

VIABILIDADE AMBIENTAL NA
IMPLANTAÇÃO DE PEQUENAS
CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, POR
MEIO DE UM ESTUDO DE CASO NO
ALTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO JACARÉ - GUAÇU / SP.

PATRÍCIA APARECIDA PEREIRA SOUZA



Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Hidráulica e Saneamento.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcelo Pereira de Souza.

São Carlos

1999

Class.	TESE-EE
Cutt.	5852
Tombo	256/99

S/S 1064 031

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

S729v Souza, Patrícia Aparecida Pereira
Viabilidade ambiental na implantação de pequenas centrais hidrelétricas, por meio de um estudo de caso no alto da bacia hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu/SP / Patrícia Aparecida Pereira Souza. -- São Carlos, 1999.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1999.
Área: Hidráulica e Saneamento.
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Pereira de Souza.

1. Pequena central hidrelétrica. 2. Meio ambiente.
3. SIG. I. Título.

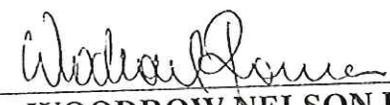
FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidata: Bacharela **PATRICIA APARECIDA PEREIRA SOUZA**

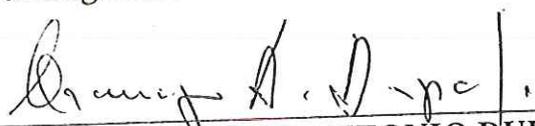
Dissertação defendida e aprovada em 04-10-1999
pela Comissão Julgadora:



Prof. Doutor **MARCELO PEREIRA DE SOUZA (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



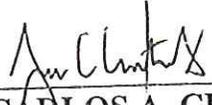
Prof. Titular **WOODROW NELSON LOPES ROMA**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutor **FRANCISCO ANTONIO DUPAS**
(Escola Federal de Engenharia de Itajubá)



Prof. Associado **EDUARDO CLETO PIRES**
Coordenador da Área de Hidráulica e Saneamento



JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

*Se você continua indo na mesma direção,
é bem provável que você acabe chegando aonde se dirige.*

PROVÉRBIO ORIENTAL

*Aos meus pais, João e Berenice e
à minha prima Lucinda (in memoriam).*

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Marcelo Pereira de Souza, pela orientação fornecida durante a elaboração deste trabalho.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa de estudo concedida.

Ao Professor Frederico Mauad (SHS), por sua ajuda técnica e incentivo - crucial para a continuação dos estudos.

Ao Professor Ivan Haro Moreno (UFSCar), pela consideração e amizade nos momentos difíceis.

À minha família, pela confiança e apoio sempre.

Ao meu namorado Ernane, por sua paciência e compreensão.

À todos os colegas, professores e funcionários do Departamento de Hidráulica e Saneamento e do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada - CRHEA da EESC/ USP pela colaboração, em especial: Pavi, Sá, Rose, Alex e Claudete.

Aos colegas do Laboratório de Informática: Rachel, Aurélio, Vítor, Guilherme, Cláudia, Silvana, Guto, João Moreno, João Vila, Marcelo (Minduim), Carla, Ruth, Sílvia, Sissy, Reginaldo e Eva.

Aos amigos pessoais, por sua pronta disposição em ajudar com seus conhecimentos técnicos e principalmente com suas longas conversas e desabafos: Simone (Rá), Nilson, Agnaldo, Thiago, Rachel, Kátia, Sil, Flávia, Eduardo, Márcia, Emília, Mércia, Camilinha, Kênia, Evandro, Éliton, Cuiabá, Paulino, PH (Paulo Henrique), D. Rosa.

Ao pessoal do DPRN pela colaboração no empréstimo de mapas, principalmente Iraci e Márcia.

AGRADECIMENTOS

Ao pessoal da Biblioteca Central, do CRHEA (Regina e Mara) e da Geotecnia (Sílvia), pela contribuição na reunião do material bibliográfico consultado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	iv
RESUMO.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	07
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	08
3.1 Energia e Meio Ambiente.....	08
3.1.1 Fatores intervenientes na construção de usinas hidrelétricas.....	11
3.1.2 Exemplos de múltiplo aproveitamento viabilizando a PCH.....	14
3.2 Política Ambiental Brasileira no que tange a implantação de empreendimentos.....	21
3.2.1 Função e natureza jurídica do Estudo de Impacto Ambiental.....	22
3.2.2 Competência do CONAMA para estabelecer normas gerais sobre o Estudo de Impacto Ambiental.....	27
3.2.3 Definições de Impacto Ambiental.....	28
3.2.4 Licenciamento Ambiental.....	29

SUMÁRIO

3.2.5 Diretrizes básicas da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) prévia - caso de barragens.....	30
3.3. Métodos de Avaliação de Impacto Ambiental.....	36
3.4 Definição de Pequenas Centrais Hidrelétricas.....	50
3.4.1 A perspectiva das PCHs no planejamento energético.....	52
3.4.2 Mercado a ser atendido com a implantação de PCHs.....	54
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	56
4.1 Área de estudo.....	59
4.1.1 Diagnóstico ambiental.....	62
4.2 Etapas do presente trabalho	63
4.2.1 Identificação de possíveis localizações de PCHs.....	64
4.2.2 Verificação das possíveis cotas de inundação e determinação dos impactos decorrentes.....	67
4.2.2.1 Identificação de áreas sensíveis ao desenvolvimento do processo erosivo na região.....	72
5. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÕES.....	75
Considerações finais.....	102
6. CONCLUSÕES.....	104
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01: Principais componentes do processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA).....	26
FIGURA 02: Mapa de localização da área de estudo e articulação das folhas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.....	60
FIGURA 03: Mapa de localização e vias de acesso à área de estudo.....	61
FIGURA 04: Identificação de localizações para a implantação de PCHs.....	66
FIGURA 05: Determinação da área geográfica ao redor dos eixos para a implantação de PCHs.....	68
FIGURA 06: Verificação das possíveis cotas de inundação de acordo com as diferentes alturas de barragens.....	71
FIGURA 07: Carta de declividade do Alto da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu com a hidrografia da região.....	76
FIGURA 08: Carta do grau de inclinação do terreno para o eixo 1.....	77
FIGURA 09: Área da bacia hidrográfica do eixo 1 em km ²	77
FIGURA 10: Carta do grau de inclinação do terreno para o eixo 2.....	78
FIGURA 11: Área da bacia hidrográfica do eixo 2 em km ²	78
FIGURA 12: Visualização da área de entorno do eixo 1.....	82
FIGURA 13: Visualização da área de entorno do eixo 2.....	82
FIGURA 14: Carta pedológica do eixo 1.....	83
FIGURA 15: Carta pedológica do eixo 2.....	83

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 16: Carta do substrato rochoso do eixo 1.....	85
FIGURA 17: Carta do substrato rochoso do eixo 2.....	85
FIGURA 18: Carta de suscetibilidade à erosão do eixo 1.....	87
FIGURA 19: Carta de suscetibilidade à erosão do eixo 2.....	87
FIGURA 20: Área de inundação do eixo 1 com a construção da barragem.....	89
FIGURA 21: Gráfico da área de inundação do eixo 1 com as diferentes alturas de barragens.....	89
FIGURA 22: Área de inundação do eixo 2 com a construção da barragem.....	90
FIGURA 23: Gráfico da área de inundação do eixo 2 com as diferentes alturas de barragens.....	90
FIGURA 24: Vegetação inundada do eixo 1 com a construção da barragem.....	94
FIGURA 25: Vegetação inundada do eixo 2 com a construção da barragem.....	94
FIGURA 26: Impacto da inundação sobre a infra-estrutura local do eixo 1.....	99
FIGURA 27: Impacto da inundação sobre a infra-estrutura local do eixo 2.....	99

LISTA DE TABELAS

TABELA 01: Principais problemas ambientais relacionados à geração de energia.....	09
TABELA 02: Classificação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs).....	51
TABELA 03: Dispositivos legais para autoprodutores e produtores independentes - possibilidades para concessões dos projetos de geração hidrelétrica.....	54
TABELA 04: Listagem de controle (<i>checklist</i>) com a identificação dos impactos mais freqüentes de empreendimentos hidrelétricos no meio ambiente físico.....	57
TABELA 05: Listagem de controle (<i>checklist</i>) com a identificação dos impactos mais freqüentes de empreendimentos hidrelétricos no meio ambiente biológico.....	58
TABELA 06: Listagem de controle (<i>checklist</i>) com a identificação dos impactos mais freqüentes de empreendimentos hidrelétricos no meio ambiente social, cultural e econômico.....	58
TABELA 07: Matriz de decisão para determinação de suscetibilidade à erosão.....	74
TABELA 08: Relação dos solos encontrados e suas principais características.....	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
Art.	Artigo
CESP	Companhia Energética de São Paulo
CF	Constituição Federal
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DEM	Modelo de Elevação Digital
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DS	Desenvolvimento Sustentável
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GCPS	Grupo Coordenador de Planejamento dos Sistemas Elétricos
IAC	Instituto Agrônomo de Campinas
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGC	Instituto Geográfico e Cartográfico

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MAIA	Manual de Avaliação de Impacto Ambiental
MME	Ministério das Minas e Energia
ONU	Organização das Nações Unidas
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PDMA	Plano Diretor do Meio Ambiente
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SE	Secretaria de Energia
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINTREL	Sistema Integrado Nacional de Transmissão de Eletricidade
SP	Estado de São Paulo
UTM	Projeção Universal Transversa de Mercator
WCED	World Comission on Environment and Development

RESUMO

SOUZA, P. A. P. (1999). *Viabilidade Ambiental na Implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas, por meio de um estudo de caso no Alto da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu / SP*. São Carlos, 1999. 114p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Em virtude da perspectiva de exploração do potencial em Pequenas Centrais Hidrelétricas como complemento energético a ser utilizado como alternativa para atendimento de demandas localizadas, discute-se neste trabalho a viabilidade ambiental de sua implantação, bem como dos fatores ambientais intervenientes nesse processo.

Partindo-se do pressuposto que, no caso das PCHs, as implicações ambientais apresentam especificidade própria e que não podem ser tratadas da mesma forma que os grandes aproveitamentos, busca-se com esse estudo contemplar os principais fatores a serem considerados no processo de tomada de decisão para que haja uma melhor integração entre o empreendimento e o meio onde será inserido.

Nesse contexto são produzidos cartas e documentos com a identificação dos fatores ambientais preponderantes, bem como a análise de alternativas locacionais e os impactos decorrentes pela construção de barragens com base em suas diferentes alturas.

Palavras-chave: pequena central hidrelétrica; meio ambiente; SIG.

ABSTRACT

SOUZA, P. A. P. *Environmental viability in the implementation of small hydroelectric plants by means of a case study on the top of Jacaré-Guaçu catchment / SP. São Carlos, 1999. 114p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.*

Due to the perspective of applying the potencial in Small Hydroelectric Plants as a complement to be used as an energetic alternative to attend local demands, it is discussed in this work the environmental viability of its implementation, and also the viability of the environmental factors which interfere in this process.

Presuming that, in the case of Small Hydroelectric Plants, the environmental implications present their own specific characteristics, and cannot be treated on the same way as in big dams, this study aims to contemplate the main environmental factors to be considered on the process of decision taking so that a better integration between the enterprise and the environment where it is placed occur.

In this context, charts and documents are produced with the identification of the environmental factors, as well as the analysis of the locational alternatives and the impacts due to the construction of dams, based on their different heights.

Keywords: Small Hydroelectric Plants; environment; GIS.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A energia, essência da própria vida, é fator preponderante no desenvolvimento dos povos e sua obtenção, ao longo da história das civilizações, sempre representou aumento na utilização dos recursos naturais: lenha, petróleo, carvão, quedas d'água, etc., produzindo importantes alterações no ambiente, na maioria das vezes, negativas sob a ótica ambiental (MULLER, 1995).

De acordo com GOLDEMBERG (1998), o ambiente muda continuamente devido a “causas naturais” sobre as quais o Homem tem pouco controle. O problema é que após a Revolução Industrial no final do século XVIII, e particularmente no século XX, a agressão antropogênica ao meio ambiente tornou-se muito intensa devido ao aumento populacional e ao grande aumento no consumo de energia. É o que caracteriza as mudanças ambientais causadas pela humanidade é o fato de ocorrerem num curto período de tempo (i.é., décadas).

Ainda segundo o mesmo autor, a forma como a energia é produzida e utilizada, contudo, está na raiz de muitos desses problemas ambientais, podendo algumas vezes, por meio da *conexão energia - meio ambiente*, estabelecer a relação de causa e efeito entre o uso da energia e os danos ao meio ambiente.

No Brasil, entre as principais fontes de geração de energia elétrica disponíveis, a energia hidráulica é a mais importante fonte primária, pelo montante do potencial

disponível e pela sua atratividade econômica. Trata-se, além do mais, de fonte não sujeita a aumento conjunturais de preço e interrupções de fornecimento. Identifica-se porém, a problemática da questão ambiental para equacionar o seu aproveitamento (PDMA, 1991/1993)¹.

Para GOLDEMBERG (1998), estas usinas hidrelétricas não produzem quaisquer poluentes associados com combustíveis fósseis, mas interferem no meio ambiente pela construção de grandes represas, formação de lagos artificiais e interferência geral sobre os fluxos dos rios. Bem como, em muitos casos, a realocação das populações também é um problema social de magnitude.

TUNDISI (1988) ainda diz que a construção de reservatórios é uma atividade que envolve uma ampla variedade de problemas científicos, técnicos, tecnológicos, econômicos e sociais, além de os aproveitamentos resultantes da construção da barragem serem catalisadores de inúmeras ações que se iniciam, em muitos casos, vários anos antes da sua construção, com trabalhos de planejamento, prognóstico, uso múltiplo e minimização de impactos.

Porém, na opinião de VENTURA *et al.* (1993), a geração hidrelétrica ainda é a mais apropriada opção de produção de energia elétrica no Brasil, pelas seguintes razões:

- ⇒ é um recurso renovável;
- ⇒ sua tecnologia é dominada no país;
- ⇒ em geral, projetos hidrelétricos são economicamente mais atrativos e causam menos impactos ao meio ambiente do que usinas térmicas, que

¹ Plano Diretor do Meio Ambiente. Resumo Executivo. ELETROBRÁS, 1991/1993.

pela queima dos combustíveis fósseis acabam por alterar o clima do planeta;

⇒ projetos hidrelétricos podem ser desenvolvidos de modo a permitir o uso múltiplo da água e podem ser regionalmente integrados.

De acordo com SOUZA (1997), nesse mesmo contexto anteriormente arrolado e , tendo em vista os recursos hidrológicos existentes e demais benefícios técnico-econômico, os últimos 50 anos foram marcados pela construção de grandes usinas hidrelétricas.

Contudo, pressionado pelo mercado e finanças, o cenário energético brasileiro passa a demandar soluções rápidas, eficazes e que custem menos. Mesmo havendo uma necessidade premente de aumento da capacidade do parque gerador nacional, a atual situação econômica torna difícil a obtenção de recursos para a construção de grandes aproveitamentos, o que vem a motivar o interesse pelas PCHs (MARQUES, 1997).

SOUTO *et al.* (S/D), em suas considerações sobre a implantação de programas de PCHs em países em desenvolvimento, afirmam que a *“alternativa concorrente” de uma PCH não é a grande usina hidrelétrica, mas a termoeétrica, ou outra forma de produção energética (eólica, maré, biomassa etc.) e que, por isso mesmo, ela foi “ressuscitada” em todo o mundo, a partir da crise do petróleo, na década de 70.*

Ainda segundo os autores, *a PCH não é “concorrente” da grande usina hidrelétrica, mas sim, um complemento a ser usado como alternativa, por exemplo, onde há vazios energéticos em que a transmissão e distribuição da rede é inviável ou mais cara, ou em que a obra civil já existe. Assim é que ela é encarada nos países desenvolvidos - e assim é na China e em outros países em desenvolvimento.*

No Brasil, apesar do potencial hidrelétrico total a ser aproveitado em PCHs não ter sido inventariado até o momento, desconhecendo-se a sua verdadeira dimensão, sabe-se que, pela Portaria do DNAEE² n.º 776, de 29 de novembro de 1994, o país apresenta significativo potencial hidrelétrico em pequenas centrais, de que parte desse potencial se situa em regiões de fronteira agrícola e, principalmente, que existe um grande número de pequenas hidrelétricas desativadas e/ou com possibilidade de recapacitação com potencial para atender a cargas localizadas.

O acesso ao Sistema Integrado Nacional de Transmissão de Eletricidade (SINTREL)³, juntamente com a abertura estimulada pelas novas regras do setor elétrico⁴, veio tornar ainda viável para o setor privado explorar a PCH como investimento, através da construção de usinas ou recuperação das já existentes (GRUPO DE TRABALHO DA PORTARIA N.º 776/94⁵, 1995). Possibilidade esta também reforçada pela Constituição de 1988, no parágrafo 4.º do Art. 176, em que se estabelece que *não dependerá de autorização ou concessão o aproveitamento do potencial de energia renovável de capacidade reduzida.*

Contudo, reconhece-se que a implantação de qualquer instalações de suprimento de energia elétrica pode acarretar impactos, muitas vezes consideráveis, nos sistemas físico, biótico, sócio-econômico e cultural nos locais e regiões em que estas se situam (PDMA 1991/1993). Mesmo não sendo responsáveis pela emissão de poluentes, ou oferecerem baixos danos ambientais quando comparadas a outras alternativas diretas de geração de energia, parece evidente que uma PCH - como toda

² Atual ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, instituída pela Lei N.º 9.427, de 26 de dezembro de 1996.

³ Criado pelo Governo Federal em 1993, para assegurar o livre acesso aos sistemas de transmissão, viabilizando a competição na geração, distribuição e comercialização de energia.

⁴ Lei n.º 9.074, de 07.07.95.

fonte energética - ao utilizar-se de um recurso natural para gerar energia, mesmo que neste caso nem sempre através de volumosas acumulações de água, vai gerar algum impacto ambiental (PACCA, 1996).

Assim, ao se decidir pela implantação de uma PCH, da mesma forma que os grandes aproveitamentos, o exame das variáveis relativas aos subsistemas físico, biótico, sócio-econômico e cultural, durante os estudos de inventário e de viabilidade (que orientam em última instância, a decisão de se realizar ou não um empreendimento), deverá garantir a sustentabilidade do ambiente (PDMA 1991/1993).

Segundo COSTANZA (1991)⁶ *apud* CERUCCI (1998), sustentabilidade é a relação entre sistemas econômico e sistemas ecológicos maiores, sendo ambos dinâmicos. Entretanto, os sistemas ecológicos são caracterizados por mudanças lentas, nos quais a vida humana poderá continuar indefinidamente, proporcionando um desenvolvimento dos indivíduos e das culturas humanas, caso os efeitos das atividades antrópicas estejam alertas aos seus limites, não destruindo a diversidade, complexidade e funcionamento dos sistemas ecológicos que dão suporte à vida.

Para MERICO (1996), esta capacidade de sustentação dos sistemas ecológicos será garantida quando forem seguidos os seguintes pressupostos:

- ⇒ não retirar dos ecossistemas mais que sua capacidade de regeneração;
- ⇒ não lançar aos ecossistemas mais que sua capacidade de absorção.

⁵ Avaliação da oportunidade e das condições para lançamento de um novo programa de implantação e de recuperação de pequenas centrais hidrelétricas - PCH. MME, SE e DNAEE.

⁶ COSTANZA, R. (ed). (1991). *Ecological Economics the Science and management of sustainability*. New York. Columbia University Press.

Neste sentido, o presente trabalho busca discutir a viabilidade ambiental na implantação de pequenos aproveitamentos hidrelétricos, visando a sustentabilidade do meio onde será inserido, apresentando a seguinte estruturação:

- ❖ Capítulo 1: Esta introdução.
- ❖ Capítulo 2: Salienta os objetivos do trabalho.
- ❖ Capítulo 3: Apresenta inicialmente uma breve discussão sobre o uso da energia e os problemas ambientais ocasionados, e quais os fatores intervenientes na construção de usinas hidrelétricas (Capítulo 3.1).
 - ❖ Capítulo 3.2: Comenta sobre a política ambiental brasileira no que tange a implantação de empreendimentos;
 - ❖ Capítulo 3.3: Analisa alguns dos principais métodos de avaliação de impactos ambientais com suas vantagens e desvantagens;
 - ❖ Capítulo 3.4: Discute as Pequenas Centrais Hidrelétricas, perspectivas no planejamento energético e mercado a ser atendido por elas.
- ❖ Capítulo 4: Refere-se a localização da área escolhida para fazer o estudo de caso. Além de apresentar os materiais utilizados e a descrição dos métodos adotados para o desenvolvimento do trabalho.
- ❖ Capítulo 5: Apresenta os resultados obtidos e a discussão sobre os impactos gerados na área de estudo e o quão integrados ambientalmente estes empreendimentos se apresentam no local.
- ❖ Capítulo 6: Trata-se das conclusões gerais do trabalho.
- ❖ Capítulo 7: Apresenta a relação de todos os autores e documentos pesquisados.

Capítulo 2

OBJETIVOS

Objetivo Geral:

O objetivo geral do presente trabalho é analisar a viabilidade ambiental na implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), contemplando os principais fatores ambientais a serem considerados no processo de tomada de decisão.

Objetivos Específicos:

Como objetivos específicos, tendo como base um estudo de caso no Alto da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu, pretende-se:

⇒ analisar as alternativas locais viáveis para a construção de barragens (PCHs), a partir das considerações dos efeitos sócio-ambientais, utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta.

Capítulo 3

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Energia e Meio Ambiente

O grande desenvolvimento científico e tecnológico da civilização moderna está relacionado com uma crescente demanda de energia, seja ela oriunda de fontes renováveis ou não. Isto porque a energia é um ingrediente essencial do desenvolvimento sócio-econômico e crescimento econômico de um país (GOLDEMBERG, 1998).

