste arquivo podem ser obtidas diversas informações, entre elas, a geração de um relatório dos cursos de água, aqui denominado de Mapa de Hidrografia.

O arquivo raster foi, então, submetido à função *Distance* com o objetivo de obter as Áreas de Preservação Permanente (APP Hidro). A função *Distance* gera um arquivo raster, aqui denominado Hidro Distance. A função *Reclass* utiliza este arquivo e, com auxílio do Código Florestal, aqui representado como material de apoio/relatório externo, gera um novo arquivo raster, aqui denominado APP Hidro, a partir do qual pode ser gerado o relatório Mapa de APP (hidrografia).

O arquivo raster APP Hidro é utilizado em conjunto com o arquivo raster APP Clino pela função *Overlay* para gerar um arquivo raster de sobreposição dos cursos de água com as curvas de níveis, denominado de APP Geral. A partir do qual pode ser gerado o relatório Mapa de APP.

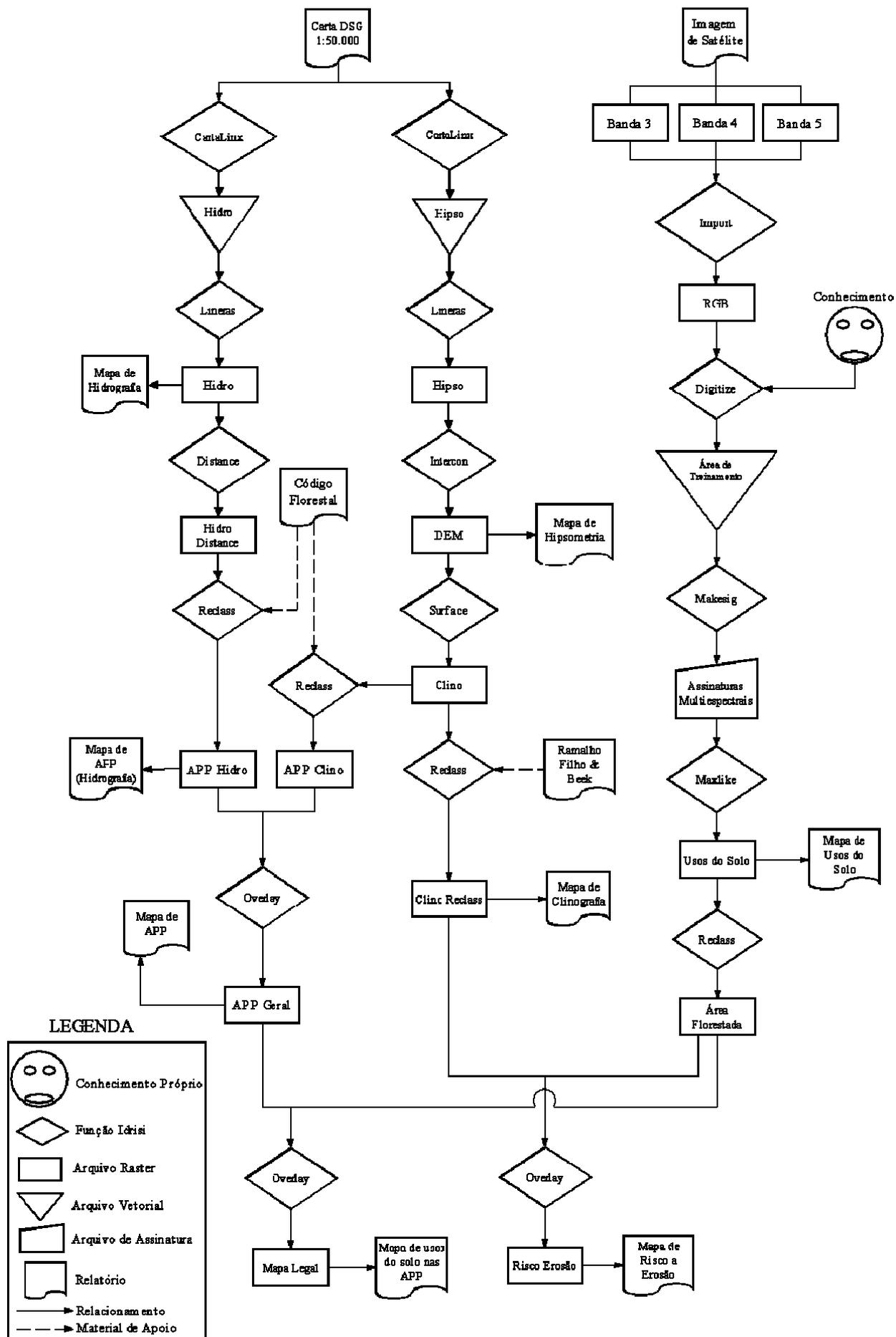


Fig. 2 – Modelo operacional utilizado no geoprocessamento.

