

Identificação de Áreas Prioritárias para Recuperação da Mata Ciliar na UHE Salto Caxias

Jocéli de Andrade¹
Carlos Roberto Sanquetta²
Cássia Ugaya³

¹Copel – Companhia Paranaense de Energia
jocéli.andrade@copel.com

²UFPR
sanqueta@floresta.ufpr.br

³CEFET-PR
cassia@cefetpr.br

Abstract: The suppression of riparian forests from streams results in many environmental impacts. The diagnosis of the current situation of Permanent Preservation Areas in reservoirs, carried out by Copel, showed that Salto Caxias reservoir shore has the largest area lacking forest covering. The area to be reforested corresponds (4,228 hectares) to 67% of the total PPA of that particular reservoir. The methodology used was the evaluation of a technique aiming at establishing priority areas for the PPA reforestation, obtained through the analysis of soil erosion susceptibility, tying with the Riparian Forest Program proposed by the government of State of Parana. To accomplish this task, GIS techniques were used, which are based on the corollary of Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) which is being applied to the Economic Ecological Zoning (EEZ).

Resumo: A supressão da mata ciliar dos cursos d'água gera muitos impactos ambientais. A COPEL, por meio do diagnóstico da situação das Áreas de Preservação Permanente (APP) de seus reservatórios, constatou que a área da UHE Salto Caxias é a que apresenta maior carência de cobertura florestal, sendo a área a ser reflorestada (4.228 hectares) correspondente a 67% do total da APP daquele reservatório. Desta forma, este trabalho avalia um método para estabelecer as áreas prioritárias para o reflorestamento da APP, por meio da análise da susceptibilidade do solo à erosão, alinhando esse trabalho ao Programa Mata Ciliar proposto pelo governo do Estado do Paraná. Para isso, utilizaram-se técnicas de

geoprocessamento fundamentadas no corolário do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), atualmente aplicado ao Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE).

Palavras-Chave: Matas Ciliares, Sistema de Informação Geográfica (SIG), vulnerabilidade ambiental.

1 Introdução

O desenvolvimento do Brasil ocasionou, dentre outros impactos ambientais, o desaparecimento de grande parte da cobertura vegetal original do país, isto é, o país auferiu riquezas econômicas utilizando-se dos seus recursos naturais disponíveis. Esse emprego não se deu de maneira sustentada, gerando assim passivos ambientais a serem recuperados. Um dos passivos é a supressão da faixa ciliar ao redor dos cursos d'água, que acarreta a redução da biodiversidade local, bem como o assoreamento e a queda da qualidade da água desses rios.

As matas ciliares são indispensáveis para a harmonização entre os sistemas produtivos e o modo de vida das populações humanas, e principalmente para propiciar a qualidade da água e manter o fluxo gênico entre as espécies da flora e da fauna. Sua importância foi legalmente respaldada por meio da Lei 4.771/65 – Código Florestal Brasileiro, que define que a mata ciliar tem a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e de flora, bem como proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Apesar de sua inegável importância ambiental, as matas ciliares vêm sendo degradadas em várias partes do Brasil. Entre os inúmeros fatores que têm contribuído para isso, destacam-se os desmatamentos, incêndios e represamentos.

A área de estudo deste trabalho é a Área de Preservação Permanente (APP) do reservatório da UHE Salto Caxias. A escolha desse empreendimento deu-se pelo fato de ser o reservatório detentor da mais extensa área de mata ciliar a ser recomposta, estimada em aproximadamente 4228 hectares. Do total de 6223 hectares, 67% estão sem cobertura florestal.

Pela grande extensão de área a ser reflorestada, é necessário ordenar as áreas ambientalmente frágeis (vulneráveis) para serem prioritárias na etapa de recomposição florestal. A metodologia adotada neste trabalho foi desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) [7], definida e idealizada a partir dos conceitos de Ecodinâmica [16], com o auxílio de técnicas de geoprocessamento.