Segundo o PDMA (1991/1993), além da energia elétrica constituir-se, reconhecidamente, um insumo indispensável aos processos de produção modernos, seu uso também está, em geral, associado, em qualquer sociedade em desenvolvimento, ao aumento da renda *per capita* e a melhorias na qualidade de vida da população, propiciando melhores níveis de habitação, saúde e educação.

Contudo, para GOLDEMBERG (1998), mesmo a energia sendo um ingrediente essencial do crescimento e do desenvolvimento - características irreversíveis do nosso tempo - estes fatores podem ser prejudiciais ao meio ambiente, havendo desta forma, um conflito potencial básico entre eles como demonstrado na TABELA 01.

* TABELA 01: Principais problemas ambientais.

<i>Problema Ambiental</i>	<i>Principal fonte do problema</i>	<i>Principal grupo social afetado</i>
Poluição urbana do ar	Energia (indústria e transporte)	População urbana
Poluição do ar em ambientes fechados	Energia (cozinhar produz fumaça, CO e outros gases)	Pobres nas zonas rurais
Chuva ácida	Energia (queima de combustível fóssil)	Todos
Diminuição da camada de ozônio	Indústria	Todos
Aquecimento por efeito estufa e mudança de clima	Energia (queima de combustível fóssil)	Todos
Disponibilidade e qualidade da água doce	Aumento populacional, agricultura	Todos
Degradação costeira e marinha	Transporte e energia (derramamento de óleo)	Todos
Resíduos tóxicos, químicos e perigosos	Indústria e energia nuclear	Todos
Desmatamento e desertificação	Aumento populacional, agricultura e energia	Pobres rurais

Fonte: Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento - GOLDEMBERG, 1998.

Neste mesmo contexto da TABELA 01, segundo o autor, pode-se ir além e tentar estabelecer relações de causa e efeito entre a energia e os problemas ambientais. Por exemplo, a poluição do ar e a chuva ácida ocorrem principalmente, em virtude da queima dos combustíveis fósseis. O aquecimento por efeito estufa e as mudanças climáticas são devidos, principalmente, à queima dos combustíveis fósseis. O desmatamento e a degradação do solo são devidos, em parte, ao uso da lenha para cozinhar em comunidades rurais, a certas práticas agrícolas que se

utilizam intensivamente de produtos químicos, a monocultura e aos deflorestamentos visando às indústrias madeireiras.

Tais problemas também são uma causa importante da perda da biodiversidade. Em algumas outras situações ambientais, a energia não tem um papel dominante mas, apesar disso, é importante de uma forma indireta, como na degradação costeira e marinha que é devido, em parte, a vazamentos de petróleo. No caso dos desastres e perigos ambientais, o papel da energia nuclear é fundamental, como demonstrado claramente pelo acidente nuclear de Chernobyl.

De modo geral, todos estes problemas têm um grande número de causas tais, como aumento populacional, o crescimento e a mudança de padrões da indústria, transporte, agricultura e até mesmo turismo. Mas a forma como a energia é produzida e utilizada, contudo, está na raiz de muitas dessas causas (GOLDEMBERG, 1998).

Nesse sentido, não é suficiente promover a eficiência energética nos países em desenvolvimento. O crescimento no consumo de energia é inevitável, devido às necessidade de se instalar uma infra-estrutura industrial, meios de transporte e crescimento urbano. Porém, para TOLBA (1987)⁷ *apud* CERUCCI (1998), para que qualquer desenvolvimento ocorra de forma sustentável deve-se:

- Assegurar que as questões ambientais sejam contempladas já nos primeiros passos do planejamento do desenvolvimento em qualquer escala;
- Fomentar o desenvolvimento da capacidade interna de gerenciamento ambiental;
- Produzir e divulgar dados ambientais em quantidade suficiente para que possa embasar um planejamento ambiental de qualidade;

- Fomentar a participação da sociedade, definindo as necessidades e os problemas, bem como na tomada de decisão de uso preponderante dos recursos envolvidos;
- Concentrar esforços em área mais frágeis, de maiores riscos e interesse, como florestas, áreas áridas, bacias hidrográficas etc..

E para o caso das hidrelétricas em particular, a seguir serão comentados alguns dos principais fatores intervenientes para sua construção.

3.1.1 Fatores intervenientes na construção de usinas hidrelétricas

De acordo com GOLDEMBERG (1998), as usinas hidrelétricas não produzem quaisquer poluentes associados com combustíveis fósseis, mas interferem no meio ambiente pela construção de grandes represas, formação de lagos e interferência geral sobre os fluxos dos rios. Outro problema também, pode ser a realocação de populações em muitos casos, e que é um problema social de magnitude.

Para NORMANDE (1994), a construção de uma barragem, com a conseqüente formação da represa, resulta invariavelmente em alterações ambientais, que podem ser de menor ou maior importância. Dependendo das características da bacia hidrográfica e da represa particularmente, incluindo suas finalidades e mecanismos operacionais, pode haver predominância destes efeitos de maneira diferenciada.

⁷ TOLBA, M.K. (1987). *Sustainable Development Constraints and Oportunities*. London, Butterworth.

De qualquer forma, a matéria-prima da hidreletricidade é a água e também o é de inúmeros sistemas de produção econômica e de preservação da própria vida no planeta (MULLER, 1995). Sendo assim, sua disponibilidade, em quantidade e qualidade, é fundamental para o desenvolvimento de uma região, pois é um fator que interfere na ocupação e no uso do solo tendo, conseqüentemente, influência sobre a localização das atividades econômicas dessa região.

Nesse contexto, com base na Lei Federal n.º 9.433, de 08.01.97 que dispõe da Política Nacional dos Recursos Hídricos, a água é bem de domínio público e deve ser utilizada visando o seu múltiplo uso, assegurado o seu controle qualitativo e quantitativo à atual e às futuras gerações.

Para MARITONI *apud* PACCA (1996), embora as PCHs não se utilizem de volumosas acumulações de água, o impacto causado em sua disponibilidade é um dos mais significativos dentre os problemas gerados, apesar da sua reversibilidade, podendo inclusive ser utilizada para o mesmo fim a jusante. A ausência de um grande reservatório não deverá causar mudanças indesejáveis na qualidade de água, porém o desvio do curso natural do rio em função da barragem pode ser uma fonte de conflito com outros usos.

A diminuição do volume de água em um trecho natural da corredeira causa impacto relacionado com a fauna aquática. Dependendo do trecho atingido pela mudança no regime hídrico e pela sua relevância ecológica no contexto de bacia hidrográfica, pode-se provocar uma transformação na fauna aquática da região, levando inclusive à extinção de algumas espécies endêmicas.

Um outro tipo de conflito pode ser o desconforto com a população, pela transformação de um local que antes despertava interesse como ponto de lazer e fica

com sua utilização comprometida pela diminuição da vazão como por exemplo, uma cachoeira.

Por outro lado, pode-se ressaltar aspectos positivos da PCH. O principal deles seria a própria oferta de energia, seguida pelo uso múltiplo da barragem. Esta pode ser útil para o controle de cheias a jusante e ainda formar um lago onde pode-se desenvolver uma piscicultura, atividades de lazer, tratamento e captação de água.

Outras vantagens relacionadas a um aproveitamento múltiplo de um reservatório serão:

- ⇒ Possibilidade que os investidores terão para diminuir a parcela de investimento aplicada no empreendimento, por meio do rateio do custo total;
- ⇒ O empreendimento deverá gerar benefícios a curto, médio, longo prazos, pois, havendo interesses de várias partes, a arrecadação de recursos deve ter a finalidade de implantar o aproveitamento e de manter programas de ações contínuas;
- ⇒ O desenvolvimento da região poderá acontecer de uma forma sustentada, pois o aproveitamento terá uma inserção regional adequada, maximizando os possíveis benefícios nas áreas ambiental, sócio-econômica, energética e outras;
- ⇒ Promover o gerenciamento descentralizado, participativo e integrado, sem a dissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos em sua área de atuação;
- ⇒ Combater e prevenir as causas e efeitos da poluição, das inundações, da erosão do solo e do assoreamento dos corpos d'água;
- ⇒ Estimular a proteção das águas contra ações que possam comprometer o uso atual e futuro.

Nesse mesmo contexto, baseando-se no Relatório intitulado *Nosso Futuro Comum* (1987) publicado pela COMISSÃO MUNDIAL SOBRE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE (WCED), presidida pela então primeira ministra da Noruega Gro Brundtland, é definição de Desenvolvimento Sustentável satisfazer as necessidades atuais sem comprometer a capacidade de gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades. O desenvolvimento sustentável não deve colocar em risco a atmosfera, água, solo, ecossistemas que mantêm a vida na Terra. É um processo de mudança no qual o uso de recursos, programas econômicos, desenvolvimento tecnológico, crescimento populacional e estruturas institucionais estão em harmonia, e elevam o potencial atual e futuro de progresso humano.

3.1.2 Exemplos de múltiplo aproveitamento viabilizando a PCH

A seguir demonstram-se alguns exemplos de múltiplo aproveitamento viabilizando a PCH, de forma que o uso do recurso natural água encontra-se em harmonia com as necessidades prementes da região onde se insere.

⇒ EXEMPLO 01: O caso da PCH Mogi-Guaçu

Um exemplo de que o uso múltiplo pode ser um fator decisivo na implantação de um aproveitamento hidroenergético de pequeno porte é o caso da PCH Mogi-

Guaçu. Essa PCH localiza-se em um trecho do Rio Mogi-Guaçu onde havia problemas com inundações, que causavam grandes prejuízos aos agricultores da região. Dessa maneira, a CESP decidiu priorizar a PCH Mogi-Guaçu de modo que a sua múltipla finalidade trouxesse benefícios a dois setores: ao Setor Elétrico, que obteria o benefício da geração de energia elétrica e ao Setor Agrícola, que obteria o benefício do controle de cheias.

De acordo com sua concepção inicial, a barragem da PCH teria uma altura de 11m e se destinaria exclusivamente à geração de energia. Entretanto, foi necessário aumentar a barragem para uma altura de 14,5m, sendo que a parte superior da barragem, com altura de 3,5m, corresponderia ao volume de espera do reservatório, ficando vazio durante os períodos em que não houvesse cheias. Nesse sentido, essa parte da barragem teria a finalidade exclusiva de controle de cheias, não proporcionando nenhum ganho energético à usina.

Pelo fato da PCH proporcionar benefícios aos dois setores foi o que tornou possível haver negociação e viabilizar o empreendimento para o Setor Elétrico. Se a totalidade dos custos fosse assumida somente por este setor, a energia gerada pela PCH teria um custo muito alto, o que representaria um empecilho para sua inclusão no Programa de Obras de Geração do GCPS⁸/ELETROBRÁS. Entretanto, como parte dos custos envolvidos foi assumida pelo Setor Agrícola, por meio do Governo do Estado de São Paulo, o empreendimento se tornou viável do ponto de vista econômico.

A CESP elaborou ainda uma análise econômica e algumas propostas de negociações com o principal objetivo de realizar um rateio do custo total da PCH, de

⁸ GCPS: Grupo Coordenador de Planejamento dos Sistemas Elétricos.

modo que o empreendimento se tornasse atrativo aos dois setores (BRASIL. CESP, 1991).

⇒ **EXEMPLO 02: Bacia do Rio Piracicaba - um exemplo onde um planejamento integrado otimizaria o recurso hídrico**

Localizada em uma das regiões de maior crescimento econômico do país, a Bacia do Rio Piracicaba é um exemplo de uma região onde o uso múltiplo da água poderia proporcionar benefícios sociais e ambientais tão importantes quanto a geração de energia elétrica, além de contribuir com a recuperação ambiental da bacia, desde considerados os mecanismos de gestão ambiental integrada.

A Bacia do Rio Piracicaba e a necessidade de água

A Bacia do Piracicaba é composta por 45 municípios e se localiza na Região Administrativa de Campinas, principal centro econômico do interior paulista. A bacia possui drenagem de 12.400km², o que corresponde a 4,7% da área do Estado de São Paulo, englobando as sub-bacias dos rios Atibaia, Jaguari, Corumbataí e Piracicaba. O Rio Piracicaba, principal rio da bacia, tem o Rio Jaguari e o Rio Atibaia como principais formadores e tem o Rio Corumbataí como principal afluente (NEGRI, 1992; BRASIL, 1996).

Esta região da bacia apresentou alto grau de desenvolvimento econômico, social e urbano principalmente nas décadas de 70 e 80, quando as taxas de

crescimento atingiram os níveis de 4,4% ao ano, estando ainda em constante desenvolvimento. Entretanto, a falta de planejamento regional integrado e o uso excessivo dos recursos hídricos causou um forte desequilíbrio entre oferta e demanda da água e um alto grau de poluição dos cursos d'água, sendo que muitos rios da bacia se encontram entre os mais poluídos do Estado de São Paulo.

A necessidade de melhorar a qualidade da água dos rios se torna ainda mais importante, pelo fato da maior parte do volume de água destinado ao abastecimento ser proveniente de captações superficiais, devido à baixa disponibilidade hídrica dos mananciais subterrâneos, sendo que somente 3,5% da água utilizada nos municípios provém de poços (NEGRI, 1992; REVISTA TEMPO, 1995; BRASIL, 1996).

Além dos problemas relativos às necessidades de uso crescente da água e à poluição dos rios, existe também o problema de desvio de água da Bacia do Piracicaba para outras regiões: o desvio de $33,0\text{m}^3/\text{s}$ para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e de $1,5\text{m}^3/\text{s}$ para Jundiaí agravando ainda mais a situação de abastecimento de água (MONTICELLI e MARTINS, 1993; BRASIL, 1996).

Dessa forma, a Bacia do Rio Piracicaba enfrenta sérios problemas relacionados ao uso da água, os quais estão se tornando cada vez mais graves devido ao gerenciamento inadequado dos recursos hídricos, sendo quatro os principais fatores responsáveis pela crise existente no abastecimento de água da região:

- ⇒ grande elevação no consumo de água;
- ⇒ grande elevação nos níveis de poluição dos rios;
- ⇒ desvio de um volume significativo de água; e
- ⇒ baixa eficiência do sistema de distribuição de água (MONTICELLI e MARTINS, 1993).

Ainda seguindo o aumento da necessidade por recursos hídricos, o atendimento dessas demandas vem sendo satisfeito prioritariamente, por meio de obras para reserva de água que culminaram com a construção de grande número de barragens e lagos artificiais para geração de energia elétrica, abastecimento urbano e irrigação.

O problema, de acordo com o GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO e SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, é que todas essas obras foram executadas a partir de estudos que remontam da década de 60 e, conseqüentemente, sem que fossem estabelecidos mecanismos de gestão ambiental que considerassem, em conjunto, os complexos hídricos da Bacia do Rio Piracicaba, Alto Tietê e Baixada Santista ou as normas necessárias à gestão integrada do uso múltiplo deste recurso.

⇒ **EXEMPLO 03: A PCH Camanducaia - usina planejada para atender a finalidades múltiplas**

A PCH Camanducaia, uma usina planejada para oferecer outros benefícios além da geração de energia elétrica, teve como um dos seus principais objetivos: a sua adequada inserção na Bacia do Piracicaba.

Nesse sentido, os estudos de inventário dessa PCH envolveram uma equipe interdisciplinar preocupada com questões ambientais e sócio-econômicas, de modo que a PCH pudesse contribuir para o desenvolvimento da região de acordo com um planejamento regional adequado e com os princípios de conservação ambiental.

Os estudos não se limitaram à área de influência de implantação da usina, tendo sido estendidos a toda área da bacia e estando de acordo com os princípios de

gerenciamento eficiente dos recursos hídricos determinados pela Lei Estadual n.º 7.663/91.

Com isso, para que pudesse haver um aproveitamento dos recursos hídricos direcionado às necessidades da Bacia do Piracicaba, a PCH Camanducaia atenderia às seguintes finalidades:

- ⇒ captação de água, a jusante do aproveitamento, para abastecimento doméstico, abastecimento industrial e irrigação;
- ⇒ diluição de efluentes lançados à jusante;
- ⇒ amortecimento de cheias;
- ⇒ geração de energia elétrica; e
- ⇒ recreação (BRASIL. DAEE, 1991).

Feito isso, os usos mais nobres da PCH, captação de água para abastecimento e diluição de efluentes, estariam adequados aos principais problemas relacionados ao uso da água que os usuários da bacia enfrentam, os quais são a grande elevação do consumo de água e a grande elevação dos níveis de poluição.

Ainda com relação a esta PCH, esta deveria ter uma capacidade instalada de 5,0MW, aproveitando-se apenas 65% da vazão média do rio para a geração de energia elétrica.

Se a PCH fosse destinada exclusivamente à geração de energia, poderia aproveitar toda a vazão média do rio existente nesse trecho, que é igual a $13,85\text{m}^3/\text{s}$. Entretanto, para possibilitar o seu uso múltiplo, decidiu-se desviar somente uma vazão de $9,0\text{m}^3/\text{s}$ para as turbinas e deixar uma vazão de $4,85\text{m}^3/\text{s}$ escoar livremente para atender outros usos (BRASIL. DAEE, 1991).

A PCH Camanduacia, além de possibilitar uso múltiplo da água, foi planejada de modo que minimizasse os impactos sociais e ambientais na região onde seria implantada, de forma que:

- ⇒ não inundasse o bairro rural de Duas Pontes;
- ⇒ não atingisse a Rodovia SP-107;
- ⇒ não causasse impacto sobre a usina hidrelétrica Feixos;
- ⇒ não atingisse linhas de alta tensão existentes na região; e
- ⇒ não atingisse uma área de 15 hectares de mata natural preservada (BRASIL. DAEE, 1991).

Neste contexto, como pôde-se observar nos exemplos 01, 02 e 03, a disponibilidade quantitativa e qualitativa da água está em risco principalmente pelo incremento da demanda em suas várias formas e, em particular, pelo aumento da poluição hídrica que vem prejudicando o abastecimento para fins de consumo humano.

Dessa forma, sendo as hidrelétricas vistas como empreendimentos que modificam o meio ambiente, nada mais justo que serem consideradas num contexto de gestão dos recursos hídricos que preconize os conceitos e princípios para sua múltipla utilização, até porque a água é um elemento essencial para a manutenção da vida na Terra.

A seguir será exposto um quadro geral da legislação que dá conta do contexto ambiental brasileiro na implantação de empreendimentos e as conseqüências para os projetos das PCHs.

3.2 Política Ambiental Brasileira no que tange a implantação de empreendimentos

Inspirado no direito americano (*National Environmental Policy Act* - NEPA - de 1969) que introduziu a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) nos EUA, devido a pressões de grupos ambientalistas as limitações das análises estritamente econômicas e técnicas dos empreendimentos, a AIA surgiu no Brasil em 1981 como um dos instrumentos da Lei Federal n.º 6.938, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.

Regulamentando esta lei federal, o Decreto n.º 88.351⁹ de 1º de junho de 1983, avança na matéria e estabelece a vinculação da avaliação de impactos ambientais aos sistemas de licenciamento, outorgando ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) a competência para “fixar os critérios básicos segundo os quais serão exigidos estudos de impacto ambiental para fins de licenciamento, com poderes, para tal fim, de baixar as resoluções que entender necessárias.

Dessa forma, baseando-se no Decreto n.º 88.351/83 e no Art. 8º da Lei Federal n.º 6.938/81, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) expediu em 23 de janeiro de 1986, a Resolução n.º 001 dando tratamento mais orgânico ao Estudo de Impacto Ambiental (EIA), já que estabeleceu as “definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente”.

⁹ Hoje esse decreto regulamentar foi substituído pelo Decreto n.º 99.274, de 06 de junho de 1990.

Já a Constituição Federal de 1988, segundo MILARÉ (1994), reconhecendo o direito à qualidade do meio ambiente como manifestação do direito à vida, produziu-se um texto inédito em constituições em todo o mundo, capaz de orientar uma política ambiental no país e de induzir uma mentalidade preservacionista.

Com efeito, considerando o meio ambiente “*bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida*”, impôs ao poder público, para assegurar a efetividade desse direito, a incumbência de “*exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade.*” (Art. 225, § 1.º, IV)

Com isso, consolidou-se o papel do EIA como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal n.º 6.938, de 31.8.81).

3.2.1 Função e natureza jurídica do Estudo de Impacto Ambiental

Para MILARÉ (1994), dentre os instrumentos de compatibilização desenvolvimento-proteção ambiental merece especial atenção o Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA), a ser elaborado antes da instalação da obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente. Esse importante instrumento de planejamento e controle ambiental decorre do princípio da consideração do meio ambiente na tomada de decisões e preconiza a elementar

obrigação de se levar em conta o fator ambiental em qualquer ação ou decisão - pública ou privada - que possa sobre ele causar qualquer efeito negativo.

De acordo com MACHADO (1991), o EIA é de elaboração obrigatória e, conseqüentemente, não facultativo para todas as obras e atividades, cuja instalação possa provocar significativo impacto ambiental. Não podendo ser realizado concomitantemente à obra ou à atividade, nem posteriormente às mesmas. É prévio.

Ainda segundo o mesmo autor, as verificações e análises do estudo de impacto ambiental terminam por um juízo de valor, ou seja, uma avaliação favorável ou desfavorável ao projeto em que não se admite um estudo de impacto ambiental que se abstenha de emitir a avaliação do projeto.

Para CHAMBAULT *apud* MACHADO (1991) “a função do procedimento de avaliação não é influenciar as decisões administrativas sistematicamente a favor das considerações ambientais, em detrimento das vantagens econômicas e sociais suscetíveis de advirem de um projeto”. O objetivo é dar “às administrações públicas uma base séria de informações, de modo a poder pesar os interesses em jogo, quando da tomada de decisão, inclusive aqueles do ambiente, tendo em vista uma finalidade superior”.

Para ANDREOLI e FERNANDES (1996), o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) é um instrumento de caráter técnico científico que subsidia uma das etapas da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), sendo esta etapa, dentro do processo de AIA, a que possui maior conteúdo técnico-científico e também que consome mais tempo e recursos.