O arquivo APP Clino foi obtido a partir da aplicação da função *reclass* sobre o arquivo Clino, comparando-o com os dados obtidos a partir do Código Florestal. A obtenção do arquivo Clino ocorre com a utilização da função *Surface* aplicada sobre o arquivo DEM (*Digital Elevation Modell* - Modelo Digital de Elevação). A partir deste arquivo foi obtido o Mapa de Hipsometria. A obtenção do arquivo DEM ocorre pela utilização da função *Intercon* sobre o arquivo raster Hipo. Este, por sua vez, foi obtido pela rasterização (função *Lineras*) do arquivo vetorial Hipo, obtido a partir da digitalização das curvas de nível, como já descrito anteriormente.

O arquivo Clino, foi tratado com a função *Reclass* em comparação com os Autores Ramalho Filho & Beek (1995) para gerar o arquivo raster Clino Reclass, obtendo-se o Mapa de Clinografia.

Para obter-se os produtos Mapa de Uso da Terra nas APP e Mapa de Risco à Erosão necessita-se ainda o arquivo raster Área Florestada, que representa as áreas com cobertura de vegetação da área em estudo. A obtenção deste arquivo é descrita a seguir.

As imagens de satélite utilizadas são compostas pelas bandas 3, 4 e 5, num formato tiff, convertidas de 24 para 8 bits. A imagem composta 8 bits é importada pela função *Import* gerando um arquivo raster RGB.

A função *Digitize* é um processo de "treinamento" no qual parte-se do conhecimento de áreas com florestas, água, solo exposto e outras formas de cobertura, tentando localizá-las na imagem visualizada na tela para gerar um arquivo vetorial Área de Treinamento. A função *Makesig* utiliza este arquivo vetorial para gerar um arquivo de assinaturas multispectrais.

A função *Maxlike* utiliza o arquivo Assinaturas Multispectrais para obter o arquivo raster Usos do Solo, a partir do qual é gerado o Mapa de Usos do Solo. Este arquivo é submetido à função *Reclass* para extrair um arquivo raster com a identificação da Área Florestada.

Os arquivos APP Geral e Área Florestada são submetidos à função *Overlay* para obter o arquivo raster Mapa Legal a partir do qual é gerado o relatório Mapa de uso da terra nas APP. Por outro lado, os arquivos Clino Reclass e Área Florestada tratadas semelhantemente geram o arquivo raster Risco Erosão. A partir deste é gerado o relatório Mapa de Risco à Erosão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Hipsometria

A superfície total calculada para a área em estudo foi de 89.002 ha. As classes hipsométricas foram agrupadas de 50 em 50m, exceto a cota mais baixa que vai de 180 a 200 m na microbacia do RPA e a cota mais alta varia de 550 a 610m na microbacia do LMI. A variação hipsométrica encontrada na área estudada foi

de 430 m, entre 180 e 610 m em relação ao nível do mar. As áreas correspondentes a cada uma das cotas hipsométricas das microbacias hidrográficas são apresentadas na Tabela 2 e Figura 3.

TABELA 2 - CLASSES HIPSONÉTICAS, ÁREA EM HA E PERCENTAGEM RELATIVA DE ÁREA EM CADA CLASSE.

Classes Hipsométricas	Área (ha)	%
180 – 250 m	3.830	4,30
250 – 300 m	7.505	8,43
300 – 350 m	15.295	17,19
350 – 400 m	12.013	13,50
400 – 450 m	12.595	14,15
450 – 500 m	16.786	18,86
500 – 550 m	17.546	19,71
550 – 610 m	3.432	3,86
Total	89.002	100