2 Matas Ciliares

As matas ciliares são formações vegetais que se encontram associadas aos corpos d'água, ao longo dos quais podem se estender por dezenas de metros a partir das margens e apresentar marcantes variações na composição florística e na estrutura comunitária, dependendo das interações que se estabelecem entre o ecossistema aquático e o ambiente terrestre adjacente. São sistemas particularmente frágeis face aos impactos promovidos pelo homem, pois, além de conviverem com a dinâmica erosiva e de sedimentação dos cursos d'água, alojam-se no fundo dos vales, onde naturalmente recebem os impactos da interferência humana sobre a bacia hidrográfica como um todo. Além disso, como o fundo dos vales comumente corresponde aos solos mais férteis de uma bacia, as matas ciliares são as mais propensas a serem derrubadas para fins agrícolas. [6].

As matas ciliares funcionam como filtros, retendo defensivos agrícolas, poluentes e sedimentos que seriam transportados para os cursos d'água, afetando diretamente a quantidade e a qualidade da água e conseqüentemente a fauna aquática e a população humana. São importantes também como corredores ecológicos, ligando fragmentos florestais e, portanto, facilitando o deslocamento da fauna e o fluxo gênico entre as populações de espécies animais e vegetais. Em regiões com topografia acidentada, exercem a proteção do solo contra os processos erosivos [13]. Além disso, a ausência das sombras geradas pelas matas ciliares altera a temperatura da água, principalmente no verão. As margens sombreadas são locais habitados por microorganismos, peixes e outros organismos aquáticos. A redução ou o desaparecimento dessas espécies causa um desequilíbrio ecológico e a perda da diversidade da fauna aquática [14].

A recomposição florestal das matas ciliares antropizadas (submetidas à intervenção humana) fundamenta-se no emprego do método que visa assegurar a harmonia e dinâmica de sucessão, conseqüentemente assegurando também a perenização do ecossistema. Programas dessa natureza visam garantir a regularização de recursos hídricos, a conservação de espécies vegetais e animais, bem como a manutenção da diversidade genética nas áreas de influência dos corpos d'água [6].

Para recomposição das matas ripárias devem ser tomados alguns cuidados, como os levantamentos florísticos e fitossociológicos da região para recompor o ecossistema original degradado ou que não existe mais [8].

3 Cartografia e Geoprocessamento

O uso de informações georreferenciadas, aliadas a bancos de dados, são largamente utilizadas por grandes instituições em todo o mundo. São importantes aos órgãos municipais, estaduais e federais como ferramenta para avaliar o uso e ocupação do solo em determinado espaço, prever obras de infra-estrutura, avaliar as concentrações populacionais, mapear os desmatamentos, calcular impostos, e uma infinidade de outras aplicações. As concessionárias de energia elétrica, assim como outras empresas de grande porte, utilizam ferramentas de cartografia e geoprocessamento como forma de sistematizar atendimentos, monitorar seus ativos, avaliar e melhorar a logística, dentre outras.

Quando é necessário identificar a posição de uma determinada informação na superfície da Terra, são utilizados os Sistemas de Referência (SGR) Terrestres ou Geodésicos. Estes, por sua vez, estão associados a uma superfície que mais se aproxima da forma da Terra, e sobre a qual são desenvolvidos todos os cálculos das suas coordenadas. Assim, os SGR são imprescindíveis para o posicionamento de um objeto na Terra [10].

O *Datum* de um Sistema Geodésico de Referência é o ponto onde se define a orientação espacial do elipsóide de referência. Estes parâmetros podem ser arbitrados, parcialmente arbitrados e totalmente arbitrados [10].

Neste trabalho foi utilizado o *datum* SAD-69, que foi o oficial do Brasil até 24/02/2005. Hoje o *datum* oficial é o SIRGAS2000, instituído em 25/02/2005, sendo que o período de transição de um para o outro é de dez anos.

Tabela 1: Características do SAD-69 [10]

Parâmetros	Valores
Superfície de referência	Elipsóide Internacional de 1967
semi-eixo maior	6378160 metros
achatamento	1/298.25
Ponto datum	Vértice Chuá - MG
Latitude	19° 45' 41".6527 S
Longitude	48° 06' 04".0639 W
Azimute (Chuá – Uberaba):	271° 30' 04".05
Altitude ortométrica	763.28 m
Orientação elipsóide-geóide no ponto datum	$\xi=0.31$ $\eta=-3.52$ $N=0$ m

Para que a superfície terrestre (ou o elipsóide de referência) possa ser representada em um plano, são utilizadas as projeções cartográficas. Cada projeção tem características distintas, que a torna adequada para determinados usos, embora nenhuma projeção possa atender completamente a todas as condições desejáveis. A Projeção

Universal Transversa de Mercator (UTM) foi desenvolvida durante a 2ª Guerra Mundial. Esse sistema é, em essência, uma modificação da Projeção Cilíndrica Transversa de Mercator, sendo utilizada na produção das cartas topográficas do Sistema Cartográfico Nacional (SCN) produzidas pelo IBGE e DSG [10].