Nesse sentido, com base em um roteiro elaborado pela SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (S/D), conforme o estabelecido

pela Resolução CONAMA n.º 001/86, um Estudo de Impacto Ambiental deve conter as seguintes etapas:

1. Informações gerais do projeto;
2. Caracterização do empreendimento incluindo processo, tecnologia investida, informações básicas;
3. Área de influência com os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos;
4. Diagnóstico ambiental da área de influência;
5. Análise dos impactos ambientais;
6. Proposição de medidas mitigadoras;
7. Programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos ambientais;
8. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA.

Sendo que o Relatório de Impacto Ambiental refletirá as conclusões do Estudo de Impacto Ambiental em linguagem acessível ao público, ilustradas por mapas com escalas adequadas, quadros, gráficos ou outras técnicas de comunicação visual, de modo que se possa entender, claramente, as possíveis conseqüências ambientais do projeto e suas alternativas, comparando as vantagens e desvantagens de cada uma delas.

Para MACHADO (1991), o Estudo de Impacto Ambiental é de maior abrangência que o relatório e o engloba em si. O estudo compreende o levantamento da literatura científica e legal pertinente, trabalhos de campo, análises de laboratório e a própria redação do relatório.

Ainda segundo a Resolução CONAMA n.º 001/86, o EIA deve ser elaborado por equipe multidisciplinar, a qual é presença participativa e atuante de especialistas

da sociedade civil no procedimento de planejamento nacional em âmbito federal, estadual e municipal.

A seguir, a FIGURA 01 trará um quadro geral dos principais componentes do processo de Avaliação de Impacto Ambiental.

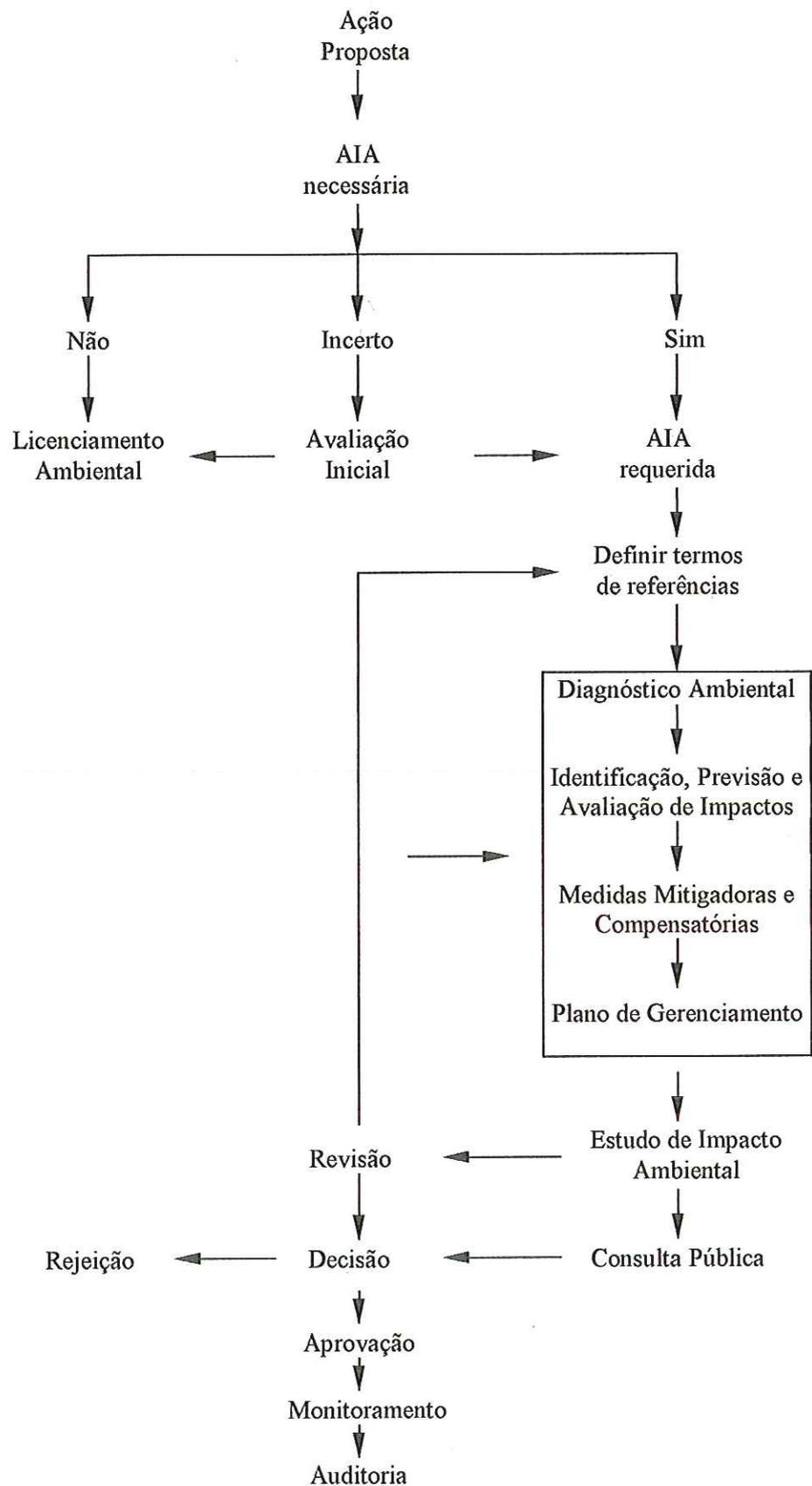


FIGURA 01: Principais componentes do processo de Avaliação de Impacto Ambiental (ANDREOLI e FERNANDES, 1996).

3.2.2 Competência do CONAMA para estabelecer normas gerais sobre o Estudo de Impacto Ambiental

A Lei Federal n.º 6.938, de 31.8.81 estabeleceu em seu Art. 8.º, I entre as competências do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) a de estabelecer normas e critérios para o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras. Não invade a autonomia dos estados o estabelecimento dessas normas e critérios pelo CONAMA, pois a legislação sobre “proteção do meio ambiente” é da competência formal concorrente da União, dos Estados e D.F. (Art. 24, VI, da CF) e à União está reservado o estabelecimento de “normas gerais”.

Estabelecer normas para o licenciamento não se confunde com licenciar. Se a União estivesse chamando a si a tarefa dos Estados, então, poder-se-ia vislumbrar invasão de competência. Entretanto, pode e deve a União valer-se de sua faculdade de ditar normas gerais para todo país sobre como licenciar, quais os procedimentos fundamentais a serem observados nesse tipo preventivo e corretivo da intervenção dos organismos ambientais não só frente aos particulares, como aos próprios órgãos públicos que exerçam atividades que degradem ou possam degradar o ambiente (MACHADO, 1991).

Os municípios, de acordo com o Art. 30 da CF, não perderam a liberdade de criar normas concernente ao estudo de impacto diante da existência das normas federais. Estas normas prevalecem em sua generalidade, mas o campo do estudo de impacto ambiental é amplo e não foi todo preenchido pela norma federal.

Espera-se que os estados e municípios adaptem a norma federal às suas peculiaridades enriquecendo, assim, a já bem elaborada Resolução CONAMA - 001/86.

3.2.3 Definições de Impacto Ambiental

O impacto ambiental de um empreendimento pode ser visto, como a diferença entre o meio ambiente futuro modificado, tal como resultaria após a realização do projeto, e a situação do meio ambiente futuro tal como haveria de evoluir normalmente sem aquela intervenção. Para se ter uma efetiva dimensão do impacto ambiental, deve-se portanto comparar a qualidade ambiental existente com a posterior ação proposta, ou seja, para se avaliar o impacto de uma ação no ambiente, é necessário configurar e prever alterações e implicações na qualidade ambiental (BOLEA, 1984 *apud* NORMANDE, 1994). De forma diversa, para outros autores Impacto Ambiental pode ser visto como parte de uma relação de causa e efeito.

Com base no Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução n.º 001, de 23 de janeiro de 1986, Art. 1.º, *considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:*

- i. *a saúde, a segurança e o bem-estar da população;*
- ii. *as atividades sociais e econômicas;*
- iii. *a biota;*

- iv. *as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;*
- v. *a qualidade dos recursos naturais.*

Pode ser também, segundo CANTER (1977)¹⁰ *apud* MOREIRA (1992), qualquer alteração no sistema ambiental físico, químico, biológico, cultural e sócio-econômico que possa ser atribuída a atividades humanas relativas às alternativas em estudo para satisfazer as necessidades de um projeto.

3.2.4 Licenciamento Ambiental

Licenciamento Ambiental, de acordo com a Resolução CONAMA n.º 237, de 16 de dezembro de 1997, é o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

Ainda segundo a referida Resolução, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), no uso das atribuições e competências que lhe são conferidas pela Lei Federal n.º 6.938/81 e considerando a necessidade de revisão de procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a efetivar a utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental, visando o

¹⁰ CANTER, L.W. (1977). *Environmental impact assessment*. Oklahoma. McGraw Hill, 331p.

Desenvolvimento Sustentável e a melhoria contínua, define como empreendimento sujeito ao licenciamento ambiental, obras civis tais como barragens.

Esta licença ambiental, ainda com base no Art. 3º desta Resolução CONAMA n.º 237/97, para empreendimentos e atividade consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de significativa degradação do meio dependerá de prévio Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto sobre o meio ambiente (EIA/RIMA), ao qual se dará publicidade, garantida a realização de audiências públicas, quando couber, de acordo com a regulamentação.

Por outro lado, no mesmo artigo, parágrafo único, cabe ao órgão competente, verificando que a atividade ou empreendimento não é potencialmente causador de significativa degradação do meio ambiente, definir os estudos ambientais pertinentes ao respectivo processo de licenciamento.

Qual
iB

Qual
pesquisas
estudos

3.2.5 Diretrizes básicas da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) prévia - caso de barragens

De acordo com KLEINSCHMIDT (1992) *apud* LIBERAL *et al.* (1993), a listagem a seguir pretende exemplificar o conteúdo e o grau de detalhamento do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) em casos de barragens, com base no estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 001/86.

1. Objetivos e justificativas

- apresentação do estudo;
- apresentação dos objetivos e das condições jurídicas gerais em âmbito federal e estadual;
- apresentação do conteúdo e das metodologias adotadas nos estudos.

✓ 2. Condições básicas do setor e prova da inevitabilidade do impacto

- antecedentes históricos, planejamento e decisões políticas anteriores;
- apresentação da situação atual do setor hidrelétrico (produção instalada, consumo atual, perspectivas do setor, técnicas usadas nas usinas etc.);
- ➤ prova da necessidade de uma usina nova (objetivos dos planos estratégicos do setor hidrelétrico no que diz respeito a alternativas da produção de energia elétrica ou o seu desenvolvimento, prognóstico de consumo etc.);
- apresentação de alternativas de geração de energia elétrica incluindo até tecnologias e medidas administrativas para economizar o uso excessivo atual de energia elétrica; apresentação da alternativa “zero” (não execução do projeto);
- apresentação dos objetivos pela escolha do projeto apresentado, justificando o local e a tecnologia usada.

✓ 3. Descrição do projeto

- descrição do projeto em suas fases de construção e operação;
- descrição de todas as partes da obra com potencial impacto frente ao meio ambiente incluindo também os processos de construção, a infra-estrutura

regional necessária para a construção (sistema viário, assentamentos de trabalhadores e técnicos, abastecimento com luz e água, sistemas e tratamento de esgotos, necessidade de lugares de armazenamento de rochas, de materiais de construção etc.).

4. Análise de Risco

- análise de risco de acidentes tanto na fase de construção como de operação (sendo de maior interesse na análise de acidentes possíveis, próximo e distantes, com a ruptura da barragem, falhas do material ou equipamento usado, acidentes nas rodovias no transporte de materiais etc.);
- análise de riscos sociais ligados com os reassentamentos da população atingida incluindo locais para onde será deslocada.

5. Descrição de impactos ambientais do empreendimento

- identificar e descrever todos os impactos ambientais benéficos e adversos nos três meios (físico, biológico e sócio-econômico) nas fases de construção, implantação e operação da obra, independentemente da sua localização;
- incluir também os efeitos secundários tais como mudanças no sistema viário e portanto mudanças na distribuição do trânsito na região;
- definir em base da análise de efeitos diretos/indiretos, primários/secundários e cumulativos/sinérgicos, temporários/permanentes, imediatos/de médio ou longo prazo, a área de abrangência da obra (extensão máxima dos efeitos da obra);

- definir e identificar consumo de energia, perda na transmissão, quantidade e qualidade de esgotos, barulho, emissões.

6. Análise da localização

- definir e limitar áreas de influência possíveis e locais alternativos;
- definir critérios de ponderação e/ou exclusão;
- mapear zonas de exclusão (“zonas de tabu”) segundo impactos cumulativos ou sinérgicos dos três meios, especialmente nas área de geologia, hidrologia, águas subterrâneas, de espécies em perigo de extinção ou área de proteção permanente como por exemplo parques nacionais, florestas de conservação etc., de corredores de fauna, de zonas arqueológicas, de sítios históricos, de aspectos de paisagismo como paisagens únicas, de áreas de alta produtividade agrícola, assentamentos, unidades de produção ou municípios, de áreas de mananciais etc.;
- analisar a acessibilidade dos diferentes locais e a necessidade e custos de construí-las, incluindo a análise do abastecimento (lixo, esgoto etc.).

7. Comparação dos locais alternativos

- comparação de locais alternativos em dois níveis; analisando separadamente as fases de construção e operação:
 - a) descrição dos locais e dos seus três meios tomando em consideração o potencial de desenvolvimento de cada um e outros planos nas suas área de influência;

- b) descrição dos impactos esperados considerando a situação existente nos locais e a alternativa “zero”.

8. Apresentação

- apresentação resumida dos impactos ambientais relevantes.

9. Avaliação/ponderação

- avaliar os impactos ambientais esperados em comparação com a alternativa “zero” e as alternativas tecnológicas ou econômicas anteriormente descritas.

10. Medidas mitigadoras

- listar medidas mitigadoras possíveis resultantes das análises nos itens 5,6 e 7;
- listar medidas que evitam impactos ambientais;
- mapear as áreas necessárias para as medidas mitigadoras;
- descrever a alternativa “zero” (desenvolvimento do ambiente sem impacto pela obra: medida mitigadora máxima).

11. Restrições e dificuldades

- apresentar os conhecimentos atuais da ciência e tecnologia relacionadas com os impactos ambientais causados pela obra e tecnologia usada na sua implantação;
- apresentar os limites tecnológicos de supervisão de acidentes;
- apresentar limites de prognóstico de emissões;

- identificar dados e conhecimentos ambientais ausentes.

12. Relatório

- apresentação resumida da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) prévia de forma objetiva e adequada a sua compreensão em linguagem acessível, sendo a forma de informação para o público em geral e a base para a audiência pública da AIA prévia.

13. Monitoramento

- definir e descrever o programa de monitoramento se for o caso, para obter dados mais relevantes para a fase de AIA do projeto.

14. Indicações para a AIA do projeto

- descrever, com base nos resultados obtidos na AIA prévia, as indicações ou restrições para a fase posterior da AIA do projeto.

Dessa forma, observados todos os pressupostos anteriormente arrolados, torna-se claro que o estabelecimento de normas específicas sobre a instalação de Pequenas Centrais Hidrelétricas contribuiria para uma melhor integração entre meio ambiente e empreendimento pois, de acordo com ESPINOSA (1996), o objetivo central de uma política ambiental para a sustentabilidade é a harmonia nas relações entre Homem, sociedade e natureza, por meio de práticas antrópicas socialmente justas e ecologicamente sustentáveis, como única forma de garantir qualidade de vida adequada e permanente à espécie humana como um todo.

3.3 Métodos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA)

A análise ambiental, como parte integrante de um sistema de gestão, necessita de uma série de procedimentos para que a viabilidade ambiental - seu principal objetivo - possa ser alcançada. Portanto, no sentido de sistematizar o processo de análise ambiental utilizam-se metodologias, que devem permitir a inserção dos fatores ambientais, assim como fatores econômicos, e até certo ponto, diretrizes políticas de desenvolvimento nos processos de decisão e localização de projetos.

Segundo SÁNCHEZ (1993), a avaliação de impacto ambiental está ligada ao procedimento de licenciamento ambiental, ou seja, a AIA é uma etapa do licenciamento e o estudo de impacto ambiental (EIA) e respectivo relatório de impacto ambiental (RIMA), dois documentos necessários para o licenciamento. Este vínculo é tão forte no país que a aprovação da licença ambiental se confunde com a aprovação do EIA/RIMA, quando não existe nenhum elo conceitual entre ambos.

De acordo com MOREIRA (1992), a elaboração de um estudo de impacto ambiental compreende um conjunto de atividades, pesquisas e tarefas técnicas realizado com a finalidade de conhecer as principais conseqüências ambientais de um projeto, de modo a atender aos regulamentos de proteção do meio ambiente e, efetivamente, auxiliar a decisão sobre a implantação ou não desse projeto.

Ainda segundo o mesmo autor, para dar conta dessas tarefas, empregam-se vários métodos e técnicas, alguns de uso corrente nas disciplinas envolvidas nos estudos ambientais, outros criados para promover a abordagem integrada e multidisciplinar requerida pela própria finalidade do estudo de impacto ambiental.

Chamam-se ainda métodos de avaliação de impacto ambiental (métodos de AIA) os “*mecanismos estruturados para coletar, analisar, comparar e organizar informações e dados sobre os impactos ambientais de uma proposta (...)*” (BISSET¹¹, 1982 *apud* MOREIRA, 1992) e “*a seqüência de passos recomendados para coleccionar e analisar os efeitos de uma ação sobre a qualidade ambiental e a produtividade do sistema natural, e avaliar os seus impactos nos receptores natural, sócio-econômico e humano (...)*” (HORBERRY¹², 1984 *apud* MOREIRA, 1992).

Síntese e Comparação dos Principais Métodos de Estudo de Impacto Ambiental

Como a identificação e avaliação dos impactos ambientais requer a manipulação de grande quantidade de dados, além da comunicação dos resultados finais para os tomadores de decisão e para o público de interesse nas questões, para superar algumas dessas dificuldades, tem-se dispensado muita atenção ao desenvolvimento de diferentes abordagens de avaliação de impactos ambientais.

Devido a grande variedade dos empreendimentos e dos fatores ambientais por eles pressionados, a abordagem multidisciplinar é peça fundamental nos processos de AIA. Nesse sentido, pode-se definir abordagens particulares de estudos de impacto

¹¹ BISSET, R. (1982). *Methods for EIA: a selective survey with case studies*. Documento apresentado em Training Course on EIA, China.

¹² HORBERRY, J. (1984). *Status and application of EIA for development*. Gland, conservation for development centre.

ambiental, fazendo com que os fatores ambientais sejam contemplados de maneiras diferentes, para que se possa garantir a obtenção da qualidade ambiental.

Sendo assim, a seguir será apresentada uma síntese e comparação dos principais métodos de AIA, a partir de modificações feitas em MOREIRA (1992).

MÉTODOS:

> *Ad hoc*

Os métodos *ad hoc*, também conhecidos como painéis ou reunião de especialistas, consistem na criação de grupos de trabalho formado por profissionais e cientistas de diferentes disciplinas, de acordo com as características do projeto a ser avaliado. Estes especialistas são selecionados entre pessoas de notório saber e que reünam conhecimentos práticos por terem vivido ou trabalhado na área a ser afetada.

Para TOMMASI (1994), este método consiste na reunião de um grupo multidisciplinar de técnicos, com *know how* sobre o empreendimento em questão, para numa primeira abordagem, avaliar os efeitos das alternativas. Dessa forma, organizam-se então reuniões técnicas com a finalidade de, em tempo reduzido, obterem-se informações a respeito dos prováveis impactos ambientais do projeto, com base na experiência profissional de cada praticante.

Neste sentido, este tipo de método foi desenvolvido para ser empregado quando é curto o tempo e há carência de dados para tratamento sistemático dos impactos, não sendo possível a realização de estudos detalhados, pois surgiu da opinião de que é melhor tomar uma decisão à luz das previsões de um grupo de

especialistas qualificados, do que fazer levando em conta apenas razões econômicas ou de engenharia.

A maior crítica aos métodos *ah doc* é o alto grau de subjetividade dos resultados, que dependem da qualidade da coordenação, dos critérios de escolha dos componentes do grupo de trabalho, do nível de informação e, até mesmo, das diferenças de temperamento e das tendências de cada um.

No Brasil, os regulamentos limitam de antemão o uso dos métodos *ad hoc*, embora as reuniões de especialistas possam servir, em alguns casos, para uma ou outra tarefa do estudo de impacto ambiental, desde que as opiniões fundamentem-se em argumentos técnicos e razões científicas criteriosas.

➤ Listagem de Controle (*checklist*)

As listagens de controle, mais que um método de AIA, consistem numa relação de fatores e parâmetros ambientais destinada a servir de lembrete aos que elaboram um estudo de impacto ambiental, de que devem considerar o meio ambiente em todos os seus aspectos, não os deixando esquecer nenhum elemento de importância para a tomada de decisão.

Criadas desde os primórdios da prática da AIA, continuam a ser muito utilizadas nas tarefas do estudo de impacto ambiental, notadamente no diagnóstico ambiental da área de influência do projeto e na comparação das alternativas. Sendo que, os termos de referência fornecidos pelo órgão ambiental quando do requerimento do estudo podem ser considerados uma forma de listagem de controle das informações, pesquisas e previsões a serem necessariamente apresentadas,

evitando a omissão de aspectos relevantes para a análise das condições de aprovação do projeto.

Dessa forma, segundo BISSET (1987), estas listagens de controle são freqüentemente utilizadas como método auxiliar nos estudos de impacto ambiental e apesar de apresentarem algumas vantagens, não podem dar conta de muitas tarefas do estudo, principalmente porque não são capazes de estabelecer as relações de causa e efeito entre as ações do projeto e seus impactos. Além disso, muito poucas delas conseguem incorporar técnicas de previsão dos impactos.

Quanto a sua aplicação limita-se a alguns casos em que foram desenvolvidas para projetos específicos sob a responsabilidade de entidades detentoras de amplas informações sobre os sistemas ambientais a serem afetados.