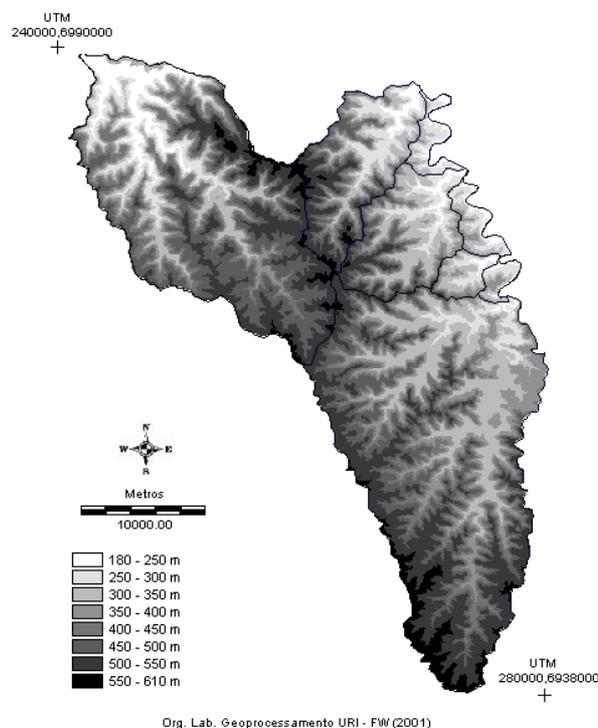


Fig. 3 – Mapa de Hipsometria

A maior percentagem da área de estudo encontra-se entre as cotas de 300 e 550 m, perfazendo 83,41% da área. As microbacias RPA, LPE, LCH e LMI, apresentam solos em todas as cotas hipsométricas (180 a 610 m), caracterizando a descontinuidade do relevo na Região do Médio Alto Uruguai (MISSIO et al., 2000). A elevada ondulação do relevo e o gradiente hipsométrico determinam uma heterogeneidade ambiental em relação à temperatura e umidade relativa.

3.2 Clinografia

O mapa de clinografia da área de estudo está representado na Figura 4. A análise da Tabela 3,

baseada em RAMALHO FILHO & BEEK (1995), revela um relevo plano a praticamente plano em 13,27% da área, suave ondulado em 10,89%, moderadamente ondulado em 15,18%, ondulado em 17,36%, forte ondulado em 33,03%, montanhoso em 10,13% e escarpado 0,14% da área.

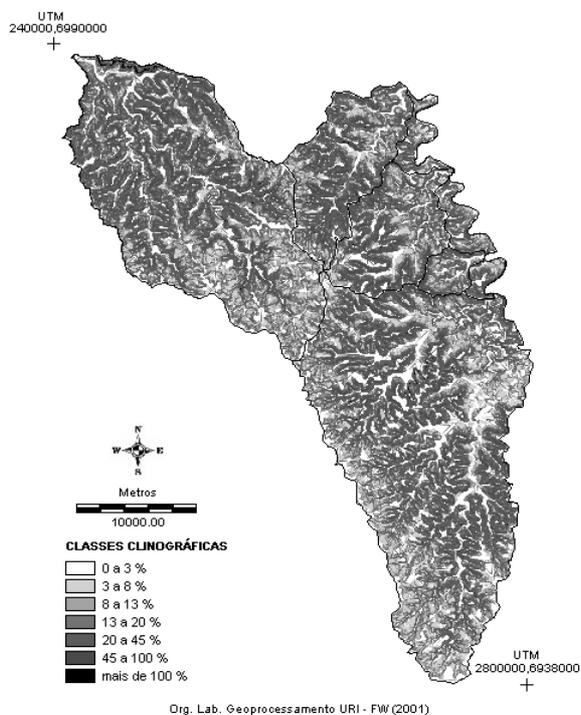


Fig. 4 – Mapa de Clinografia

Considerando o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995), 39,34% da área total das microbacias compreendem solos aptos à agricultura*, utilizando-se práticas conservacionistas simples; 17,36% dependem de práticas intensivas de controle à erosão; em 33,03% o controle à erosão é dispendioso, podendo ser antieconômico e 10,27% da área deve ser mantida com cobertura vegetal de preservação ambiental.

A classe com mais de 100% de declividade foi subestimada, apresentou apenas 128 ha, correspondendo 0,14% da área total, em função da dificuldade de representação de declividades maiores que 100% em cartas de escala 1:50.000. Declividades até 100% são facilmente representadas.

* A área em estudo é formada por associação de solo, em sua maioria, onde ocorre relevo forte ondulado. A associação consiste de CHERNOSSOLO ARGILÚVIO Férrico e NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico. Nas partes de maior altitude e relevo suave ondulado ocorre o LATOSSOLO VERMELHO Aluminoférrico (STRECK et al., 2002).