Tabela 2: Características da Projeção UTM [10].

Parâmetros	Valores
Amplitude dos fusos	6°
Latitude de origem	0° (Equador)
Longitude de origem	longitude do meridiano central (MC) do fuso
Falso Norte	10.000.000 m para o hemisfério Sul
Falso Este	500.000 m
Fator de escala no meridiano central (K)	0,9996
Numeração das zonas	de 1 a 60
Limites das latitudes	84° N e 80° S

Na projeção UTM, o globo é dividido em 60 fusos, onde cada um se estende por 6° de longitude, conforme ilustra a Figura 1. O quadriculado UTM está associado ao sistema de coordenadas plano-retangulares, tal que um eixo coincide com a projeção do Meridiano Central (MC) e o outro eixo, com o do Equador. Assim cada ponto do elipsóide de referência (descrito por latitude, longitude) estará biunivocamente associado ao terno de valores Meridiano Central, coordenada E e coordenada N. A deformação de escala no meridiano central (MC) corresponde a um fator de escala (representado pela letra k) igual a 0,9996. Nos pontos onde a superfície de referência é secante à superfície de projeção, não há distorções de escala ($k = 1$). Assim, o erro de escala fica limitado a 1/2.500 no meridiano central, e a 1/1030 nos extremos do fuso. A cada fuso é associado um sistema cartesiano métrico de referência, atribuindo à origem do sistema (interseção da linha do Equador com o meridiano central) as coordenadas 500.000 metros para contagem de coordenadas ao longo do Equador, e 10.000.000 metros para contagem de coordenadas ao longo do meridiano central, para o hemisfério Sul [10].

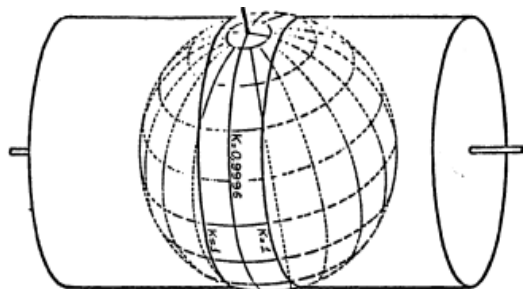


Figura 1: Projeção UTM [10]

O SIG é um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real para um objetivo específico. Esta definição enfatiza as ferramentas de SIG: hardware, software, bancos de dados e sistema de gerência de bancos de dados [3].

As principais características dos SIG são:

- integrar, numa única base de dados, as informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos digitais de terreno (MDTs);
- combinar as várias informações por meio de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados;
- consultar, recuperar, visualizar e desenhar o conteúdo da base de dados geocodificados [4].

A criação das bases de dados digitais em um SIG é a tarefa mais importante e a mais complexa a ser realizada. Dois tipos de dados são considerados separadamente para esses sistemas. Primeiramente existem os dados espaciais ou geográficos, necessários para definir onde as características cartográficas ocorrem, e em segundo, os atributos associados, que informam o que as características cartográficas representam. A entrada de dados em um SIG pode ser feita de três maneiras:

- por meio dos dados espaciais (digitalização);
- por meio dos dados não-espaciais associados a atributos;
- por meio da ligação entre eles [2].

A utilização do geoprocessamento para análises ambientais tem uma característica básica: a interdisciplinaridade. Isso é devido ao fato de que não é possível compreender os fenômenos ambientais sem analisar todos os seus componentes e as relações entre eles. As técnicas de geoprocessamento objetivam identificar e descrever unidades homogêneas de maneira classificatória ou organizacional, por meio de procedimentos analíticos disponíveis em um SIG. Essas técnicas são denotadas por regionalização ou agrupamento, que objetivam a geração de produtos a partir de um conjunto de características desejadas [5].