Tipos de listagem de controle

A seguir, BISSET (1987) apresenta uma relação das variações de *checklist*:

- ↳ *Listagem simples*: as primeiras a serem concebidas enumeram apenas os fatores ambientais, focalizando atenção em processos anteriores para determinar os fatores relevantes, tomando o cuidado de não omitir nenhum parâmetro. Essas listas constituem mais um lembrete, não fornecendo nenhum parâmetro para avaliação e previsão dos impactos.

- ↳ *Listagens descritivas*: oferecem, além do rol de parâmetros ambientais, alguma forma de orientação para a análise dos impactos ambientais. As listagem de controle descritivas podem tomar a forma de questionário, no

qual uma série de perguntas em cadeia tenta dar um tratamento integrado à análise dos impactos.

- ↳ *Listagens escalares*: apresentam meios de atribuir valores numéricos ou em forma de símbolos (letras ou sinais) para cada fator ambiental, permitindo a classificação e a comparação das alternativas de projeto e a escolha daquela mais favorável.
- ↳ *Listagens ponderadas*: incorporam às listagem escalares o grau de importância de cada impacto, para a ponderação do valor da magnitude.

➤ Matrizes de Interação

As matrizes de interação são largamente utilizadas na etapa de identificação dos impactos dos estudos de impacto ambiental e funcionam como listagens de controle bidimensionais. Dispondo ao longo de seus eixos, vertical e horizontal, as ações de implantação do projeto e os fatores ambientais que poderão ser afetados, permitem assinalar, nas quadriculas correspondentes às interseções das linhas e colunas, os impactos de cada ação sobre os componentes por ela modificados.

Uma vez pronta a matriz, pode-se então apreciar o conjunto de impactos gerados pelo projeto, destacando-se as ações que provocam maior número de impactos e que, por conseguinte, devem ser objeto de atenção ou mesmo de substituição por ações alternativas menos impactantes. Pode-se também observar o conjunto de ações que afetam os fatores ambientais considerados relevantes.

As formas de matriz de interação, nas quais apenas as relações de causa e efeito são assinaladas, deram origem a outras formas mais avançadas e a mais divulgada é a matriz de *Leopold*, criada pelo “*United States Geological Survey*”. As matrizes deste tipo identificam apenas os impactos diretos, não considerando os aspectos temporais e espaciais dos impactos e, por isto, desenvolveram-se outros tipos de matrizes de interação que cruzam os fatores ambientais entre si, introduzem símbolos ou utilizam técnicas de operação para ampliar a abrangência dos resultados.

As matrizes de interação aplicam-se com eficiência para a identificação dos impactos diretos, sendo porém bastante limitadas para utilização como método de AIA isoladamente. Além dos problemas da subjetividade de julgamento sobre os valores dos impactos, as matrizes de interação não atendem à maioria das tarefas necessárias ao desenvolvimento de um estudo de impacto ambiental.

➤ **Redes de Interação - Diagramas de Sistemas**

De acordo com BISSET (1987), as Redes de Interação, ou *Networks*, foram criadas para possibilitar a identificação dos impactos indiretos (secundários, terciários e de ordens maiores) e suas interações, provenientes de uma ação inicial.

Neste sentido, estas redes de interação ajudam a promover uma abordagem integrada à análise dos impactos ambientais pois, dificilmente, uma ação qualquer ocasiona apenas um impacto e na grande maioria dos casos, cada ação de um projeto gera mais de um impacto que, por sua vez, provocam uma cadeia de impactos.

Dessa forma, enquanto as matrizes e listagens de controle limitam o pensamento dos técnicos à apreciação de cada fator ambiental isoladamente, as redes

de interação o induzem a trabalhar em conjunto, organizando as discussões e a troca de informação sobre os impactos e as interações dos fatores ambientais.

Apesar disto, essas redes de interação devem ser empregadas apenas para a identificação dos impactos ambientais indiretos, uma vez que não destacam a importância relativa dos impactos identificados nem dispensam o uso de técnicas de previsão e outros métodos para completar as demais tarefas do estudo.

TOMMASI (1994) ainda lembra que as redes não são recomendadas para grandes ações de caráter regional, pois podem ficar muito grandes; não quantificam os impactos e, geralmente, não têm capacidade para indicar retroalimentações, permitindo unicamente, identificar os efeitos de ações externas sobre os fluxos de energia de um sistema ambiental.

Diagramas de Sistemas

Já os Diagramas de Sistemas são variações de rede de interação nos quais retratam-se os arranjos e interações do sistema ambiental, utilizando-se o fluxo e o processamento da energia como elementos de ligação entre os componentes. A energia chega ao sistema, perpassa os elementos, gera diferentes processos e deixa o sistema em forma de “*output*”.

Nesse sentido, o diagrama de sistemas aproveita esta propriedade para estimar os impactos ambientais das ações do projeto, usando como indicador as alterações no fluxo de energia.

Quanto ao método, este foi construído usando-se a notação criada por ODUM (1971)¹³, destacando-se os compartimentos relevantes para a análise dos impactos, os

¹³ ODUM, H.T. (1971). *Environment, Power and Society*. John Wiley & Sons, Inc.

fatores causais externos ao sistema, as ligações e caminhos do fluxo de energia e as atividades a serem desenvolvidas. Cada impacto é medido pelas alterações do fluxo de energia introduzidas pelas ações do projeto e o efeito combinado de todos os impactos é somado e expresso em quilocalorias (Kcal) e ou em forma de redução ou aumento da percentagem de produção primária bruta.

Contudo, para BISSET (1987), esse método possui como limitações a incapacidade de comparar medidas de magnitude dos diferentes impactos e a grande importância dada aos aspectos energéticos das relações ecológicas, quando comparados com outras relações, pois algumas vezes, embora decorram de um baixo fluxo de energia, podem causar impactos significativos. Além disto a construção de um diagrama pode custar muito tempo e dinheiro, devido ao alto grau de complexidade que ele pode atingir.

➤ Superposição de Cartas por meio de SIGs

O avanço da informática, nos últimos anos, tem permitido a integração da informação com o seu suporte geográfico por intermédio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), os quais são sistemas de informações projetados para trabalhar com dados referenciados por coordenadas espaciais ou geográficas, sendo que sua principal característica é a faculdade de armazenar, recuperar e analisar mapas em um ambiente computacional, tornando qualquer operação com mapas extremamente ágil.

Para HANIGAM¹⁴ (1988) *apud* CERUCCI (1998), um SIG é “qualquer sistema de manejo de informação capaz de:

- Coletar, armazenar e recuperar informação baseada em sua locação espacial;
- Identificar locações com determinadas características submetidas a critérios específicos;
- Explorar as relações entre os dados e o meio ambiente;
- Analisar os dados relacionados espacialmente no sentido de ajudar na tomada de decisão sobre o meio ambiente;
- Facilitar a seleção e passagem de dados para aplicações específicas em modelos analíticos capazes de avaliar as alternativas de impacto no meio ambiente escolhido;
- Permitir uma visualização do ambiente selecionado nas formas gráfica e numérica tanto antes como depois da análise”.

Neste sentido, os Sistemas de Informações Geográfica estão contidos no universo dos sistemas de suporte de decisão, promovendo a integração entre os dados espacialmente representados, seus atributos e as interrelações que podem existir entre eles.

Para MAGUIRE *et al.* (1991), os SIGs representam a realidade através de uma série de feições geográficas definidas de acordo com dois tipos de dados: geográfico ou atributo. Os dados geográficos ou locais são utilizados para fornecer uma referência espacial para os dados atributo, também chamados estatísticos ou não locais.

¹⁴ HANIGAN F. (1988). GIS by any other name is still...The GIS Forum 1:6. *apud* ANTENUCCI, J.C. *et al* (1991). *Geographic Information System: A Guide to the Tecnology*. Chapman & Hall. NY.

Ainda segundo o mesmo autor, em um SIG o elemento geográfico é visto como mais importante que o elemento atributo, sendo esta, uma das características chaves que distinguem os SIGs dos outros sistemas de informação.

Sendo assim, o SIG funciona de acordo com cinco elementos essenciais: aquisição de dados, pré-processamento dos dados dentro do sistema, manejo de dados, manipulação, análise e geração de produtos.

Nesse sentido, especialmente relacionado com os recursos naturais disponíveis em uma região, o planejamento da localização de atividades envolve consideração de um leque de informações ambientais e sócio-econômicas, espacialmente distribuídas e a aplicação destas informações e representações espaciais de decisões e soluções, por sua vez, são consideradas essenciais à efetiva resolução de problemas que envolvam o gerenciamento de recursos naturais.

Uma vez que incorporam elementos fundamentais ao manuseio de informações espaciais, o Sistema de Informação de Geográfica (SIG) constitui-se ferramenta valiosa para este tipo de gerenciamento, dado que a informação de natureza espacial assume particular valor para as decisões.

Quanto ao seu campo de atuação, caracteriza-se por uma grande diversidade de aplicações integrando sistemas que trazem, em conjunto, idéias desenvolvidas em muitas áreas, incluindo os campos da geografia, agricultura, geologia, geotecnia, meio ambiente, computação, economia, planejamento urbano e regional, engenharia florestal e outros.

Porém há algumas desvantagens em sua utilização como única fonte de análise, como, por exemplo, não analisar fatores ambientais não mapeáveis e não considerar a dinâmica dos sistemas ambientais.

> Modelos de Simulação

Os métodos de AIA descritos anteriormente consideram o meio ambiente como uma entidade estática no tempo e resumem a análise dos impactos a horizontes temporais discretos, não levando em conta a dinâmica dos sistemas ambientais. Os impactos são tratados como se fossem imutáveis ao longo do tempo, embora se saiba que o meio ambiente está sempre em transformação e que os fatores ambientais, uma vez afetados, podem alterar a escala ou o sentido de suas tendências originais.

Dessa forma, os modelos de simulação foram desenvolvidos em resposta a esta situação, à medida que admitem a introdução da variável temporal na análise dos impactos ambientais.

Existem outros tipos de modelos matemáticos comumente usados nos estudos ambientais, principalmente aqueles que procuram representar um processo natural, físico ou biológico, como a dispersão de poluentes no ar ou na água. Este tipo de modelo porém, é usado nos estudos de impacto ambiental para estimular a magnitude do impacto de lançamento de efluentes ou de emissões gasosas, sendo, portanto, uma das chamadas técnicas de previsão de impacto.

Já os modelos de simulação são modelos matemáticos destinados a representar, tanto quanto possível, a estrutura e o funcionamento dos sistemas ambientais, explorando, a partir de um conjunto de hipóteses e pressupostos, os processos e as relações entre seus fatores físicos, bióticos e culturais, ante as alterações introduzidas pelas ações do projeto que se deseja avaliar.

Capazes de processar variáveis quantitativas e qualitativas, incorporar as medidas de magnitude e importância dos impactos e considerar as interações dos

fatores ambientais, esses modelos são usados principalmente nos estudos de impacto ambiental de grandes projetos. Uma crítica a esse método é o fato de a simulação matemática representar uma inadequada simplificação da realidade. Entretanto, as experiências de aplicação de modelos de simulação, em muitos casos, indicam que as incertezas quanto à consistência dos resultados são menores e compensam as deficiências dos outros tipos de métodos, sobretudo quanto aos aspectos da dinâmica dos sistemas ambientais.

Por sua vez, a estrutura básica de um modelo de simulação prevê a realização das seguintes tarefas:

- 1) definição dos resultados que se pretende obter a escolha dos fatores e elementos do meio ambiente relevantes para a caracterização do sistema ambiental a ser afetado;
- 2) limites da área de influência do projeto, que devem coincidir com os limites geográficos do sistema ambiental, de tamanho apenas o suficiente para cobrir a abrangência dos resultados;
- 3) horizonte de tempo de simulação, que deve incorporar as etapas de realização do projeto e o tempo natural de ocorrência dos impactos, em uma escala compatível com a natureza das previsões;
- 4) listagem das ações do projeto e das possíveis alternativas;
- 5) seleção e organização das variáveis destinadas a descrever os fatores ambientais relevantes à caracterização do sistema; de acordo com a complexidade do estudo, as variáveis podem ser agrupadas em subsistemas;

- 6) construção de um diagrama de fluxo ou rede de interação entre as variáveis e os subsistemas, indicando as respectivas regras de interação, isto é, quanto a alteração em cada uma delas interfere nas demais;
- 7) identificação dos indicadores de impacto de cada variável, isto é, os parâmetros da variável que fornecem a medida da magnitude dos impactos ambientais;
- 8) escolha do programa de computação e da linguagem de processamento; operação do modelo de simulação;
- 9) interpretação e discussão dos resultados do modelo; novos processamentos até que os resultados sejam considerados válidos.

Contudo, de acordo com MOREIRA (1992), é importante reafirmar que não há, dentre os métodos de AIA conhecidos, aquele que se aplique a todo e qualquer estudo de impacto ambiental e nem poderia haver, por conta da variedade de sistemas ambientais e das diversas natureza dos empreendimentos e seus impactos potenciais.

3.4 Definição de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)

No Brasil, segundo o extinto Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE (1982), as PCHs são usinas de geração de energia elétrica a partir do aproveitamento do potencial hidráulico, cuja potência instalada seja inferior ou igual a 10MW.

Entretanto, tal classificação permite que ocorra uma grande diversidade no que diz respeito aos tipos e as características inerentes a cada uma das diversas PCHs existentes no país. De acordo com o Manual de PCH da ELETROBRÁS/DNAEE (1982, p.2.2) *“As pequenas usinas hidrelétricas, na sua aceção mais genérica, não tem, no Brasil, denominação e classificação consagradas”*.

Apesar disso, no citado Manual, encontram-se recomendados alguns parâmetros, envolvendo vários fatores, que acabam formando um arcabouço em que pode-se verificar a “filosofia das PCHs”, tal qual a concebiam seus idealizadores.

Entre esses parâmetros podemos destacar:

- ⇒ as usinas operando, geralmente, a fio d'água, ou no máximo com pequena regularização diária;
- ⇒ as estruturas do sistema de geração, permitindo descargas de até 20 m³/s;
- ⇒ as barragens para formação de represas, devendo apresentar no máximo 10m de altura;
- ⇒ as obras e instalações, devendo ser concebidas sem sofisticação e com materiais econômicos, e
- ⇒ a utilização de equipamentos eletromecânicos simples, mas funcionais.



Ainda as PCHs são classificadas de quatro maneiras distintas:

- ⇒ pela presença ou não de regularização de vazão na barragem;
- ⇒ pelo tipo de sistema de adução;
- ⇒ pela potência instalada, e
- ⇒ pela altura de queda.

Já a última classificação proposta divide as usinas quanto a queda de projeto, levando em consideração também três faixas de potência instalada, conforme mostrado na TABELA 02, onde:

$$P = 7,16 \cdot Q \cdot H$$

P = potência (KW)

Q = vazão (m³/s)

H = altura da queda d'água (m)

TABELA 02: Classificação de PCH

Classificação	Potência Instalada (KW)	Queda de projeto (m)		
		Baixa	Média	Alta
<i>Micro Centrais Hidrelétricas</i>	Até 100	Menos de 15	15 a 50	Mais de 50
<i>Mini Centrais Hidrelétricas</i>	100 a 1.000	Menos de 20	20 a 100	Mais de 100
<i>Pequenas Centrais Hidrelétricas</i>	1.000 a 10.000	Menos de 25	25 a 130	Mais de 130

Fonte: Manual de PCH da ELETROBRÁS/DNAEE (1982, p 2.3).

Tal classificação influencia o projeto de adução no que se refere à distância da tomada d'água até a casa de máquinas. Portanto para as centrais de média e alta queda, geralmente a concepção de projeto é a mesma, existindo uma adutora longa.

3.4.1 A perspectiva das PCHs no planejamento energético

A Portaria do DNAEE n.º 776, de 29 de novembro de 1994, no cumprimento de suas atribuições regimentais, aprovadas pela Portaria MME n.º 65, de 11 de fevereiro de 1993 em seu Art. 1º resolve: *Criar Grupo de Trabalho com a incumbência de avaliar a oportunidade e as condições para lançamento de um novo programa, em âmbito nacional, de implantação e de recuperação de pequenas centrais hidrelétricas.*

Em resposta ao cumprimento da referida Portaria, o grupo de trabalho concluiu que é inquestionavelmente oportuno o lançamento de um novo Programa Nacional de Pequenas Centrais Hidrelétricas visto que, ainda que a implantação de PCHs não venha resolver as necessidades de geração de energia elétrica do país, é inegável que, para casos particulares e isolados, a construção ou recuperação de uma PCH pode se constituir na melhor alternativa. Como, por exemplo, para atendimento local das necessidades de energia elétrica, especialmente em micro-regiões não alcançadas pelos sistemas de transmissão ou de sub-transmissão das concessionárias de serviço público de eletricidade.

A PCH também, em função de diversas circunstâncias (operacionais, ambientais, de economia de combustível escasso e de custos de investimentos), pode-se apresentar como a alternativa mais conveniente e atraente, tanto do ponto de vista do investidor como do ponto de vista de interesses nacionais. Do ponto de vista do investidor privado, a decisão de se construir ou recuperar uma PCH decorrerá, via de regra, de um atrativo econômico-financeiro (custos) ou da absoluta impossibilidade de abastecimento de energia elétrica a partir de outra alternativa.

Ainda de acordo com o Grupo, no presente momento existem vários condicionantes que justificam a avaliação da oportunidade e as condições para lançamento de um novo programa, de âmbito nacional, de implantação e recuperação de pequenas centrais hidrelétricas, como:

- ⇒ Falta de energia em regiões em desenvolvimento e perspectivas de escassez de energia elétrica para as áreas atualmente atendidas porém com consumo em expansão;
- ⇒ Tendência de significativo avanço da fronteira agrícola para regiões de difícil acesso para sistemas de transmissão de energia elétrica, porém, com bom potencial para a instalação de PCHs;
- ⇒ Interesse crescente de investidores privados em empreendimentos de geração, consubstanciado na afluência crescente de interessados ao extinto DNAEE para consultas ou solicitações de autorizações de estudos de implantação de PCHs;
- ⇒ Atrativos institucionais a essa participação, tais como o SINTREL e novos dispositivos legais para autoprodutores e produtores independentes (vide TABELA 03);
- ⇒ Avanços tecnológicos observados em países mais desenvolvidos, especialmente em termos de automação de PCHs, com sensíveis reduções de custos operacionais; e
- ⇒ Extensa lista de exigências ambientais para a construção de grandes centrais hidrelétricas.

TABELA 03: Dispositivos legais para autoprodutores e produtores independentes - possibilidades para concessões dos projetos de geração hidrelétrica.

<i>Destino da energia</i>	Até 1,0 MW	Até 5,0 MW	Até 10,0 MW	Acima de 10,0 MW
<i>Serviço Público</i>	Livre	Licitação		
<i>Autoprodução</i>	Livre	Autorização		Licitação
<i>Produção Independente</i>	Livre	Licitação		

Fonte: Lei n.º 9.074, de 07 de Julho de 1995.

3.4.2 Mercado a ser atendido com a implantação de PCHs

Segundo BAJAY e WALTER (1989), a geração por PCHs localizadas próximas aos pontos de consumo, tanto podem satisfazer toda ou parte da demanda de energia elétrica do mercado em que se inserem, como também, podem ocorrer em sistemas isolados ou em sistemas interligados.

Quanto suas instalações, estas podem ser de propriedade de uma empresa elétrica concessionária ou de empresas que geram eletricidade para consumo próprio e/ou para venda à empresas concessionárias ou outros consumidores. Dessa forma, com relação à geração descentralizada, devem ser diferenciadas duas figuras: a do autoprodutor e do produtor independente.

O autoprodutor de energia elétrica como sendo o consumidor que busca prover, por meio da geração própria, um fornecimento garantido e econômico para sua instalação, seja porque não há opção de abastecimento via rede, ou ainda, porque essa é muito cara ou pouco confiável.

E a segunda figura, a de produtor independente de eletricidade, é a que tem a posse e opera uma instalação de geração elétrica e comercializa sua produção com empresas concessionárias ou outros consumidores.

Logo, além do crescente interesse de autoprodutores e de produtores independentes graças aos atrativos institucionais e legais à geração de energia descentralizada, cooperativas rurais e outros segmentos com interesse direto, também podem se interessar em construir e operar PCHs, tais como:

- ⇒ As pequenas comunidades isoladas; e
- ⇒ Indústrias com tendência a se fixarem no interior junto a fontes de matéria-prima, aproveitando os recursos locais, como as agroindústrias de alimentos e bebidas, têxteis, entre outras que apresentam porte para tanto.

Capítulo 4

MATERIAIS E MÉTODOS

Considerando que as implicações ambientais apresentam especificidade própria no caso das PCHs, e que por isso estas não podem ser tratadas da mesma forma que os grandes aproveitamentos, o presente trabalho busca discutir a viabilidade ambiental de sua implantação, bem como os principais fatores ambientais a serem considerados no processo de decisão, por meio de um estudo de caso.

Nesse sentido, para o estudo de caso escolhe-se o alto da bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu, por ser uma região onde em seu alto curso caracteriza-se pela presença de vales relativamente estreitos e vertentes de inclinações acentuadas, propícias à implantação desse tipo de empreendimento.

Ainda baseando-se no estudo de caso, como a questão da espacialidade é importante, pois incide na implementação de atividades em determinado território e acaba por repercutir na dinâmica deste ecossistema, faz-se também o reconhecimento da potencialidade e fragilidade do meio frente à especificidade da obra.

Quanto a potencialidade hidráulica da região à implantação de PCHs, esta é avaliada por meio da identificação de eixos favoráveis à construção de barragens, analisando-se inicialmente a inclinação do terreno (desnível geométrico definido) e posteriormente a sua bacia de contribuição.

Identificados os eixos, passa-se então para o reconhecimento da fragilidade da área de entorno dos mesmos, pela caracterização dos recursos e serviços naturais lá

Caracterização
da bacia

existentes antes da implantação da obra, bem como dos possíveis impactos gerados após a mesma.