TABELA 3 - CLASSES CLINOGRÁFICAS, ÁREA EM HA E PERCENTAGEM RELATIVA DE ÁREA EM CADA CLASSE.

Classes Clinográficas	Área (ha)	%
0 – 3 %	11.808	13,27
3 – 8 %	9.697	10,89
8 – 13 %	13.509	15,18
13 – 20 %	15.452	17,36
20 – 45 %	29.395	33,03
45 – 100 %	9.013	10,13
Mais de 100 %	128	0,14
Total	89.002	100,00

3.3 Hidrografia

A densidade de drenagem total (DDt = $\frac{\text{Li}}{\text{A}}$), que traduz o grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem, é expressa pela relação existente entre o comprimento total (Li) dos cursos d'água (intermitentes e perenes) de uma bacia e sua área de drenagem (A). É um parâmetro importante na caracterização de bacias hidrográficas (DNAEE-EESC, 1980). A densidade de drenagem total é considerada pobre quando for menor que 7,5 m/ha; mediana quando for de 7,5 a 15 m/ha; e, rica quando for maior que 15 m/ha.

Os resultados evidenciaram que as microbacias apresentam uma densa rede de drenagem, com um comprimento total de cursos d'água de 1.205.381 metros. A densidade de drenagem total da área foi estimada em 13,54 m/ha, estando classificada como de categoria mediana. A área classificada como "outras áreas" apresenta densidade de drenagem total alta (20,32 m/ha), o que é explicado por estar limitando-se com o Rio da Várzea numa extensão de 23.761 metros. A hidrografia está representada na Tabela 4 e figura 5.



Fig. 5 – Mapa de Hidrografia.

TABELA 4 - CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA DAS MICROBACIAS DA ÁREA DE ESTUDO.

Microbacias	Área (ha)	Comprimento da rede hidrográfica (m)	Densidade de drenagem (m/ha)	Padrão de drenagem (DNAEE-EESC, 1980)
LPE	8475	97845	11,55	Mediana
LCH	7172	97122	13,54	Mediana
RPA	29386	373436	12,71	Mediana
LMI	39289	552523	14,06	Mediana
LCA	1384	17473	12,62	Mediana
Outras	3296	66982	20,32	Rica
Área Total	89002	1205381	13,54	Mediana

A densidade de drenagem total, de todas as microbacias hidrográficas, apresentaram um padrão de drenagem mediana, no entanto, todos os índices se aproximam de um padrão de drenagem rica. Se estivéssemos trabalhando em escala cartográfica maior, provavelmente obteríamos um padrão de drenagem rica, que seria coerente com as características do relevo da região. De acordo com COSTA (2000), a escala cartográfica, tanto das fotografias aéreas, como do mapeamento pode não justificar a inclusão de muitos cursos d'água de primeira e segunda ordem, seja por limitações impostas pela escala do mapeamento ou por dificuldades metodológicas diversas ou por escassez de levantamentos de campo.

A microbacia do LMI apresentou o maior índice de densidade de drenagem (14,06m/ha) e apresenta, também, a maior intensidade de uso agrícola da área de estudo (72,06%). Estes dois parâmetros associados favorecem um maior risco de degradação ambiental pelo uso intensivo de agrotóxicos e pela erosão do solo, que acabam contaminando e assoreando os mananciais hídricos.

3.4 Uso e ocupação do solo

Os usos do solo mostram que 67,47% (60.045 ha) da área é ocupada por agricultura (solo exposto mais culturas anuais), sendo que, 32,71% (29.112 ha) é ocupada por solo exposto e 34,76% (30.934 ha) com culturas anuais (Tabela 5 e Figuras 6 e 7). No período de 84 a 89 observou-se uma ligeira redução na percentagem de área de solo exposto, enquanto que houve um acréscimo na área ocupada com culturas anuais. Esta alteração no uso da terra é indicativo da substituição do sistema de cultivo convencional pelo plantio direto, que utiliza culturas para cobertura do solo

ao invés do preparo convencional do solo (aração, escarificação e gradagem) (TONIAL et al, 2000).

Os dados da Tabela 5, mostram que ocorreu uma perda nas áreas de mata e de pastagem, enquanto que a área utilizada com agricultura aumentou de 62,74% (55.844 ha) em 1984 para 72,9% (64.880 ha) em 1999, aumentando o risco de perda de biodiversidade e a degradação ambiental.