4 O Geoprocessamento aplicado às análises da vulnerabilidade ambiental na região do entorno da UHE Salto Caxias

A detecção do grau de vulnerabilidade de uma região é resultante da análise sistêmica dos componentes do meio físico local (geologia,

pedologia, clima, geomorfologia e fitogeografia), considerando a relação entre os processos de morfogênese e pedogênese, bem como da intervenção humana (antropismo) [16]. Esta é uma das formas de se almejar o desenvolvimento sustentável de uma certa região, visando utilizar o espaço de maneira correta, evitando assim, a ocorrência de danos ambientais.

Tabela 3: Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas [7].

Categoria morfodinâmica	Relação Pedogênese/Morfogênese	Vulnerabilidade
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio Pedogênese/Morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,0

Nesta análise, quando predomina a morfogênese, prevalecem os processos erosivos, modificadores das formas de relevo. Quando predomina a pedogênese, prevalecem os processos formadores de solos. Os planos de informação (PI) necessários para a obtenção do grau de vulnerabilidade de uma determinada região (Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Clima) tem o mesmo peso no resultado dos estudos. Sendo assim, a vulnerabilidade de certa porção do território é calculada por meio da média aritmética dos valores individuais de cada PI [7].

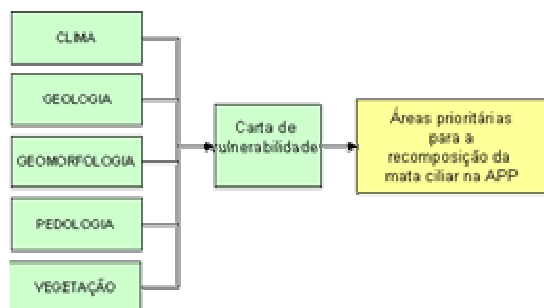


Figura 2: Seqüência dos trabalhos

O trabalho de coleta e análise dos resultados foi necessário para gerar o mapa de vulnerabilidade ambiental (ou susceptibilidade à erosão) da APP do reservatório da UHE Salto Caxias.

Todo o mapeamento utilizado e os produtos cartográficos gerados estão referenciados ao datum SAD-69 e representados segundo a projeção UTM. Fez-se o uso de:

- mapa geológico local, em formato CAD, na escala 1:50.000;
- arquivos ASCII contendo a nuvem de pontos proveniente do levantamento realizado por perfilamento a laser em 2002;
- mapa de solos da área de entorno, elaborado a partir do levantamento de

solos feito pela EMBRAPA/IAPAR em 1984, na escala 1:600.000;

- levantamento do uso e ocupação do solo na região dos 1000 metros do entorno do reservatório da UHE Salto Caxias realizado em 2005;
- dados de coletas pluviométricas em estações localizadas nas proximidades da UHE Salto Caxias, no ano de 1993;
- mapa contendo os dados dos períodos chuvosos no Brasil em 1993 elaborado pelo IBGE.

Na etapa de geoprocessamento, foi utilizado o software *ArcGis 8.2*, desenvolvido pela ESRI, e seus respectivos módulos *Spatial Analyst* e *3D Analyst*. O software de *Computer Aided Design* (CAD) utilizado foi o *Microstation 8.1*, desenvolvido pela Bentley.

A seguir são descritos os procedimentos para a elaboração de cada plano de informação (PI).

4.1 PI - Pedologia

O solo é uma camada que foi suficientemente intemperizada por processos físicos, químicos e biológicos. Por este motivo, o solo de um determinado local é o resultado de interações entre processos e materiais.

A erosão e o transporte de matéria para os cursos d'água em regiões de solo profundo são menores que nas regiões em que as camadas impermeáveis estão mais próximas da superfície [1].

As classes de solo, na região do entorno do reservatório da UHE de Salto Caxias são: Latossolo Roxo, Terra Roxa Estruturada e Solos Litólicos [11].

As unidades da paisagem classificadas, juntamente com o grau de vulnerabilidade adotado conforme apresentado na tabela 4, possibilitou a geração do plano de informação referente à pedologia, que compõe a base de dados desse estudo.

Tabela 4: Classes de solo na área de entorno da UHE Salto Caxias.