Neste mesmo contexto, considerando-se que o espaço é o resultado da inter-relação de fatores naturais (bióticos e abióticos) e antrópicos, que funcionam de uma forma sistêmica, agindo e interagindo entre si, busca-se com o Sistema de Informação Geográfica a integração das informações sócio-ambientais espacialmente distribuídas e a sua representação em planos de informações que demonstrem os fatores relevantes no momento da decisão.

Ainda quanto a fase de reconhecimento da fragilidade da região frente a esse tipo de empreendimento, para que nenhum fator sócio-ambiental relevante seja esquecido, vale-se também de listagens de controle simples (*checklist*) com a identificação dos impactos mais frequentes de empreendimentos hidrelétricos para os meios físico, biológico e antrópico respectivamente, como demonstrados nas TABELAS 04, 05 e 06.

TABELA 04: *Listagem de controle simples para o meio ambiente físico.*

FATOR AMBIENTAL	IMPACTOS PREVISTOS
⇒ Condições Climáticas	⇒ Análise da possibilidade de alteração do clima.
⇒ Geologia e Geomorfologia	⇒ Mudanças na paisagem regional.
⇒ Solos e Capacidade de Uso das Terras	⇒ Degradação dos solos pela construção da barragem; ⇒ Mudanças na capacidade de uso das terras.
⇒ Recursos Hídricos	⇒ Disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade.

Fonte: Adaptado de MAIA (1992).

TABELA 05: *Listagem de controle simples para o meio ambiente biológico.*

FATOR AMBIENTAL	IMPACTOS PREVISTOS
⇒ Vegetação	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Decomposição da biomassa submersa; ⇒ Criação de impedimentos à pesca e às atividades de lazer (eutrofização, produção de gases etc.).
⇒ Fauna Terrestre	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Alterações na composição da fauna terrestre e perda de corredores de animais.
⇒ Fauna Aquática	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Interrupção da migração de peixes; ⇒ Alterações na composição da ictiofauna; ⇒ Mortandade de peixes a jusante da barragem; ⇒ Prejuízos a outros animais aquáticos.

Fonte: Adaptado de MAIA (1992).

TABELA 06: *Listagem de controle simples para o meio ambiente social, cultural e econômico.*

FATOR AMBIENTAL	IMPACTOS PREVISTOS
⇒ Aspectos Sociais e Culturais	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Desagregação das relações sociais; ⇒ Desarticulação dos elementos culturais.
⇒ Infra-Estrutura Regional	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Comprometimento do sistema viário.
⇒ Atividades Econômicas:	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Desorganização das atividades econômicas: pesca, atividades que se utilizem de matéria-prima das margens do rio (como olarias, etc.).

Fonte: Adaptado de MAIA (1992).

4.1 Área de estudo

Localização e vias de acesso

Para o estudo escolhe-se uma região onde em seu alto curso caracteriza-se pela presença de vales relativamente estreitos e vertentes de inclinações acentuadas, propícias a implantação desse tipo de empreendimento.

Esta área situa-se no Alto da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu, ocupando uma superfície de aproximadamente 1.080 km², abrangendo parte de quatro municípios da região centro-leste do Estado de São Paulo - São Carlos, Itirapina, Corumbataí e Rio Claro.

Encontra-se limitada pelos paralelos de 22°00' e 22°30' Sul e meridianos de 47°30' e 48°00' W.GR. (FIGURA 02).

A principal via de acesso à área é a rodovia Washington Luiz (SP 310), com traçado SE - NE, interligando as cidades de Rio Claro e São Carlos à capital do Estado e a outros centros importantes como Campinas, Jundiaí, Araraquara e São José do Rio Preto (FIGURA 03).

Quanto ao Rio Jacaré-Guaçu, este nasce na Serra de Itaqueri, à altitude de 800 m e drena uma área de 3.939 km² até a sua foz no Rio Tietê e é representado em seu alto curso pelo Rio Itaqueri e pelos Ribeirões do Lobo, do Feijão e da Laranja Azeda (DAEE, 1974).

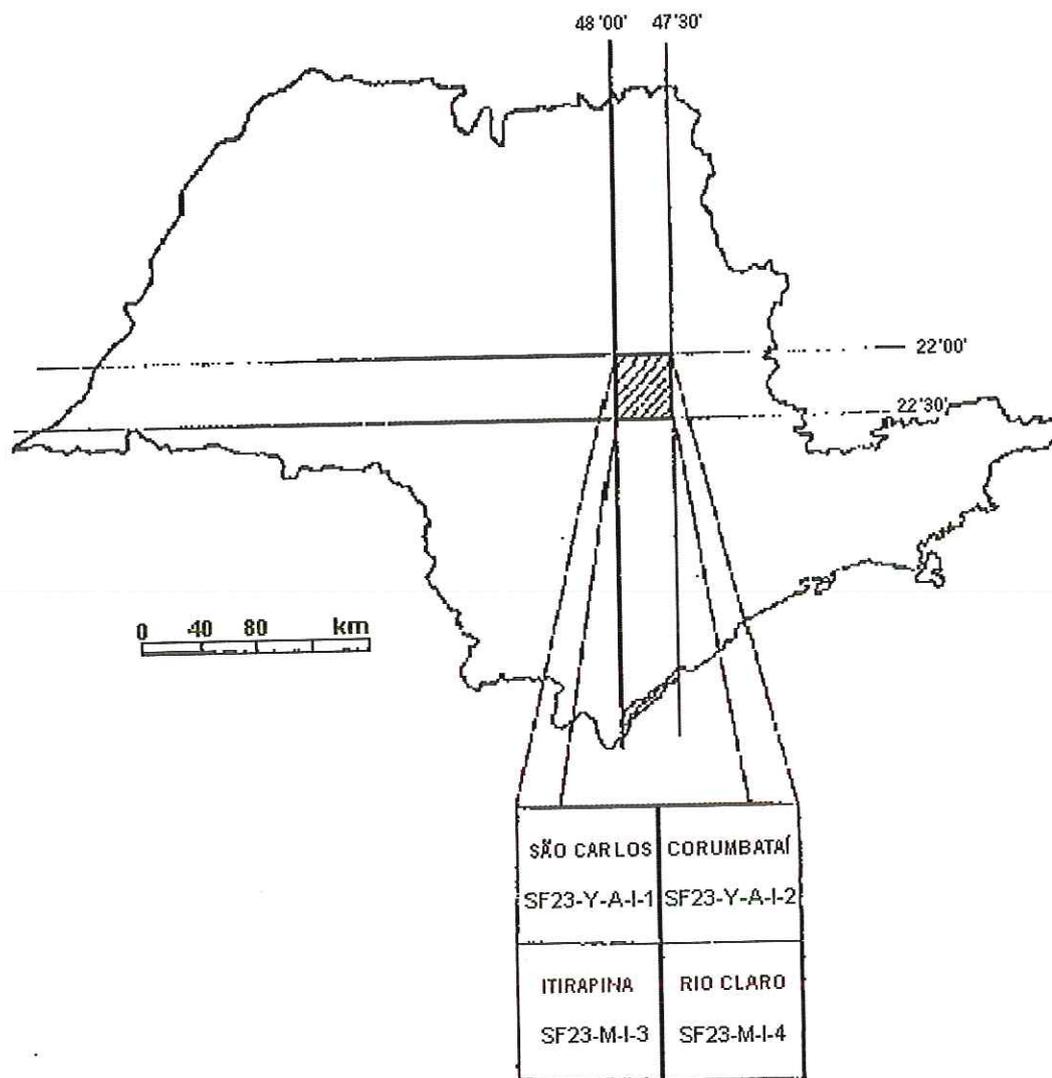


FIGURA 02: Mapa de localização da área de estudo e articulação das folhas topográficas (escala 1:50.000) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (S/D).

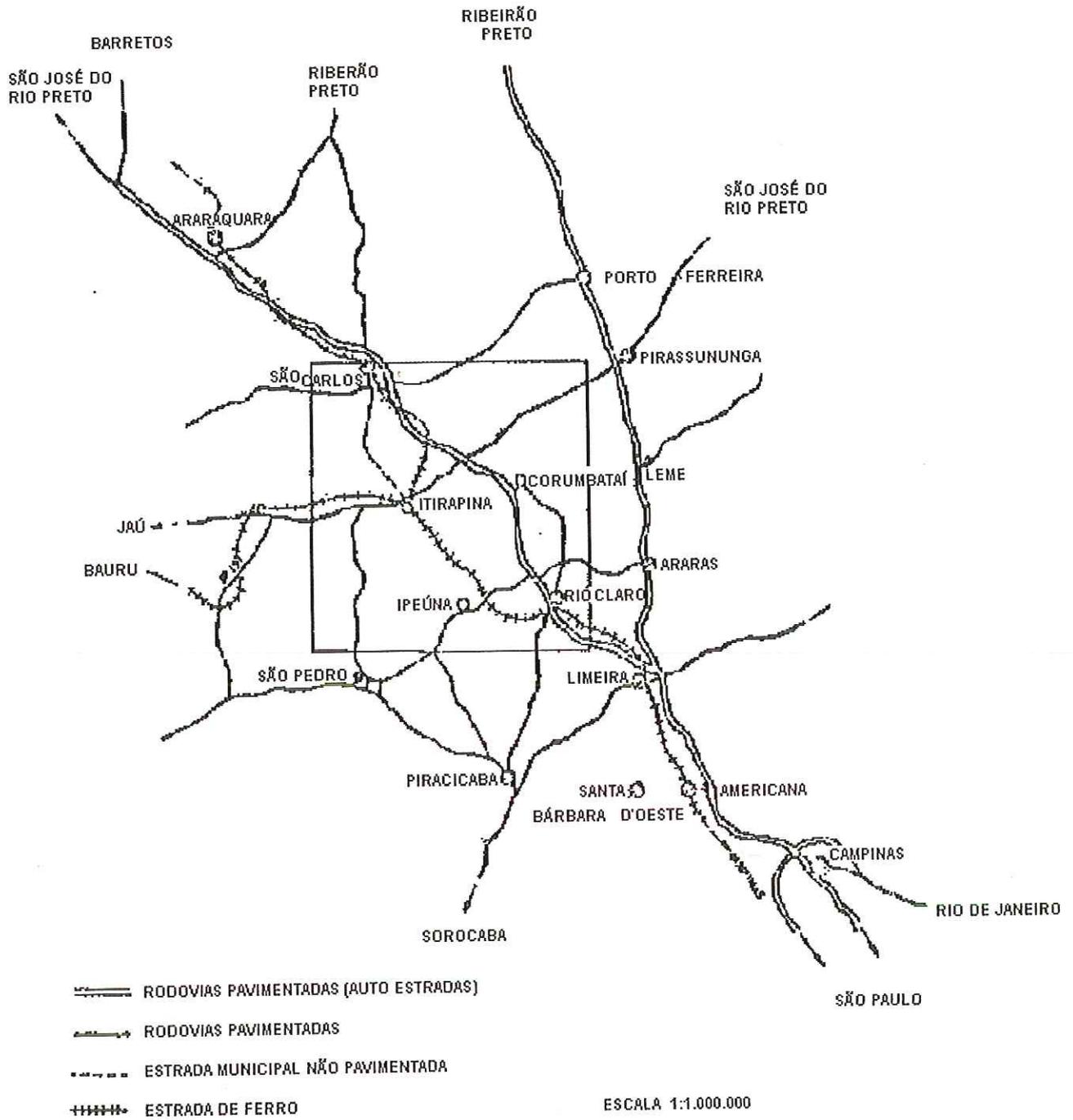


FIGURA 03: Mapa de localização e vias de acesso.

Fonte: Mapa Rodoviário do Estado de São Paulo - DER, 1987.

4.1.1 Diagnóstico Ambiental

Na região, segundo OLIVEIRA e PRADO (1981), a vegetação primitiva era representada, principalmente pelos campos cerrados, cerrados e cerradões, condicionada pela predominância de solos muito profundos, excessivamente ou muito permeáveis e de baixo potencial nutricional. As areias quartzosas profundas e os latossolos de textura média, em função de sua baixa fertilidade, acidez elevada e das condições climáticas, desenvolvem vegetação do tipo cerrado.

Essa vegetação normalmente é constituída de uma cobertura herbácea mais ou menos contínua e um dossel descontínuo de elementos arbóreos e arbustivos, de galhos retorcidos, cascas espessas e folhas coriáceas, ADÂMOLI *et al.* (1986). Nesses mesmos tipos de solos, estando o lençol freático muito próximo da superfície, propicia o desenvolvimento de formas mais abertas, denominadas de campo cerrado, campo sujo ou campo limpo.

Tanto o cerradão quanto a mata tropical semi-decídua constituíam a vegetação primitiva em áreas de solos de textura argilosa, enquanto que as matas decíduas ocupavam as faixas de solos litólicos originados do basalto, caracterizadas pela declividade acentuada, deficiência hídrica e (pequena profundidade).

A vegetação primitiva foi rapidamente dizimada na região, sobretudo pelo avanço da pecuária e subordinadamente pelas culturas canavieira e de citrus e pelos reflorestamentos. Entretanto alguns núcleos dessa vegetação ainda persistem, graças às condições naturais dos terrenos que, de certa forma, dificultam a sua ocupação. A presença desses raros núcleos pode ser constatada nas faixas de terrenos com declividades acentuadas ou em solos de baixa fertilidade.

A semelhança da vegetação natural, a utilização atual do solo mostra uma estreita relação com as suas características físicas e químicas, portanto, solos de textura arenosa com baixa percentagem de finos caracterizando baixa capacidade nutricional, são utilizados para fins de reflorestamento, pastagens e cultura de citrus. Áreas extensas de reflorestamentos com eucaliptos e pinus são verificadas na Serra de Santana, Campo Alegre, ao sul de Analândia e nas proximidades de Rio Claro (OLIVEIRA e PRADO, 1981).

4.2 Etapas do presente trabalho

O encaminhamento dado a este trabalho baseia-se no enfoque da viabilidade ambiental na implantação de PCHs partindo-se da inter-relação de informações dos substratos rochosos, pedológicas, infra-estruturais, de uso e ocupação do solo, além é claro, das características planialtimétricas da região que fornecem a base para a possível localização desses empreendimentos.

Para tanto, divide-se o trabalho em duas fases:

- a) Identificação de possíveis localizações de PCHs;
- b) Verificação das possíveis cotas de inundação e determinação dos impactos decorrentes com a identificação de áreas sensíveis ao desenvolvimento do processo erosivo.

Todas estas fases, por sua vez, são trabalhadas em Sistema de Informação Geográfica, cujo componente *software* utilizado para geração e manipulação de

dados é o *Idrisi 2.0* versão para ambiente *Windows* e, como forma de entrada de dados no SIG, utiliza-se o *software* de digitalização *Tosca 2.12*.

Quanto aos dados, esses são digitalizados em mesa digitalizadora *Summagraphics Summagrid IV*, tamanho A1 e utiliza-se como base o sistema de coordenadas “*Universal Transversa de Mercator*” (UTM).

Quanto as imagens manipuladas e geradas no *Idrisi*, estas são produzidas com pixel de 30 X 30 m e utilizando-se a estrutura “*Raster*”.

4.2.1 Identificação de possíveis localizações de PCHs

Como a localização de empreendimentos hidrelétricos são comumente definidos em função da queda (diferença de nível entre o nível d’água previsto para o reservatório e o nível d’água do rio no local da casa de máquinas) e da vazão disponível do curso d’água em m^3/s , para que sejam reconhecidos pontos espacialmente definidos para a implantação de PCHs na região, prioriza-se áreas onde a inclinação do terreno seja de no mínimo 25% e dentre essas, adotando-se que a vazão seja a mesma em todos os pontos, pontos que possuam uma área de drenagem relativamente extensa (medida em km^2).

Sendo assim, para a obtenção desses objetivos são desenvolvidas as seguintes etapas:

1. Compilação e digitalização de mapas planialtimétricos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala 1:50.000, os quais fornecem subsídios para a elaboração da Cartas de Declividade e de Hidrografia da região;
folhas topográficas de: São Carlos (1971), Itirapina (1969), Corumbataí (1971) e Rio Claro (1969).
2. Feita a Carta de Declividade, faz-se sua reclassificação baseando-se apenas em três intervalos de interesse para o trabalho. Grau de inclinação do terreno entre: 0 - 10% , 10 - 25% e acima de 25% de declividade;
3. Determina-se como de interesse para a implantação de PCHs apenas áreas onde o grau de inclinação do terreno exceda os 25%, pois uma inclinação menor não serviria para o intuito de trabalho - geração de energia hidrelétrica.
4. Faz-se a superposição da Carta de Declividade reclassificada com a Carta de Hidrografia da região;
5. Busca-se na imagem resultante desta superposição pontos, onde o desnível geométrico exceda os 25% e que tenham uma área de drenagem relativamente extensa (medida em km^2). Dessa forma, identifica-se os possíveis eixos para a implantação de PCHs como demonstrado a seguir na FIGURA 04.

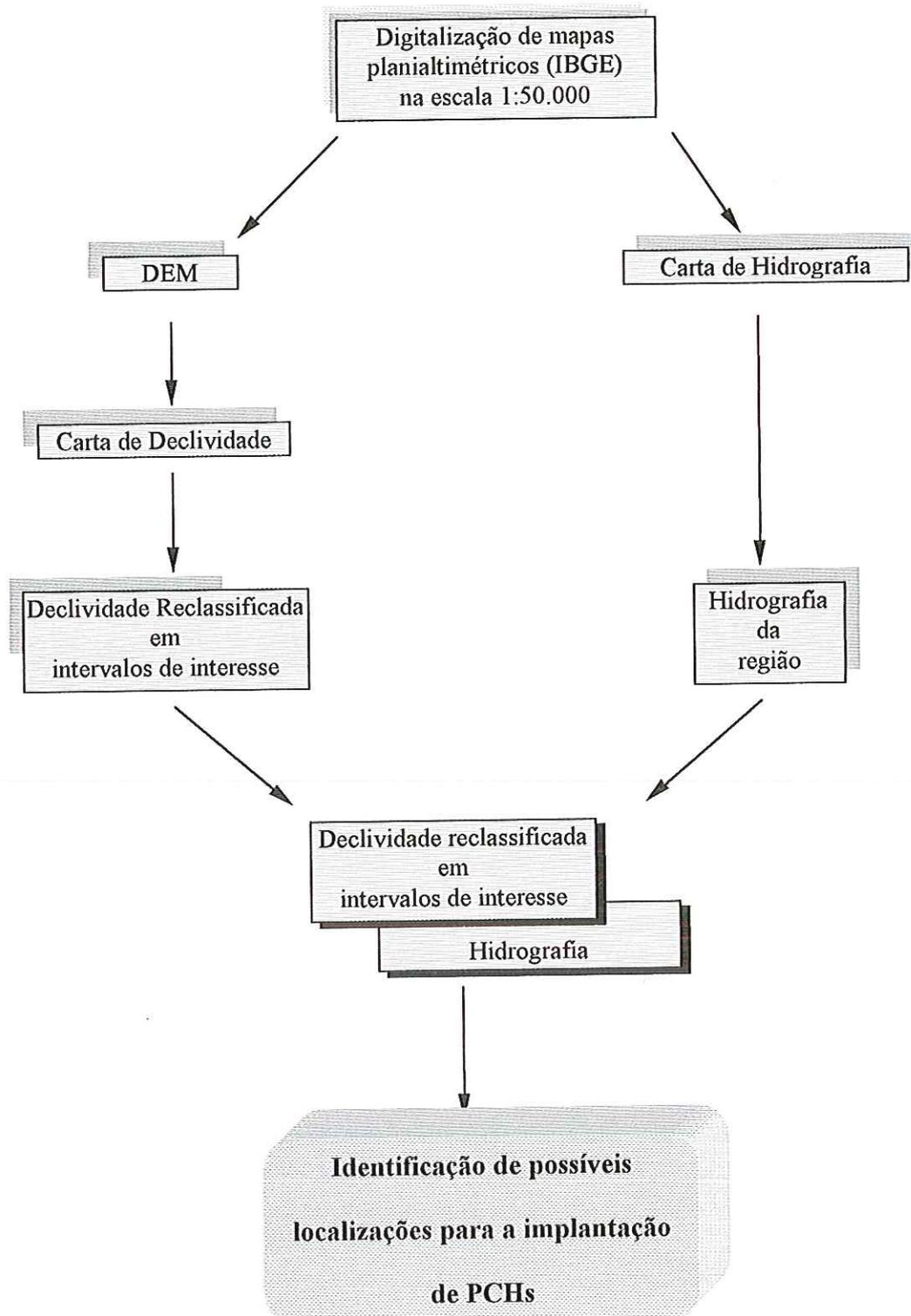


FIGURA 04: Identificação de localizações para a implantação de PCHs.

4.2.2 Verificação das possíveis cotas de inundação e determinação dos impactos decorrentes

A fim de garantir a implantação de pequenos empreendimentos hidrelétricos sob a ótica da sustentabilidade busca-se, por meio da verificação das cotas de inundação provenientes de diferentes alturas de barragens, critérios que levem em consideração não só a dimensão espacial, mas os limites ambientais, de forma a preservar o equilíbrio dos ecossistemas da região, bem como os interesses da sociedade local.

Para tanto, a partir da identificação dos eixos possíveis para a implantação de PCHs, determina-se uma área geográfica ao redor de cada um, de forma que abranja sua área de inundação quando da união das cotas paralelas mais próximas ao rio, de forma que simbolize seu barramento.

Determinadas estas áreas para cada eixo em separado, faz-se a digitalização dos fatores sócio-ambientais relevantes e mapeáveis para cada eixo, em escala mais compatível com os interesses do trabalho, como mostra a FIGURA 05.