Uma análise por microbacias hidrográficas revela a tendência de aumento de culturas anuais em contraposição à diminuição das áreas de solo exposto nas microbacias hidrográficas do LCH, LPE, LCA e RPA até meados da década de 90. Este processo somente foi registrado na microbacia do LMI, a maior de todas as unidades em estudo, a partir do final da década de 90.

A microbacia do LMI é, também, a que apresenta a menor quantidade de áreas naturais e destaca-se pela maior intensidade das atividades agrícolas. Os dados permitiram evidenciar, no ano de 1999, uma tendência no aumento de áreas com solo exposto nas microbacias LCH, LPE, LCA e do RPA, em decorrência da reversão às práticas antigas de cultivo. Esta substituição se deu em consequência da compactação do solo ocasionada pela textura argilosa e falta (ou pouca) de cobertura do solo utilizada no plantio direto.

Ao mesmo tempo em que o Código Florestal determina uma área mínima de reserva legal de 20% em cada propriedade, valor equivalente(20,01%) da área de estudo compreende florestas. Este fato não significa que todas as propriedades estão cumprindo a lei, pois não existe o cadastro das propriedades rurais. Entretanto considerando as peculiaridades da região e o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, é necessário ampliar esta área para a recuperação ambiental e melhoria dos recursos naturais renováveis, visando melhorar a qualidade de vida.

TABELA 5: USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO DENTRO DO PERÍODO ESTUDADO.

Usos do solo	1984		1989		1994		1999	
	Área							
	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%
Mata	19.068	21,43	16.290	18,30	18.067	20,30	17.820	20,02
Pastagem	13.525	15,19	10.066	11,31	12.526	14,07	5.237	5,89
Solo exposto	34.110	38,32	27.984	31,44	28.311	31,81	26.042	29,26
Culturas anuais	21.734	24,42	33.928	38,12	29.235	32,85	38.838	43,64
Água	59	0,07	71	0,08	95	0,11	154	0,17
Áreas urbanas	506	0,57	663	0,75	768	0,86	911	1,02
Total	89.002	100	89.002	100	89.002	100	89.002	100