Classe	Vulnerabilidade [7]
Latossolo Roxo	1
Terra Roxa Estruturada	2
Solos Litólicos	3

4.2 Geologia

O conhecimento da história da evolução geológica do ambiente estudado e do grau de coesão das rochas que o compõem é importante para avaliar a evolução do processo erosivo e de transporte de

material. Toda rocha é um agregado de materiais, portanto sua resistência ao intemperismo depende dos minerais que a compõem, bem como da resistência à desagregação entre os minerais [7].

Com o objetivo de se atribuir uma posição dentro de uma escala de vulnerabilidade à denudação (intemperismo + erosão) elaborou-se, de forma relativa e empírica, uma classificação das litologias mais comumente encontradas [7].

A região da UHE de Salto Caxias está inteiramente localizada no Terceiro Planalto Paranaense, onde há sucessão de derrames basálticos [11]. O basalto foi classificado com um grau de vulnerabilidade igual a 1,5 (um e meio) [7]. Esse dado foi disposto geograficamente, constituindo a base de dados para os cálculos da vulnerabilidade da região da UHE de Salto Caxias.

4.3 Geomorfologia

A Geomorfologia é a ciência que estuda as formas do relevo. Uma das maneiras de representar o relevo é por meio de um mapa de declividade.

O termo declividade refere-se à inclinação do relevo em relação ao horizonte. A declividade guarda relação direta com a velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética. Portanto, quanto maior a declividade, mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais transforma-se em energia cinética. Quando a velocidade das massas de água é maior que sua capacidade de transporte, responsável pela erosão, prevalece a morfogênese. Para esta situação, o coeficiente de vulnerabilidade é maior, tendendo a 3,0. Já os valores próximos de 1,0 (na escala de vulnerabilidade) estão associados a pequenos ângulos de inclinação das encostas, situação em que prevalecem os processos formadores de solo da pedogênese [1] [7].

Por meio dos estudos realizados na região de Salto Caxias, constatou-se que a maior parte da área do entorno do empreendimento hidroelétrico varia do ondulado ao montanhoso. As intempéries e a erosão modelaram a região em um conjunto de mesas e platôs de extensões variáveis [11].

O Modelo Digital do Terreno (MDT) da região foi gerado a partir do mapeamento por perfilagem a laser em 2002. Por meio desse levantamento foram coletados pontos a cada 1,5 metros. Essa nuvem de pontos (X, Y, Z) foi armazenada em formato ASCII e importada pelo software *Microstation*, gerando um arquivo CAD contendo os pontos coletados. Esse arquivo CAD foi importado pelo software *ArcGis* e, por meio do seu módulo *3D Analyst*, foi gerado o TIN (*Triangle Irregular Network*) desses pontos. Por meio do TIN, é possível gerar uma gama elevada de produtos, sendo o mapa de declividade um deles.

Com o mapa de declividade e os dados de vulnerabilidade, expressos na tabela 5, foi possível gerar, por meio do software *Spatial Analyst*, o plano de informação referente à geomorfologia, que faz parte da base de dados para a avaliação da vulnerabilidade da região estudada.

Tabela 5: Valores de vulnerabilidade para a declividade [7].

Declividade (%)	Vulnerabilidade	Declividade (%)	Vulnerabilidade
< 3,5	1,0	27,2 – 29,6	2,1
3,5 – 5,8	1,1	29,6 – 32,1	2,2
5,8 – 8,2	1,2	32,1 – 34,6	2,3
8,2 – 10,3	1,3	34,6 – 37,2	2,4
10,3 – 12,9	1,4	37,2 – 39,8	2,5
12,9 – 15,1	1,5	39,8 – 42,4	2,6
15,1 – 17,4	1,6	42,4 – 45,3	2,7
17,4 – 19,8	1,7	45,3 – 48,1	2,8
19,8 – 22,2	1,8	48,1 – 50	2,9
22,2 – 24,5	1,9	> 50	3,0
24,5 – 27,2	2,0		

4.4 Vegetação (ou uso do solo)

A densidade de cobertura florestal da unidade de paisagem natural é um fator de proteção contra os processos morfogenéticos que se traduzem na forma de erosão. Por isso, para as altas densidades de cobertura, os valores atribuídos na escala de vulnerabilidade se aproximam da estabilidade (1,0). Para as densidades intermediárias, atribuem-se valores intermediários (ao redor de 2,0). Finalmente, para baixas densidades de cobertura vegetal, atribuem-se valores próximos da vulnerabilidade (3,0) [7].