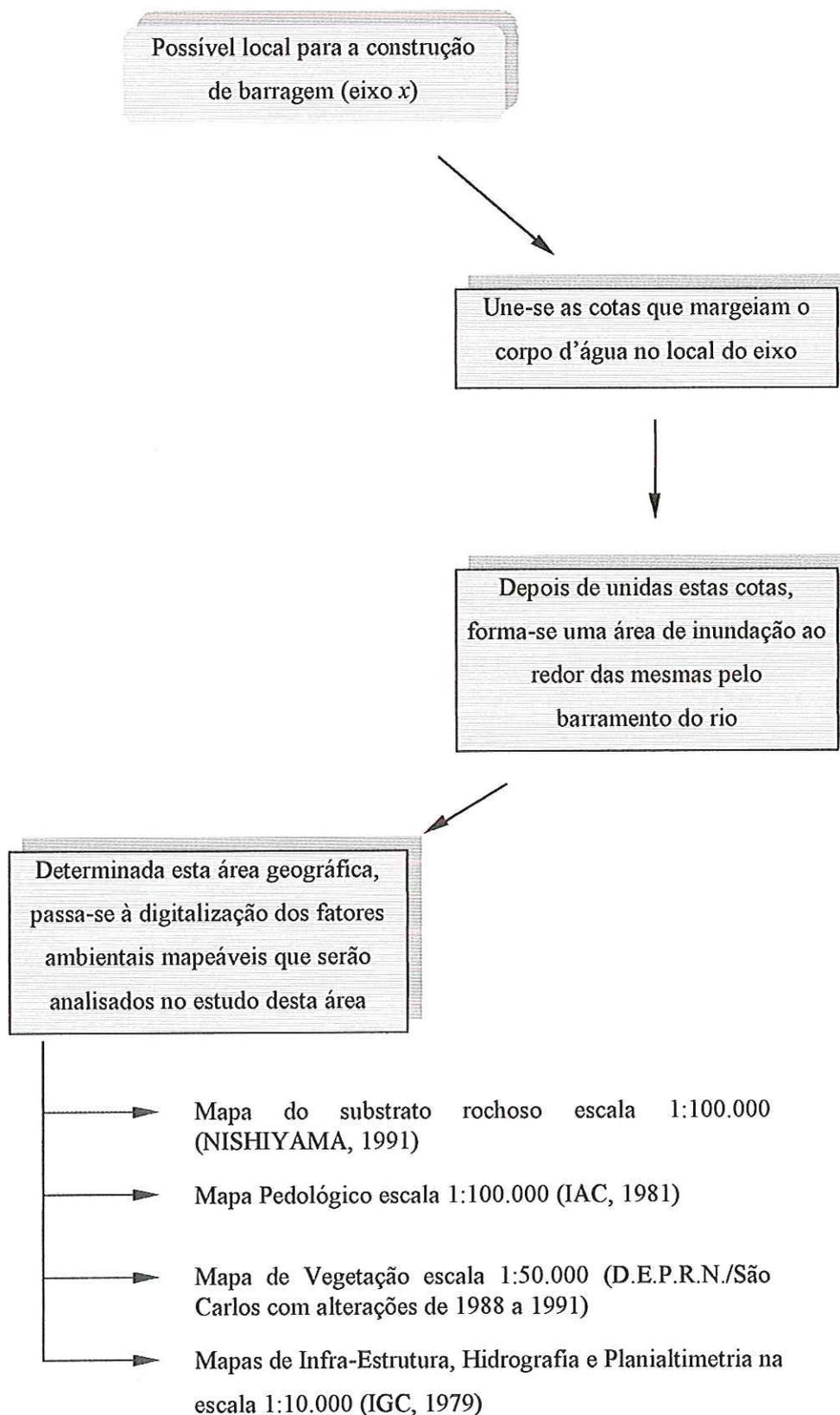


FIGURA 05: Determinação da área geográfica ao redor dos eixos para a implantação de PCHs.

Depois de digitalizadas as cartas temáticas, parte-se então para a verificação da área de influência direta em função da construção da barragem e de suas diferentes alturas para cada eixo, individualmente, seguindo os seguintes passos:

1. Para a construção de barragens, adota-se a união de cotas de mesmo valor paralelas ao eixo;
2. Para se obter as diferentes alturas de barragens, faz-se a subtração do valor das cotas unidas para a formação da barragem, do valor da cota em que se encontra o corpo d'água no local do eixo;
3. Definida as diferentes alturas de barragens compatíveis com o local (10, 15, 20, 30m), faz-se a reclassificação do *DEM* da área, utilizando-as como base para definição dos intervalos de classes desejados;
4. Obtida a imagem resultante desta reclassificação baseada na diferentes alturas de barragens, mascara-se parte desta imagem exatamente no ponto possível para a construção da barragem;
5. Da mesma forma, com a carta de declividade da região reclassificada apenas com dois intervalos de classes (grau de inclinação do terreno acima e abaixo de 25%), mascara-se o outro lado do ponto da construção da barragem, de forma que esta e a imagem anteriormente citada sejam complementares;

6. Finalmente, por sobreposição destas duas imagens parcialmente mascaradas, porém complementares, obtém-se a imagem da área de inundação para diferentes alturas de barragens;

Baseando-se nesta imagem faz-se então a verificação da área de influência direta em função da construção de barragens e de suas diferentes cotas de inundação.

Quanto a determinação dos impactos decorrentes nos diferentes atributos ambientais estudados, a partir desta imagem de área de inundação, são adicionados vetores correspondentes às variáveis ambientais digitalizadas, construindo-se cenários de informações para cada atributo em separado, como demonstrado pela FIGURA 06.

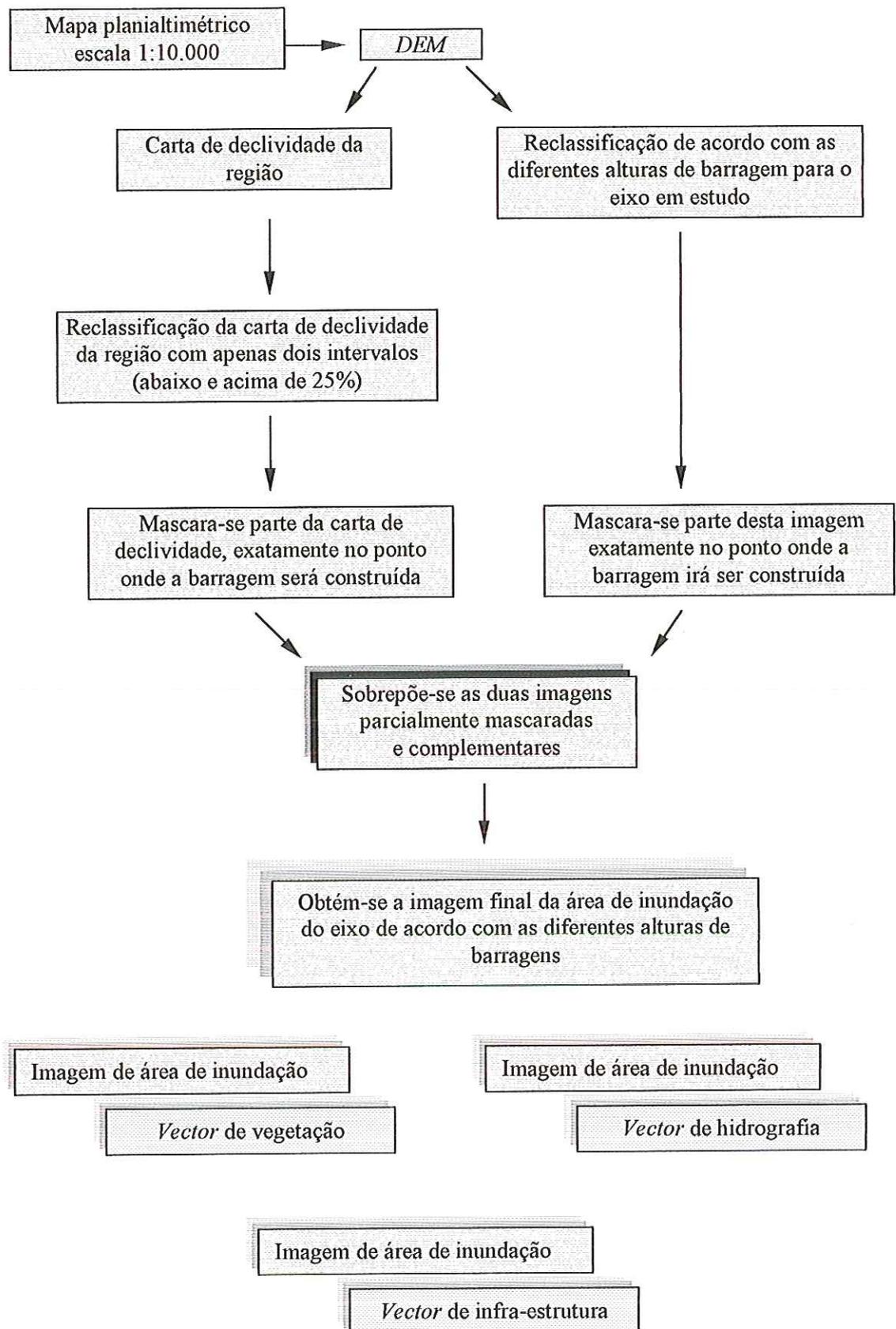


FIGURA 06: Verificação das possíveis cotas de inundação de acordo com as diferentes alturas de barragens.

4.2.2.1 Identificação de áreas suscetíveis ao desenvolvimento do processo erosivo na região

A suscetibilidade à erosão refere-se à vulnerabilidade da região à ocorrência de processos erosivos. Segundo BERTONI e LOMBARDI (1993), “a erosão é causada por forças ativas, como: as características da chuva, a declividade do terreno e a capacidade que tem o solo de absorver água, e por forças passivas, como a densidade da cobertura vegetal e a resistência que o solo exerce à ação erosiva da água”.

Nesse sentido, em relação à necessidade de serem identificadas áreas sensíveis à ocorrência do processo erosivo, visa-se a possibilidade deste provocar o assoreamento futuro do reservatório, bem como a proteção das instalações da central hidrelétrica e o comprometimento da água em qualidade e disponibilidade para os usos a que ela se propõe a ter na região.

Para tal estudo vale-se da ponderação utilizada por RANIERI (1996), segundo o qual, deve ser feita uma matriz de decisão indicativa do nível de suscetibilidade à erosão, a partir da interseção da Pedologia e da Declividade do Terreno, considerando-se o uso do solo como destinado a culturas anuais (o que representa uma situação desfavorável de proteção do solo). Baseadas nessa matriz realizam-se então superposições dos planos de informações representantes dos fatores considerados no processo, a fim de dimensionar a suscetibilidade à erosão verificada na região de estudo.

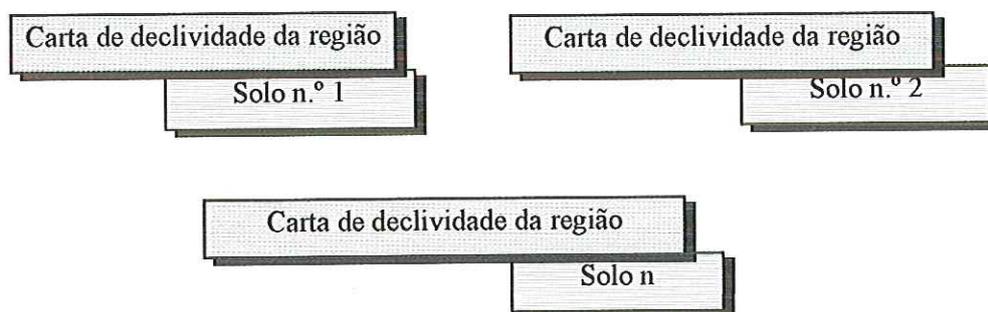
Para tanto, desenvolve-se as seguintes etapas:

1. Cada tipo de solo encontrado na região é individualizado em imagens binárias de maneira que o valor 1 representa o solo em destaque e 0 os solos restantes;



2. Paralelo a isso, gera-se a carta de declividade na escala 1:10.000, para cada eixo identificado em separado, com intervalos menores e mais classes de interesse (0 - 2 %, 2 - 5 %, 5 - 10 %, 10 - 20%, acima de 20%);

3. Feita as imagens binárias e a carta de declividade da região, passa-se a superposição de cada tipo de solo individualizado com a carta de declividade;



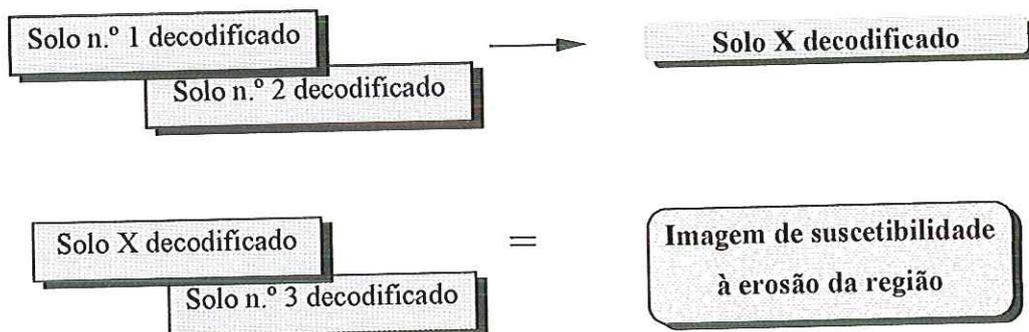
4. Após esta superposição, faz-se a matriz de decisão para cada tipo de solo, tomando-se como base a TABELA 07 e sua posterior reclassificação;

TABELA 07: Matriz de decisão para determinação de suscetibilidade à erosão.

<i>Decliv.</i>	0 - 2 %	2 - 5 %	5 - 10 %	10 - 20%	≥ 20%
<i>Pedolog.</i>					
Areia Quartzosa	Média	Média	Alta	Muito Alta	Muito Alta
Latossolo Vermelho Amarelo	Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Latossolo Vermelho Escuro	Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Latossolo Roxo	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Solos Litólicos	Alta	Alta	Muito Alta	Muito Alta	Muito Alta

Fonte: Adaptado de RANIERI (1996).

5. Após todas as imagens binárias terem sido decodificadas com base na TABELA 07, finalmente estas são superpostas duas a duas até que a área analisada seja totalmente completada.



Capítulo 5

RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÕES

5.1 Identificação de possíveis localizações de PCHs

Inicialmente, situando-se no contexto de que o planejamento da ocupação de uma PCH em determinado espaço geográfico deve basear-se no reconhecimento da potencialidade e fragilidade do meio frente à especificidade da obra. Determina-se, quanto a potencialidade hidráulica da região para a implantação desse tipo de empreendimento, dois eixos possíveis para a localização da barragem como demonstrado na FIGURA 07.

Como no caso de empreendimentos hidrelétricos, os parâmetros utilizados para sua localização são definidos em função da Queda (H) e da Vazão (Q), busca-se neste trabalho apenas pontos que possuam significativa inclinação no terreno e, adotando-se que a vazão seja a mesma em todos os pontos, aqueles que tenham uma área de drenagem relativamente extensa (medida em km^2).

Neste sentido, o primeiro eixo localiza-se no Ribeirão do Lobo, cujo grau de inclinação do terreno excede a 25% e possui uma bacia de contribuição de $236,07 \text{ km}^2$ (FIGURAS 08 e 09). E o segundo, situado no Ribeirão do Laranja Azeda, também com a inclinação do terreno superior a 25% e com a área da bacia de contribuição sendo de $100,25 \text{ km}^2$, conforme as FIGURAS 10 e 11.

ÁREA DE ESTUDO

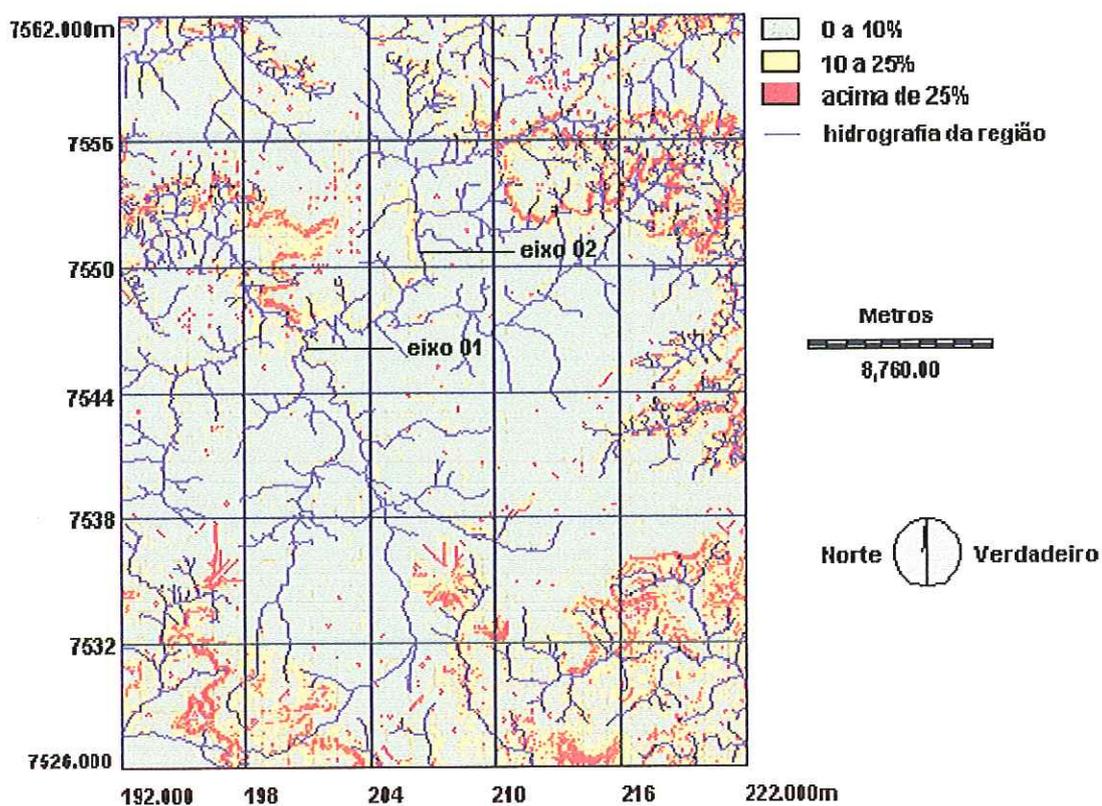


FIGURA 07: Carta de declividade do Alto da Bacia do Rio Jacaré-Guaçu com a hidrografia da região.

Identificação do eixo n.º 01 - Ribeirão do Lobo

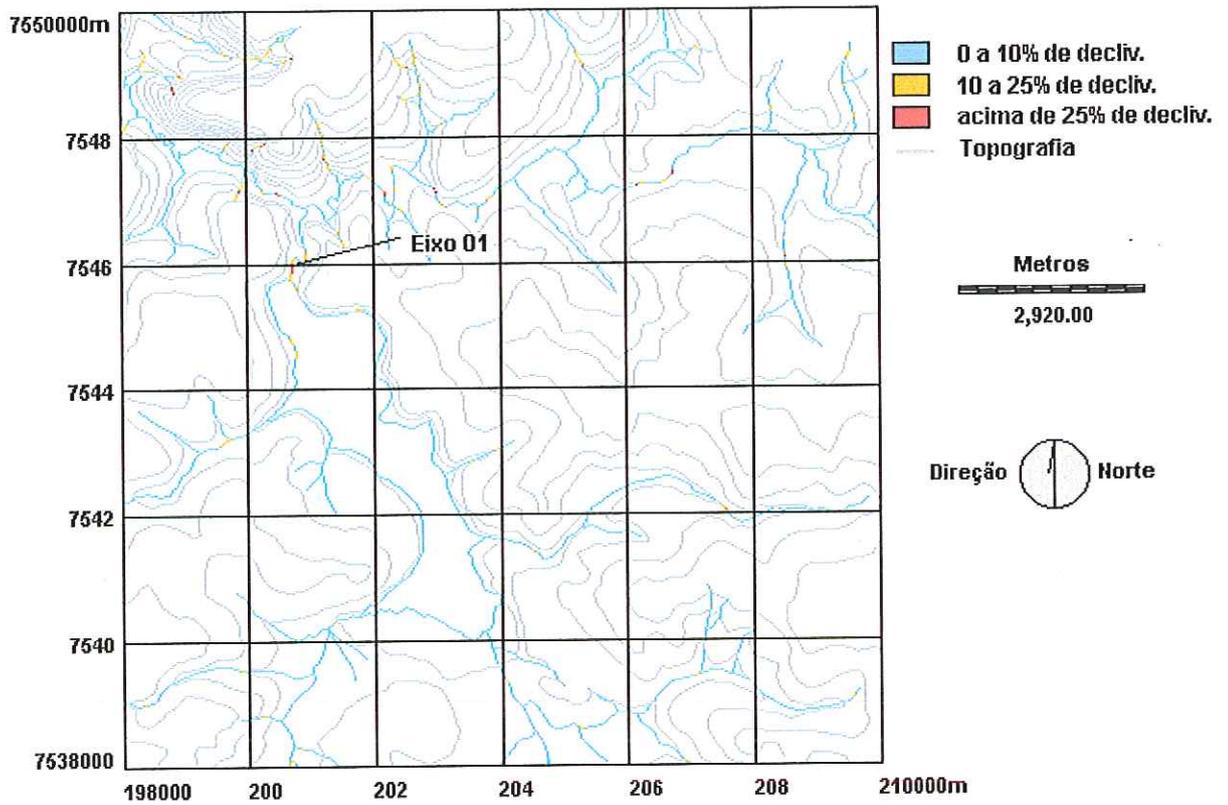


FIGURA 08: Grau de inclinação do terreno acima de 25% para o eixo 01.

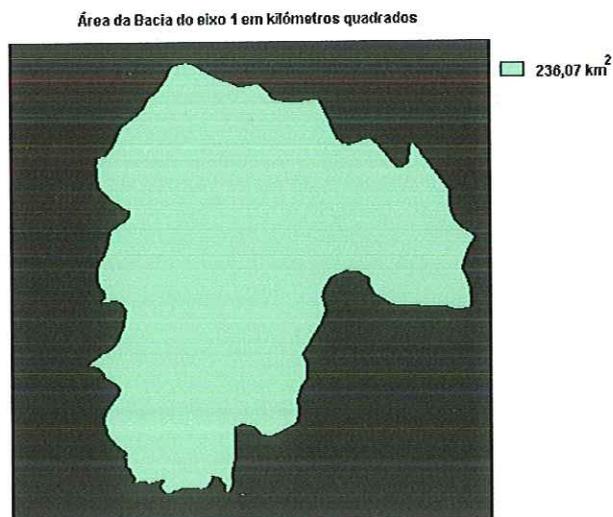


FIGURA 09: Área da bacia hidrográfica do eixo 01 em km².