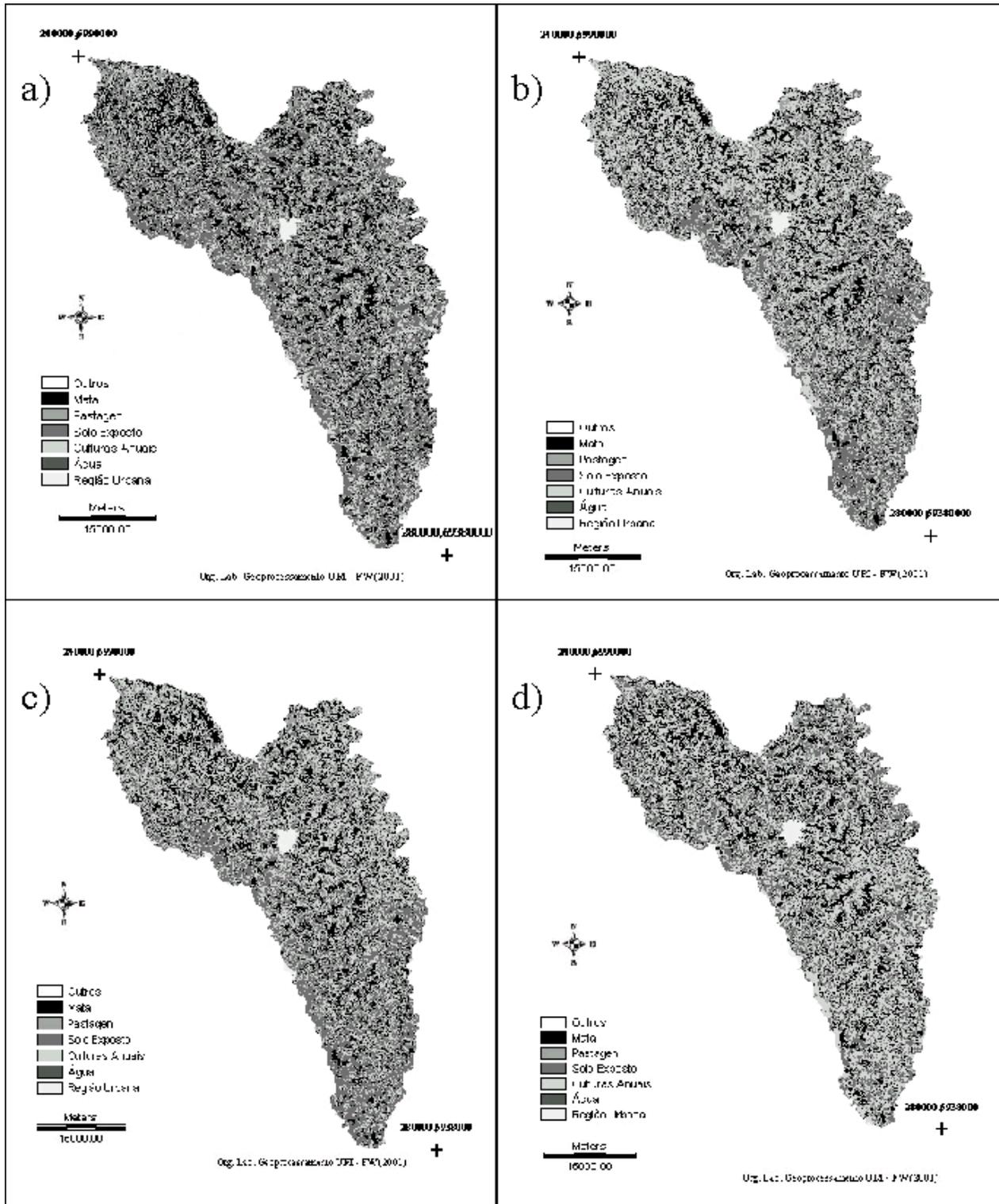


Fig. 6 - Usos e ocupação do solo das imagens de 1984(a), 1989(b), 1994(c) e 1999(d).

3.5 Fatores de Risco

A superfície da terra é extremamente dinâmica, nela se desenvolve a totalidade das atividades humanas e, no geral, estas atividades dependem do solo. O solo por sua vez está em constante formação, resultado da alteração das rochas e dos processos pedogenéticos

ocasionados pelos agentes físicos, químicos e biológicos (formando e erodindo o solo). Entretanto, as vezes este equilíbrio é rompido com uma intensificação da erosão, sendo esta mais acelerada do que o processo de formação, ocasionando perda das diversas camadas ou horizontes do solo (ROSA, 1995).

A avaliação dos riscos ambientais apresenta uma intrincada rede de relações e retroalimentação entre a biota e o ambiente físico, que podem ser consideradas inseparáveis (PIRES, 1995). Entretanto, dentre os riscos ambientais a que o componente solo está submetido, a erosão pode ser considerada uma das maiores ameaças. Neste trabalho foi realizada análise de risco de perda de solo, considerando, inicialmente, o fator declividade (Figura.4). Entretanto, o fator de risco é dado pela combinação da declividade e do uso da terra (Figura 7), que dependendo da combinação vai resultar em maior ou menor risco de perda de solo.

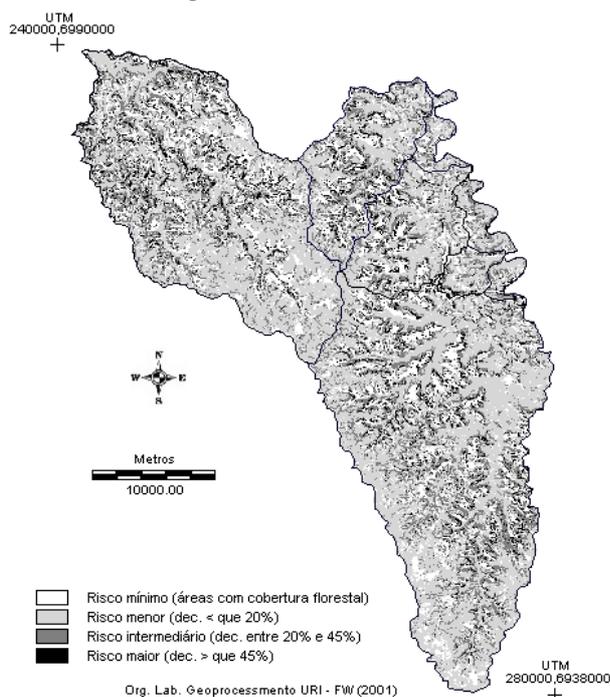


Fig. 7 – Mapa de risco de perda de solo em função da declividade e áreas com cobertura florestal, para o ano de 1999.