Segundo os mapas fitogeográficos [9] [12], a área da UHE Salto Caxias é caracterizada pelo ecótono, ou seja, pelo contato entre a Floresta Estacional Semidecidual e a Floresta Ombrófila Mista. É difícil estabelecer um limite nítido entre as duas tipologias. A Zona de Tensão Ecológica é caracterizada pela penetração de espécies típicas da Floresta Estacional Semidecidual na Floresta Ombrófila Mista, em função de seu maior poder de competição.

No final da década de 40 iniciou-se o processo de descaracterização da paisagem local com o avanço da mecanização a partir da década de 70 [11]. Nota-se que a área do entorno da UHE de Salto Caxias encontra-se em grande parte antropizada. Sendo que uma exceção é a área compreendida pelo Parque Estadual do rio Guarani [15].

Para a definição das unidades de paisagem natural da região, foi utilizado o mapa de uso e

ocupação do solo de 2005, na escala 1:10.000. Assim, conforme o tipo de uso do solo, foram adotados os graus de vulnerabilidade de acordo com a tabela 6.

Tabela 6: Classes do uso do solo na área de entorno da UHE Salto Caxias.

Classe	Vulnerabilidade [7]
Floresta em estágio avançado	1,0
Floresta em estágio médio	1,5
Floresta em estágio inicial	2,0
Reflorestamentos	2,5
Vegetação de Várzea	2,5
Pastagens	2,8
Agricultura	3,0
Solo exposto	3,0
Áreas Urbanas	3,0

4.5 Clima

O clima controla o intemperismo diretamente por meio da precipitação pluviométrica e da temperatura de uma região.

A intensidade das chuvas, juntamente com a duração do seu período, é uma das características consideradas para definir as áreas com maior tendência à erosão (mais instáveis). O escoamento superficial das águas da chuva pode causar um transporte horizontal de finas partículas em suspensão, ocasionando grandes deslocamentos de solo das regiões mais altas para os vales, fenômeno denominado erosão. Esses fenômenos são agravados nos períodos de chuvas torrenciais. Conseqüentemente, nesses períodos, também são agravadas as interferências que o material arrastado provoca na qualidade das águas receptoras [1].

Portanto, a erosão é a resultante do poder da chuva em causar erosão e da capacidade do solo/rocha em resistir à erosão. A erosividade é função das características físicas da chuva [7].

Com base no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da UHE Salto Caxias, a precipitação média anual da região, no ano de 1993, ficou em aproximadamente 1836 mm. Através do mapa da duração dos períodos chuvosos no Brasil, elaborado pelo IBGE em 1993, essa região configura-se como sendo de chuvas bem distribuídas ao longo do ano.

A unidade climática analisada é a intensidade pluviométrica, que é a razão entre a precipitação média anual (em milímetros) e a duração do período chuvoso (em meses). A resultante dessa operação confere, à área em estudo, um índice

pluviométrico de 153 mm/mês. Na escala de vulnerabilidade relacionada ao clima, o grau de vulnerabilidade é de 1,5 [7]. Este dado foi traduzido para o espaço geográfico e esta informação constitui a base de dados para os cálculos da vulnerabilidade da região da UHE de Salto Caxias.

5 Resultados e discussões

Os cinco planos de informação (Pedologia, Geologia, Geomorfologia, Vegetação e Clima), foram operados por meio de média aritmética simples, utilizando operadores *booleanos* existentes no *ArcGis*. A operação algébrica baseou-se na metodologia proposta, na qual todos os PI's possuem pesos iguais. É importante lembrar que os valores mais próximos a 1 (um) são áreas mais estáveis (menos susceptíveis a erosão), e os valores mais próximos a 3 (três) são áreas mais instáveis (maior potencial erosivo).

O levantamento atual do uso e ocupação do solo revela que, da área total de APP (aproximadamente 6.262 hectares), 67% necessitam ser reflorestados. Nessas áreas foram realizadas as análises para permitir o ordenamento das ações de reflorestamento.