Identificação do eixo n.º 02 - Ribeirão do Laranja Azeda

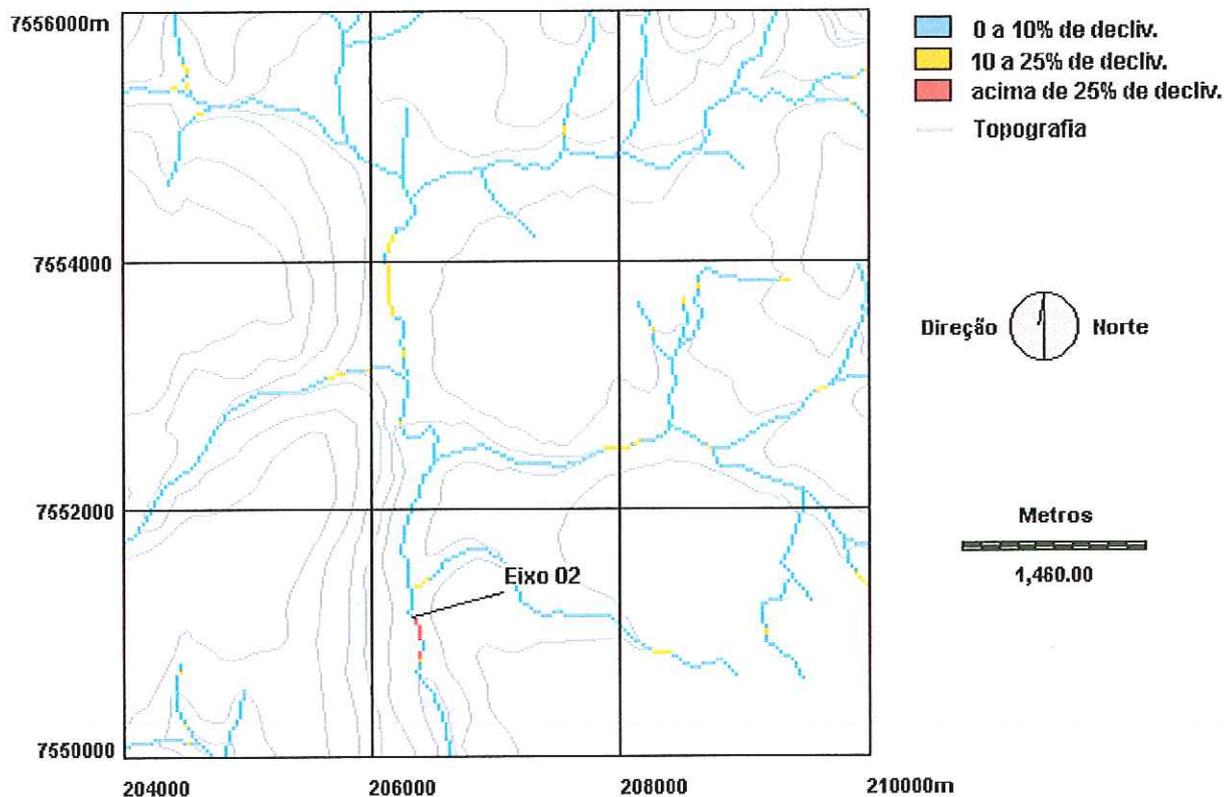


FIGURA 10: Grau de inclinação do terreno superior a 25% para o eixo 02.

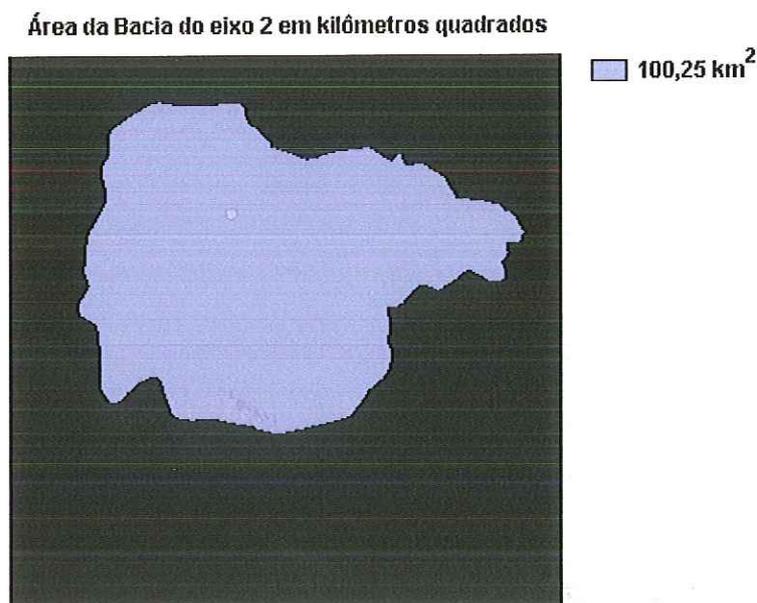


FIGURA 11: Área da bacia hidrográfica do eixo 02 em km².

5.2 Determinação dos impactos decorrentes com a implantação de PCHs na região

Como a ausência de informações impede a administração e o gerenciamento, somente após a caracterização ambiental, determinando-se as vocações e suscetibilidades naturais que a região passa a ser conhecida, permitindo que as potencialidades sejam exploradas, respeitando os limites de qualidade e a capacidade suporte do meio.

Dessa forma, partindo-se do pressuposto potencial hidráulico da região, discuti-se a viabilidade ambiental desse potencial, analisando-se a fragilidade da área frente aos possíveis impactos causados nos seus aspectos sociais e ambientais.

Nesse contexto, para cada eixo encontrado são apresentados os parâmetros que norteiam a análise e identificados os impactos causados com a construção da barragem para geração de energia hidrelétrica, de acordo com suas diferentes alturas e sua área de influência nos meios físico, biológico e antrópico respectivamente, como demonstrados a seguir:

Fatores Abióticos - Meio Físico

Para que haja conciliação entre o desenvolvimento e a qualidade ambiental desejada pela sociedade, o conhecimento das características do meio ambiente e das atividades a serem implantadas é o princípio de tudo. Sendo assim, a partir de uma

listagem de controle simples para o meio físico (segundo página 57, TABELA 04) e comparando-os com a área de estudo em questão, chega-se aos seguintes resultados:

⇒ *Impactos sobre as condições climáticas*

As características do empreendimento não implicam na formação de lagos que facultem a introdução de variações no comportamento climático local ou regional. Esse é um impacto potencial característico de grandes reservatórios.

⇒ *Aumento da quantidade de material particulado na atmosfera*

Na fase de implantação das usinas a ampliação sensível do tráfego de veículos pesados, a movimentação de terra, areia e de outros materiais e, eventualmente, a instalação de uma central de britagem serão responsáveis pela emissão de particulados à atmosfera. Neste caso será um impacto reversível e de média duração - enquanto existirem atividades responsáveis pela emissão de particulados. A área de abrangência será, provavelmente, restrita ao entorno das estradas e proximidade dos canteiros de obras.

Este impacto também refere-se no meio antrópico, podendo redundar em incômodos à população local.

⇒ *Problemas com a geologia, geomorfologia e pedologia local*

De acordo com o Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas - ELETROBRÁS - DNAEE (1982), uma vez tratando-se de pequenos aproveitamentos, as investigações geológicas devem ser feitas de modo expedito, com pouca ajuda de instrumentos, baseando-se essencialmente na observação e no bom senso.

Partindo-se então desse pressuposto, observa-se que a conformação topográfica local apresenta aclives marginais ao rio e aos locais dos futuros lagos (FIGURAS 12 e 13), cuja camada superficial é constituída por solos estáveis do tipo Latossolo Roxo (FIGURAS 14 e 15 e TABELA 08), assentados sobre basaltos da Formação Serra Geral (Magmatitos Básicos Intrusivos) ou da Formação Botucatu (FIGURAS 16 e 17), os quais não apresentam empecilhos a este tipo de empreendimento.

Quanto a Formação Botucatu, constituída de arenitos, muito provavelmente no local do barramento, esta deve-se encontrar na forma silicificada, tendo em vista ser uma região de contato com os Magmatitos Básicos Intrusivos da Formação Serra Geral (LIPORACI,1999)¹⁵.

¹⁵ LIPORACI, S. (1999). Informações obtidas em conversas.

Conformação topográfica dos locais dos possíveis eixos

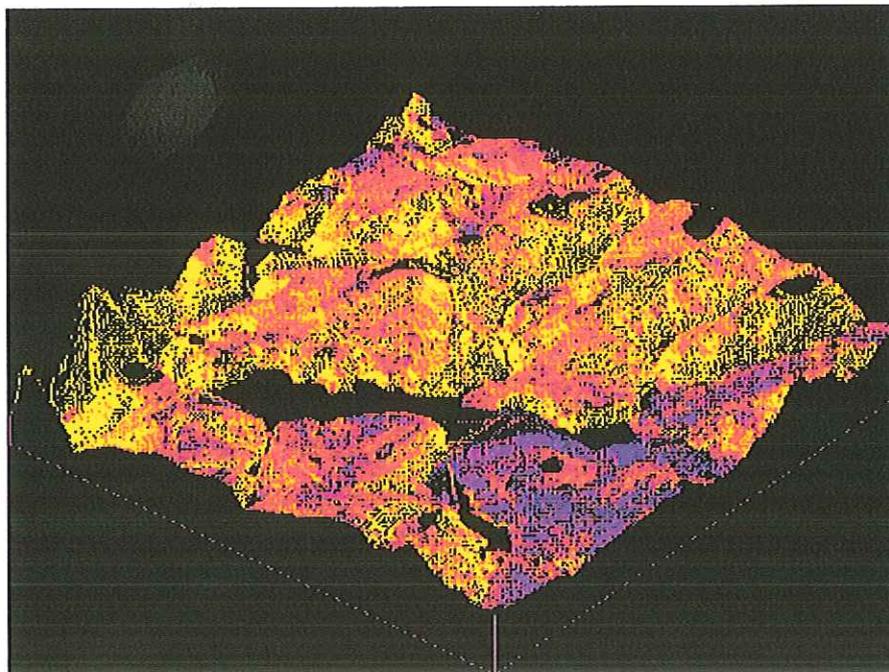


FIGURA 12: Visualização da área de entorno do eixo 01.

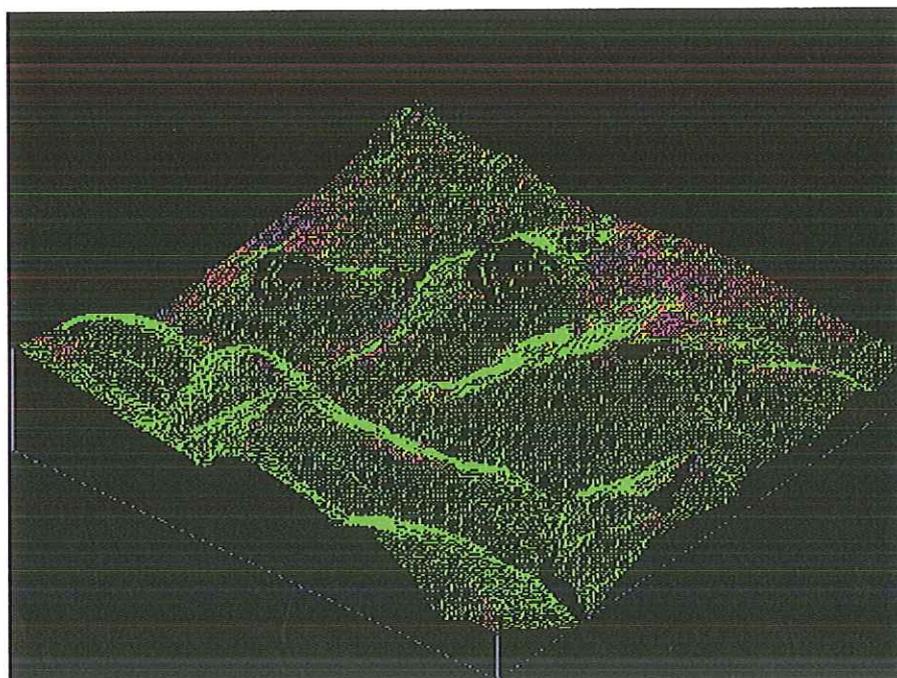


FIGURA 13: Visualização da área de entorno do eixo 02.

Pedologia local

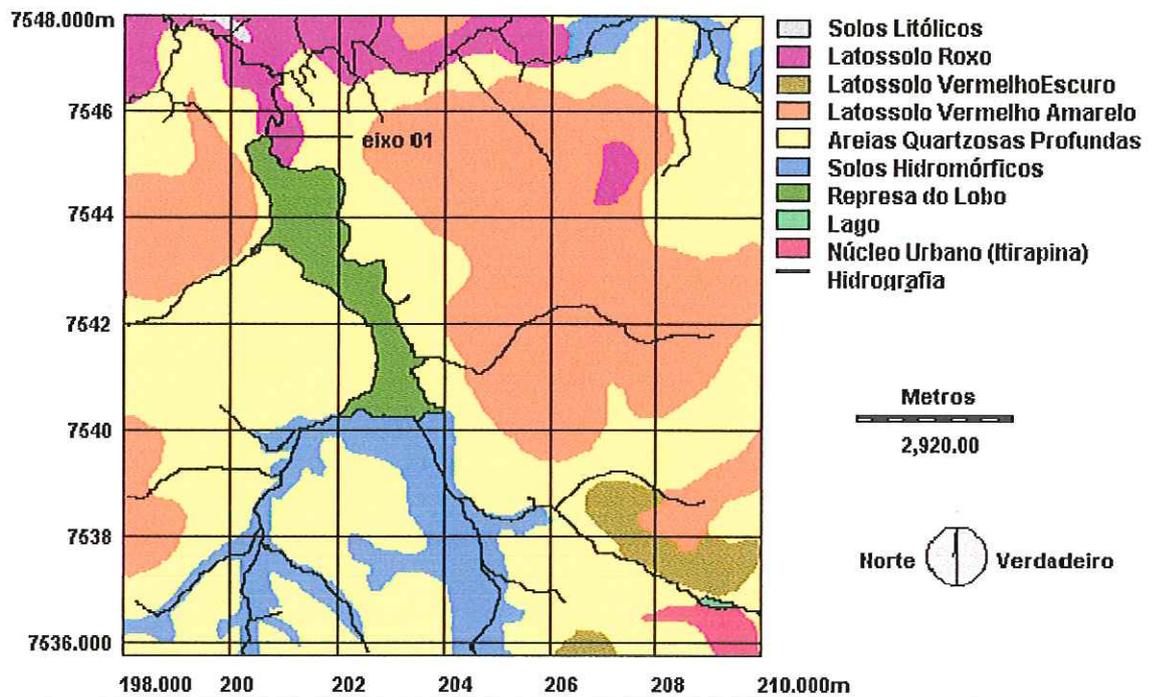


FIGURA 14: Carta pedológica do eixo 01.

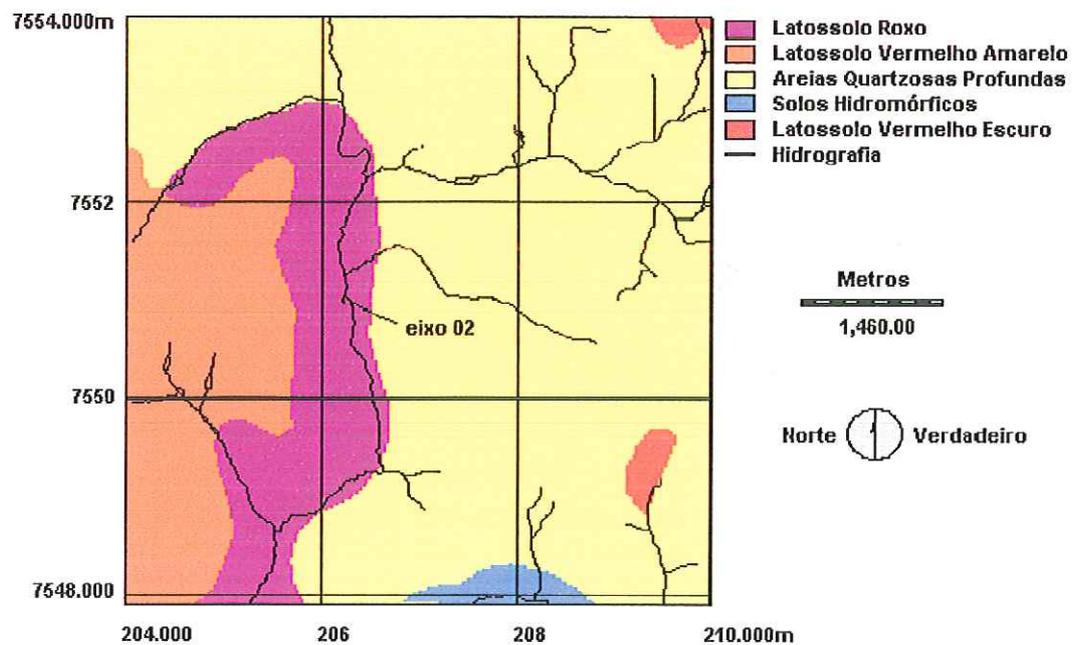


FIGURA 15: Carta pedológica do eixo 02.

TABELA 08: Relação dos solos encontrados e suas principais características.

<u>Solos</u>	<u>Principais características</u>
Latossolos Latossolo Roxo Latossolo Vermelho Amarelo Latossolo Vermelho Escuro	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Solos de coloração vermelha, alaranjada ou amarela; muito profundos (+ de 2m de profundidade); bastante porosos; textura variável; com argilas de baixa capacidade de troca de cátions; fortemente intemperizados, alta permeabilidade; bastante envelhecidos; estáveis. ↳ diferencia-se principalmente pelos elevados teores de óxido de ferro. ↳ ácidos, com delgada camada orgânica e baixa fertilidade natural. ↳ solos que ocorrem normalmente em relevo plano a suavemente ondulado.
Solos Podzólicos	↳ Solos de regiões florestais de clima úmido, perfis bem desenvolvidos, profundidade mediana, moderadamente ou bem intemperizados e diferenciação marcante entre os horizontes.
Solos Hidromórficos	↳ Solos normalmente de baixadas inundáveis sujeitos à saturação hídrica temporária, geralmente planos, pouco profundos e altos teores de matéria orgânica.
Solos Litólicos	↳ Solos bastantes rasos, de fertilidade natural variáveis dependendo do material de origem, bastante permeáveis e ácidos
Arcias Quartzosas	↳ Solos minerais areno-quartzosos com porcentagens de areia superiores a 80%, profundos, acentuadamente drenados, ácidos, de baixa fertilidade natural, baixos teores de matéria orgânica.

Fonte: Adaptado de LEPSCH (1976); RESENDE *et al.* (1988).

Sendo que no local dos possíveis eixos para a construção de barragens, por se apresentarem em solo do tipo Latossolo Roxo, a pequena coerência do material do solo e a grande profundidade facilitam bastante os trabalhos de engenharia e fazem com que esses sejam ótima fonte de matéria-prima para barragens de terra (LEPSCH, 1976).

Conformação do substrato rochoso

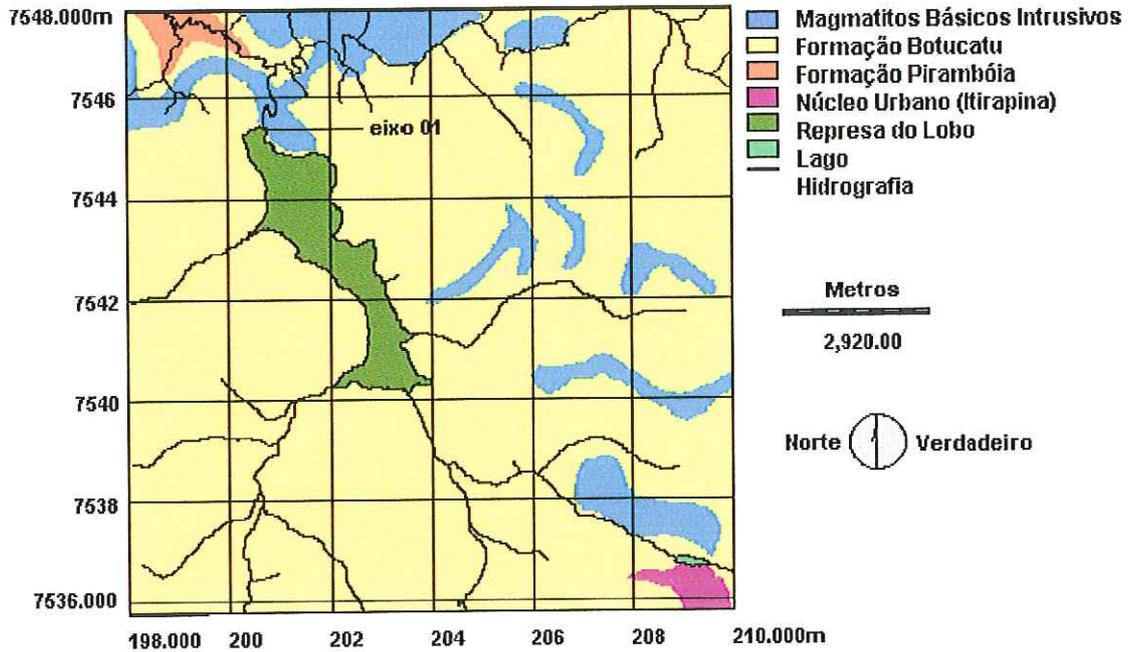


FIGURA 16: Carta de substratos rochosos do eixo 01.