TABELA 6. RISCO DE PERDA DE SOLO EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE E ÁREAS COM COBERTURA VEGETAL.

ANO	CLASSES DE DECLIVIDADE							
	Mata (ha)	%	Menos de 20%	%	20% a 45%	%	Mais de 45%	%
1984	19.068	21,42	42.392	47,63	21.937	24,65	5.605	6,30
1989	16.290	18,30	43.483	48,86	23.048	25,90	6.181	6,94
1994	18.066	20,30	43.022	48,34	22.226	24,97	5.688	6,39
1999	17.820	20,02	43.287	48,64	22.292	25,04	5.603	6,30

3.6 Área de Preservação Permanente (APP)

O mapa legal de APP foi elaborado com base na hidrografia e na clinografia, seguindo-se critérios estabelecidos pelo Código Florestal Brasileiro, que considera APP as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao longo dos rios ou qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal variável (30 a 500 metros) em função da largura do curso e, nas encostas com declividade

superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive (Lei 4. 771/65 de 15 de setembro de 1965). As áreas ocupadas com cobertura florestal, independente da declividade, foram classificadas como áreas de risco mínimo, enquanto que as áreas com uso antrópico foram classificadas em três classes, de acordo com a declividade (Tabela 6). Aproximadamente 20% da área de estudo apresenta risco mínimo para erosão, enquanto que entre 6% e 7% apresentam maior risco à erosão. A classe com declividade entre 20 a 45%, que ocupa 25% da área, não deveria ser utilizado com culturas anuais, uma vez que o controle a erosão é muito caro, podendo ser antieconômico (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995), embora não exista nenhuma restrição a este uso no Código Florestal Brasileiro.

Aproximadamente 71.191, dos 89.002 ha da área de estudo, sofreram alguma alteração antrópica. Destes, 43.046 ha (60,47%) estão localizados em áreas com até 20% de declividade e 28.145 ha (39,53%) em áreas com mais de 20% de declividade, apresentando, alto risco de degradação ambiental, uma vez que são utilizadas principalmente com culturas anuais. Considerando que o tamanho médio das propriedades na região é de 16,5 ha estas áreas poderiam ser utilizadas com culturas perenes, como a fruticultura e/ou silvicultura, mediante práticas de prevenção e controle à erosão.

Confrontando o Código Florestal Brasileiro com o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, podemos perceber que este último é mais restritivo ao uso da terra, no que se refere ao fator declividade das terras, consistindo numa informação mais apropriada para o planejamento e gerenciamento ambiental.

Para a área de estudo foi determinado uma APP de 9.594.2 ha, que representam 10,78% da área total (Figura 8).

As APP foram classificadas em duas categorias, condizente e não condizente com a legislação. A categoria não condizente com a legislação se refere a parcela das APP, estabelecidas pelo Código florestal Brasileiro, utilizadas com outras finalidades

A base cartográfica disponível é limitante para a confecção de cartas temáticas precisas baseadas no Código Florestal Brasileiro, pela dificuldade de representação das curvas de nível, espaçadas de 20 em 20 metros em áreas com mais de 100% de declividade, em escala 1:50.000. É possível registrar, nesta escala, até a classe forte ondulado, sendo possível a elaboração de mapas associados ao uso agrícola. Este problema não é apenas local, a escassez de informações cartográficas é geral em todo o Brasil.