Discutindo à luz da metodologia utilizada, percebe-se que os parâmetros referentes ao clima e à geologia ocorrem homoganeamente em toda a área de estudo.

A análise pedológica demonstrou que, segundo os critérios de ordenamento de solos, nas áreas onde ocorre o Latossolo Roxo os valores finais da região estudada tendem à estabilidade ou a pedogênese. Já nas áreas onde ocorrem os Solos Litólicos, os índices de vulnerabilidade finais indicam características morfodinâmicas de equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese regional.

A declividade é uma variável importante na análise, pois é heterogênea ao longo da área de estudo. Os trechos com declividade mais acentuada prejudicam as condições de estabilidade nesses locais, elevando os riscos de erosão, característicos dos processos morfogenéticos.

Os dados do uso do solo elevam as condições de instabilidade na APP devido à forte presença de agricultura e pecuária naquela região.

Por meio da análise dos elementos do meio físico supracitados e da inter-relação entre eles, observou-se que 93% da área da APP é classificada como "medianamente estável/vulnerável", isto é, há equilíbrio entre os processos de pedogênese e morfogênese.

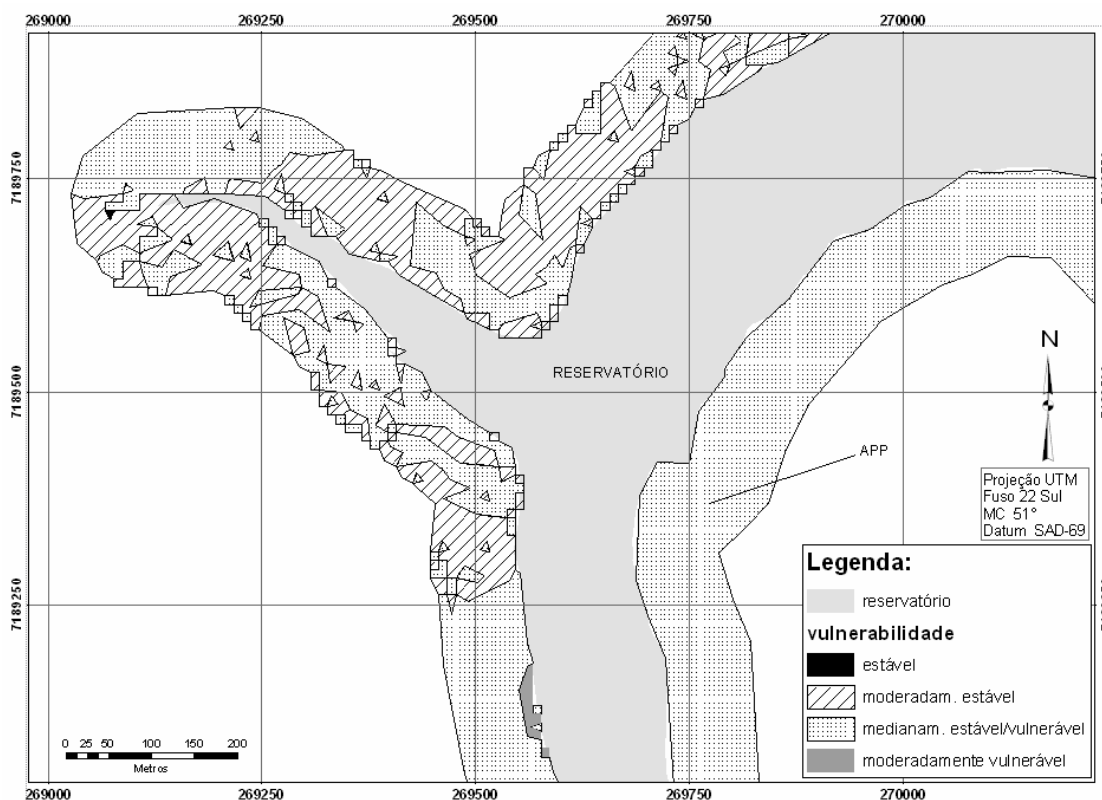


Figura 3: Detalhe de áreas prioritárias para recomposição da APP (parte da área de estudo).

Tabela 7: Situação da APP da UHE Salto Caxias

Vulnerabilidade	classificação	Área aprox. (hectares)	% do total
1,0 - 1,3	Estável	0,2	0,00
1,4 - 1,7	Moderadam. estável	415,9	6,6
1,8 - 2,2	Medianamente estável/vulnerável	5840,9	93,2
2,3 - 2,6	Moderadam. vulnerável	6,8	0,1

Em consonância com o exposto ao longo do trabalho, salienta-se que as ações de recomposição florestal devem reintroduzir espécies nativas escassas bem como as regionais, mantendo a biodiversidade local. Isso é essencial para a diversidade da flora e fauna regionais e para garantir o equilíbrio do ecossistema.

6 Conclusões

Por meio da metodologia empregada, foi possível avaliar a situação ambiental da faixa da APP da UHE de Salto Caxias e apontar as áreas mais

susceptíveis de erosão. O intuito é que as áreas mais frágeis sejam tratadas como prioridade nos trabalhos de reflorestamento.

Nota-se que a metodologia utilizada considera todas as variáveis com igual peso. Isto nem sempre reflete a realidade, pois há variáveis ambientais que possuem maior interferência nos processos erosivos. Uma sugestão ao grupo multidisciplinar do INPE é a adoção de pesos diferenciados para os diversos PIs.

Outra consideração acerca da metodologia é a falta de maior detalhamento do PI referente à vegetação. Existem muitas informações sobre a vulnerabilidade nos diferentes ecossistemas, mas não há informações tão detalhadas quando se trata de áreas antropizadas (reflorestamentos, áreas com presença de população, etc) bem como nas áreas onde a vegetação está em processo de regeneração (diferentes estágios de sucessão florestal).

Conclui-se que esse procedimento pode ser aplicado aos demais reservatórios de grande porte da COPEL, para nortear as ações de

recomposição florestal nas APPs, bem como obter o diagnóstico ambiental referente ao meio físico desses empreendimentos.

7 Referências

- [1] Branco, S. M.; Rocha, A. A. Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas. São Paulo: Edgard Blücher, CETESB, 1977.
- [2] Burrough, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford: Oxford University, 1991.
- [3] Burrough, P.A.; Mcdonnell, R.A. Principles of Geographical Information Systems. Spatial Information Systems and Geostatistics. Oxford: Oxford University, 1998.
- [4] Câmara, G.; Medeiros, J. S. Geoprocessamento para Projetos Ambientais. São José dos Campos: INPE, 1996.
- [5] _____. Geoprocessamento para Projetos Ambientais. São José dos Campos: INPE, 2001.
- [6] Chaves, M. M. F. Reflorestamentos Mistos com Essências Nativas para Recomposição de Matas Ciliares. Boletim Agropecuário. Lavras: UFLA, 1999.
- [7] Crepani, E. et al. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico e Ordenamento Territorial. São José dos Campos; INPE, 2001.
- [8] FUPEF. Projeto de Reflorestamento e Enriquecimento da Faixa Ciliar dos Reservatórios das Usinas Hidrelétricas da COPEL. Curitiba: UFPR/FUPEF, 2005.
- [9] IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.
- [10] _____. Sistemas Geodésicos de Referência. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/download/sisref_2.pdf>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2005.
- [11] INTERTECHNE: LEME: ENGEVIX: ESTEIO: COPEL. Estudo de Impacto Ambiental - EIA: Usina Hidrelétrica de Salto Caxias. Curitiba, 1993. 5v.
- [12] Maack, R. Geografia Física do Estado do Paraná. Curitiba, 1968.
- [13] Martins, S. V. Recuperação de matas ciliares. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. Fonte resumida. Disponível em <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./florestal/index.html&conteudo=./florestal/mataciliar.html>>. Acesso em 15 de fevereiro de 2005.
- [14] Palone, R. S.; Todd, A. H. Chesapeake Bay Riparian Handbook: a guide for establishing and maintaining riparian forest buffers. USDA Forest Service, NA-TP-02-97. Radnor-PA, 1997.
- [15] Sanquetta, C. R. Análise Fitossociológica do Rio Guarani. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1998.
- [16] Tricart, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.