É necessário promover o controle e o acompanhamento do uso dos recursos naturais, principalmente nas APP da área de estudo, permitindo desta forma o cumprimento da legislação ambiental e a preservação da biodiversidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSAD, E. D. & SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas - Aplicadas na Agricultura**. 2ª ed., rev. e ampl. - Brasília: Embrapa SPI/Embrapa-CPAC, 1998.
- BRANCO, Samuel M. **O Meio Ambiente em debate**. 6a ed.. São Paulo: Moderna, 1988.
- Brasil, **Decreto - lei nº 4.771/65 de 15 de setembro de 1965**. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. Disponível em <http://www.ipef.br/legislacao/codigo.html> e <http://www.ipef.br/legislacao/codigo-conama.html> 26/07/2001.
- BRUM, A. L. **Perfil Agropecuário da Região do COREDE do Médio Alto Uruguai**. Ed. URI, Frederico Westphalen. 1999.
- COSTA, Suely de Souza Melo da. **Caracterização ambiental da reserva extrativista Chico Mendes (Acre - Brasil): Subsídio ao plano de manejo**. São Carlos, 2000 Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos.
- DNAEE-EESC. **Bacia experimental Rio Jacaré-Guaçu**. São Carlos, EESC-USP 114p. 1980.
- FERRAZ, F.F.B.. **Sistemas de Informações Geográficas aplicado ao planejamento de bacias hidrográficas. Curso sobre recursos hídricos: Produção, conservação e recuperação**. Instituto Florestal SP, 1999.
- FERREIRA, Z. S.; GONTAN, N.E.J.; CASSOL, R. Determinação de perdas de solo através de técnicas de geoprocessamento para o uso e manejo racional em sub-bacias hidrográficas. In: Ciclo de Atualização Florestal do Conesul. Santa Maria, 1999. **Anais**. pg.117-120.
- IBAMA, **Roteiro Técnico para Elaboração/Revisão de Planos de Manejo em Áreas Protegidas de Uso Indireto**. Brasília. 1994, p. 121.
- IBGE. **Censo Agropecuário**, 2000.
- MISSIO, E, TONIAL; T. M.; PIRES, J. S .R.; SANTOS, J. E.; HENKE-OLIVEIRA, C.; RUBERT, C.; MOSCHINI, L. E. Caracterização Ambiental de Unidades da Paisagem da Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. In: I Fórum de debates sobre Ecologia da Paisagem e Planejamento Ambiental. **Sociedade Brasileira de Ecologia**. Rio Claro, SP. 2000.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Editora Guanabara, Rio de Janeiro. 1998.
- PAREDES, Evaristo A. **Sistemas de Informação Geográficas**. São Paulo, Érica, 1994.
- PINTO, L.F.G.; CRESTANA, S. Análise dos agroecossistemas da Região de São Carlos, SP. In: VIII SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, São Carlos, 1998. **Anais**. São Carlos, 1998. p.691-704.
- PIRES, A.M.Z.C.R; SANTOS, J.E. & PIRES, J.S.R. Elaboração de um Banco de Dados Digitais Georeferenciados para a caracterização ambiental de uma unidade de conservação. In: VIII SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, São Carlos, 1998. **Anais**. São Carlos, 1998.p.585-598.
- PIRES, J.S.R. **Análise ambiental voltada ao planejamento e gerenciamento do ambiente rural: Abordagem metodológica aplicada ao município de Luiz Antônio - SP**. São Carlos - SP, Brasil. Tese de Doutorado. PPG-ERN/UFSCar, 1995
- PIROLI, Edson Luís; RIBEIRO, Fernanda Leite; CAMPOS, Sérgio; SANTOS, Thiago Godinho dos. SIG para Análise do Uso da Terra na Região de Barra Bonita - SP. In: Ciclo de Atualização Florestal do Conesul. Santa Maria, 1999. **Anais**. pg.53-59.
- RAMALHO FILHO, A. & BEEK, K, J.. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. 3 ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1995.
- RIBEIRO, Fernanda Leite; CAMPOS, Sérgio; PIROLI, Edson Luís; SANTOS, Thiago Godinho dos; CARDOSO, Lincoln Gehring. Uso da Terra do Alto Rio Pardo, obtido a partir da Análise Visual. In: Ciclo de Atualização Florestal do Conesul. Santa Maria, 1999. **Anais**. pg.75-81.

ROSA, Roberto. O uso de sistemas de informação geográfica para estimativa de perdas de solo por erosão laminar. In: VI Simpósio Nacional de Geografia Física e Aplicada, Vol II. **Anais**. Goiânia, 1995. p. 262-265.

STRECK, Edegar Valdir et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATERS/RS; UFRGS, 2002.

TONIAL, T. M.; MISSIO, E.; SANTOS, J. E.; PIRES, J. S. R.; HENKE-OLIVEIRA, C.; RITTERBUCH, M.; ZANG, N.; MOSCHINI, L. Uso e Ocupação do Solo de Unidades da Paisagem da Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. In: I Fórum de debates sobre Ecologia da Paisagem e Planejamento Ambiental.

Sociedade Brasileira de Ecologia. Rio Claro, SP. 2000.

WOLLWEILER, B. Problemas na Execução de Cadastro Técnico Enfatizando a Sustentabilidade dos Resultados. In: Seminário Nacional de Cadastro Técnico Rural. **Anais**. Instituto Ambiental do Paraná. Curitiba, 1992.

Recebido em 21 julho de 2005 – Aceito para publicação em 30 de dezembro de 2005.