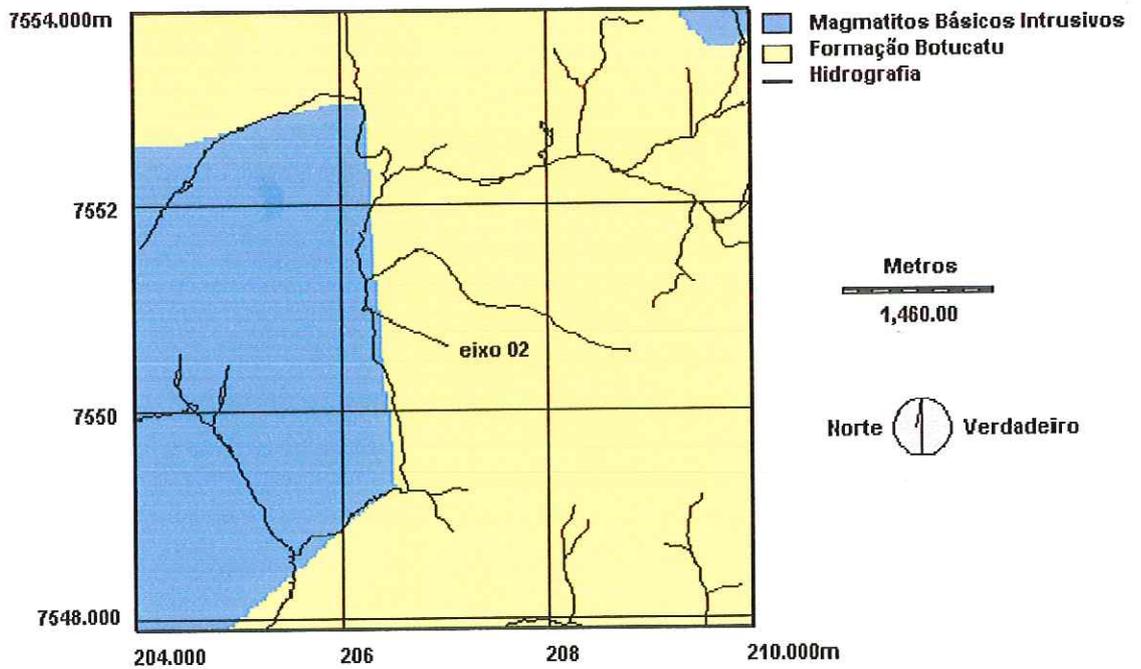


FIGURA 17: Carta de substratos rochosos do eixo 02.

⇒ Identificação de áreas suscetíveis ao desenvolvimento do processo erosivo

No escopo do presente trabalho, a análise de suscetibilidade à erosão situa-se num contexto de preocupação com a possibilidade deste provocar o assoreamento futuro do reservatório, bem como a proteção das instalações da central hidrelétrica e o comprometimento da água em qualidade e disponibilidade para os usos a que ela se propõe a ter na região.

Nesse sentido, medidas preventivas podem ser estabelecidas como, a implementação de ações que evitem a intensificação do processo erosivo, ou por influência de ações antrópicas ou por causas naturais, permitindo, também, a instituição de regulamentos que protejam as áreas frágeis.

Sendo assim, para a área em questão, fazendo-se a carta de suscetibilidade à erosão de cada eixo em separado, observa-se em especial nas proximidades das áreas de inundação dos eixos, que o potencial erosivo pode ser caracterizado como Médio; Médio a Baixo para o eixo do Ribeirão do Laranja Azeda (eixo 02) e de Médio a Alto para a Represa do Lobo (eixo 01).

Essas informações estão contidas nas FIGURAS 18 e 19 e são de grande utilidade para a orientação do planejamento da ocupação na região. As áreas classificadas com potencial Alto ou Muito Alto, por exemplo, devem ser preservadas ou só ocupadas desde que se utilizem técnicas para aumentar a resistência do solo ou diminuir as forças do processo erosivo.

O desenvolvimento de cobertura vegetal do tipo mata ciliar no entorno do reservatório, por exemplo, pode ser uma solução, a medida que protege o solo do impacto da chuva, melhora a sua estrutura e diminui a velocidade do escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

Suscetibilidade ao desenvolvimento do processo erosivo

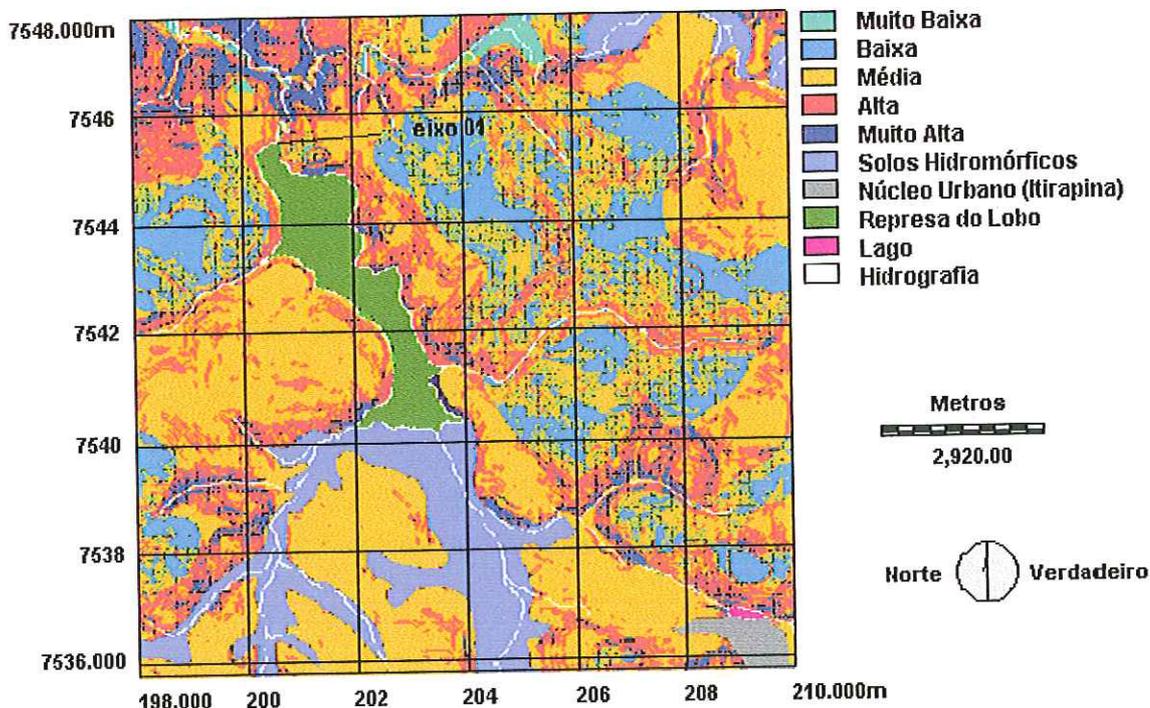


FIGURA 18: Carta de suscetibilidade à erosão do eixo 01.

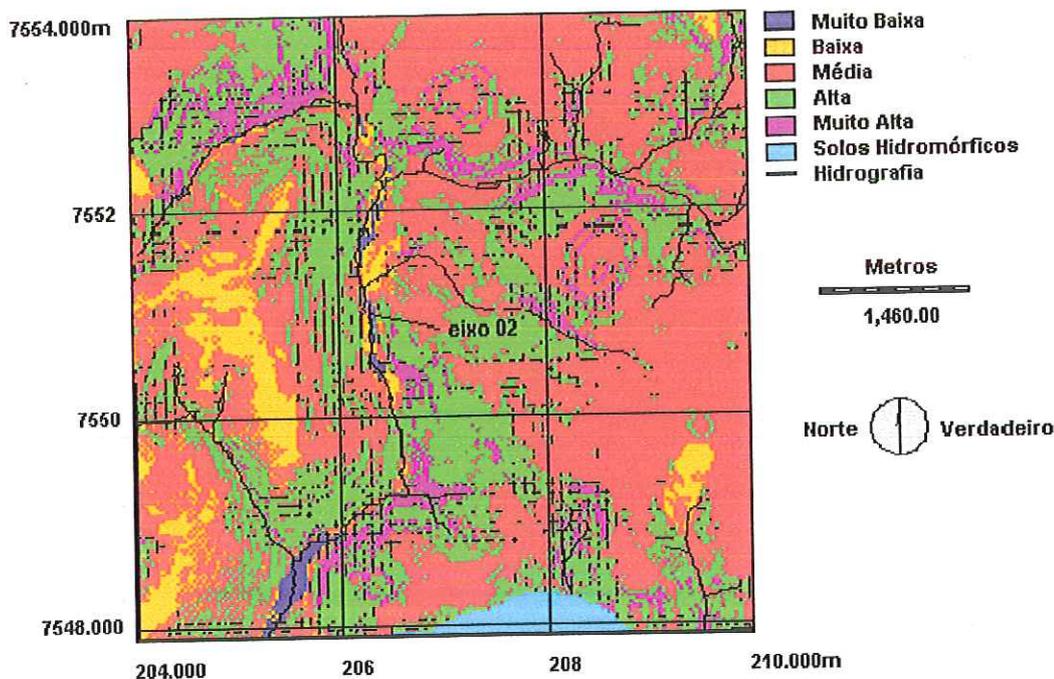


FIGURA 19: Carta de suscetibilidade à erosão do eixo 02.

5.2.1 Verificação das possíveis cotas de inundação e identificação dos impactos decorrentes

A viabilidade sócio-ambiental de qualquer empreendimento deverá se traduzir em um balanço satisfatório entre os objetivos do Setor e as expectativas e necessidades da sociedade. Em se tratando de empreendimentos hidrelétricos, torna-se imperioso garantir a disponibilidade hídrica quantitativa e qualitativamente não só aos objetivos da atividade, como também, as necessidades a que esta se propõe na região.

As águas represadas acumulam os sólidos carregados pelos rios, que sedimentados tendem a tornar as águas mais límpidas. Por outro lado, um projeto inadequado (sem um programa de monitoramento) pode rapidamente ver sua vida útil reduzida pelo assoreamento do reservatório. Bem como, as águas represadas acumulam sais e nutrientes, podendo favorecer os fenômenos de salinização e eutrofização do meio.

Nesse sentido, ao se barrar um corpo d'água com a conseqüente formação de um reservatório, deve-se priorizar o seu aproveitamento múltiplo inserido em um sistema de gestão ambiental com suporte legal (Lei Federal n. 9.433 de 08/01/97).

Esse sistema de gestão deverá definir as atuações dos envolvidos com a questão, promover o gerenciamento descentralizado dos recursos naturais e o rateio dos custos não só com a obras, mas também com ações de proteção, recuperação e conservação dos recursos em toda a bacia hidrográfica, sendo esta a unidade de básica de estudo.

Verificação das cotas de inundação para diferentes alturas de barragens

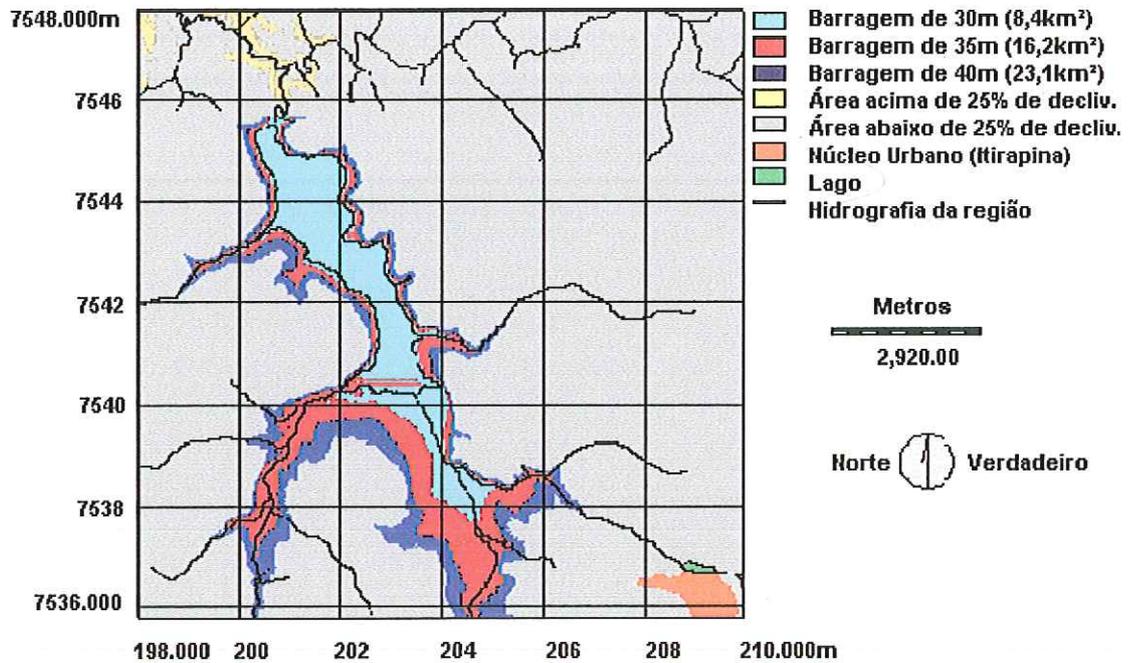


FIGURA 20: Área de inundação do eixo 01 com a construção da barragem.

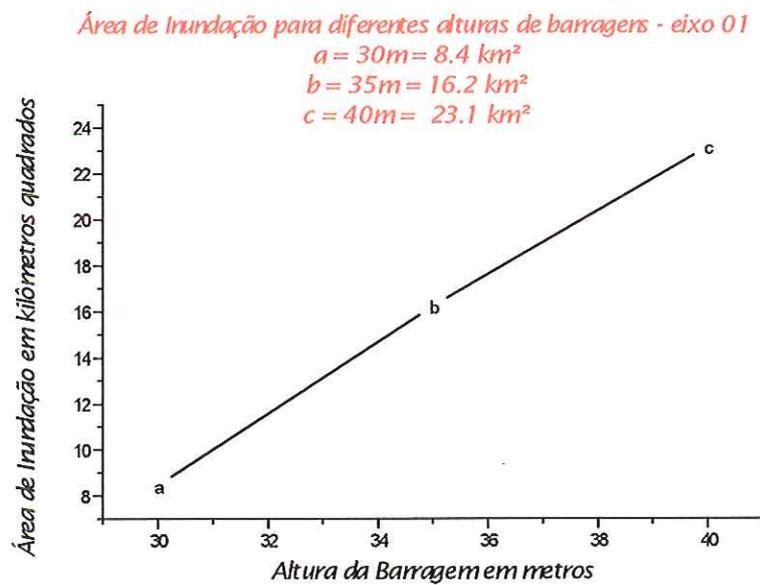


FIGURA 21: Gráfico referente à área de inundação do eixo 01.

Verificação das cotas de inundação para o eixo 02

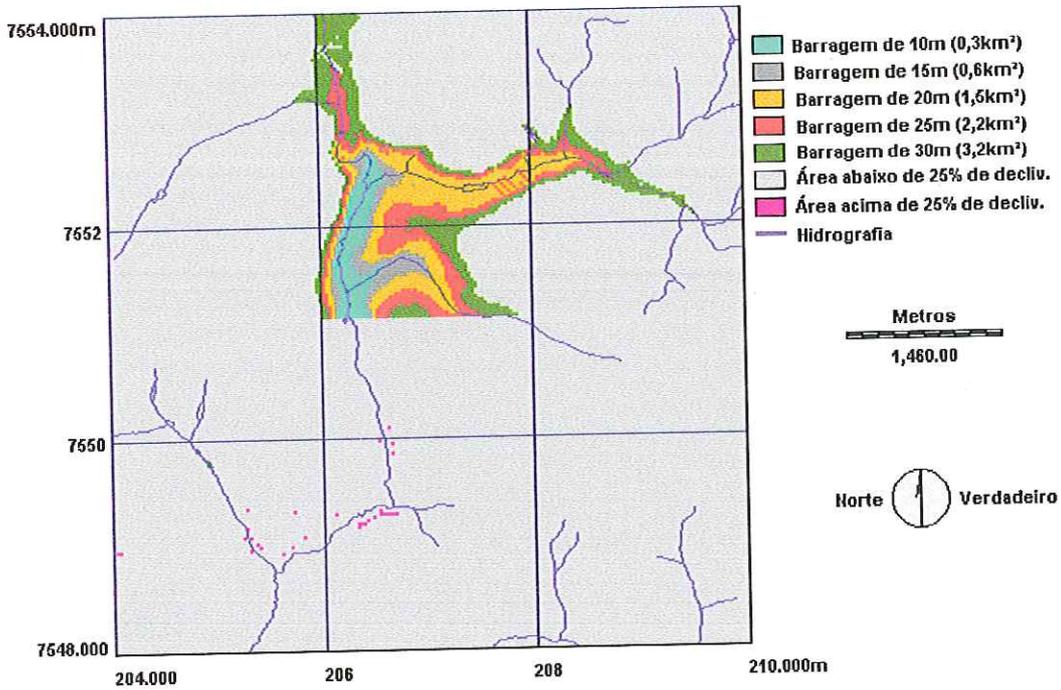


FIGURA 22: Área de inundação do eixo 02 com a construção de barragem.

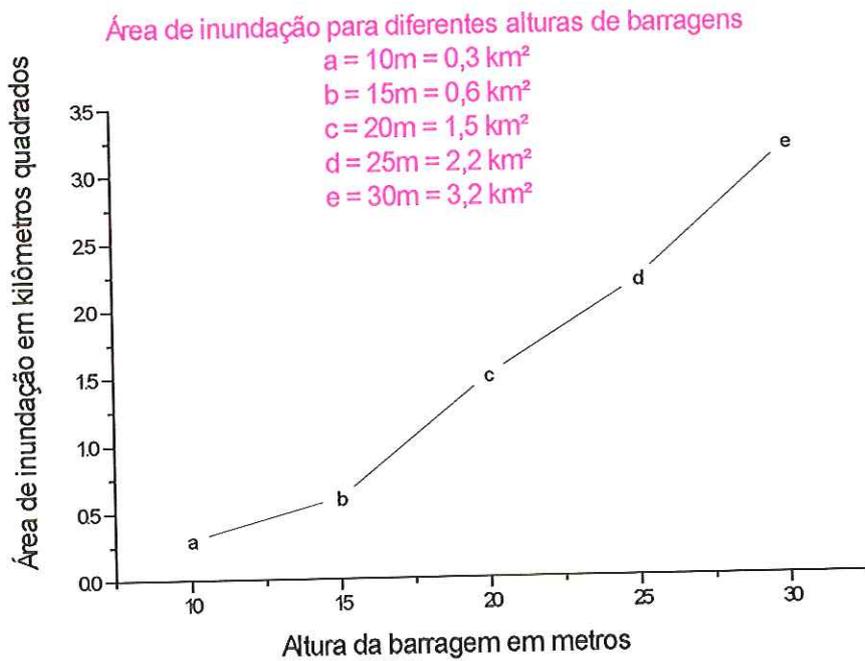


FIGURA 23: Gráfico referente à área de inundação do eixo 02.

⇒ *Elevação do lençol freático*

A não realização de avaliações por meio de modelos detalhados da evolução das linhas de fluxo subterrâneo no entorno dos reservatório permite apenas conclusões imediatas de que haverá uma elevação do lençol freático no local de cada lago, em proporção à cota da nova lâmina d'água.

Verificação das cotas de inundação e identificação dos impactos decorrentes nos fatores bióticos - Meio Biológico

O reconhecimento da potencialidade e fragilidade do meio frente às características e especialidades das atividades a serem implantadas inicia-se pela identificação e avaliação, em termos quantitativos e qualitativos, dos recursos e serviços existentes, antes da ocupação.

MACHADO (1995) afirma que a descrição inicial do local permitirá um mais justo juízo de valor entre as vantagens de se autorizar ou não o projeto. Se o estudo se detiver só nas modificações que o projeto irá acarretar, deixam-se de ter os elementos fundamentais de comparação entre o antes e o depois do projeto.

Inerente aos processos de planejamento do uso e ocupação do solo, a definição da localização de atividades baseia-se na inserção de variáveis ambientais nos processos de planejamento e tomada de decisões para o desenvolvimento regional, e estabelece bases para a implantação de um novo paradigma de planejamento, que busque o aproveitamento dos recursos naturais disponíveis, associado à manutenção de níveis aceitáveis de qualidade e quantidade dos mesmos.

Nesse sentido, a fim de garantir uma implementação que procure respeitar os limites ambientais, de forma a preservar o equilíbrio dos ecossistemas, faz-se a identificação dos impactos mais prováveis de empreendimentos hidrelétricos para o meio ambiente biológico, por meio de um *checlist* simples (segundo página 58 TABELA 05) e procede-se a análise de sua viabilidade na área e questão.

⇒ *Impactos sobre a fauna aquática*

O empreendimento em questão causará alterações no comportamento das espécies. Em primeira instância, pois haverá mudanças no meio aquático, passando de um ambiente lótico para um ambiente lêntico, gerando intensos desequilíbrios na estrutura físico-química e funcionalidade biológica do rio represado, impondo dessa forma, grandes ajustes na sucessão das comunidades bióticas. E em segundo, pois poderá haver a interrupção na migração de algumas espécies.

O reequilíbrio hidrobiológico, por sua vez, ocorrerá em ciclos com variações sazonais, dentro do princípios da sucessão ecológica, os quais envolverão mudanças na estrutura de espécies e processos da comunidade ao longo do tempo.

Contudo, quando não é interrompida por forças externas, a sucessão é bastante direcional e, portanto, previsível. Ela resulta da modificação do ambiente físico pela comunidade e de interações de competição e coexistência a nível de população; ou seja, a sucessão é controlada pela comunidade, muito embora o ambiente físico determine o padrão e a velocidade da mudança, muitas vezes limitando também a extensão do desenvolvimento.

⇒ *Decomposição da eventual biomassa submersa e impactos sobre a fauna terrestre*

A vegetação primitiva existente nesta região já foi muito dizimada, sobretudo pelo avanço da pecuária e subordinadamente pelas culturas canavieira e de citrus e a presença dos núcleos remanescentes não serão muito afetados pela inundação. Porém a redução de qualquer parte destes núcleos interfere qualitativa e quantitativamente na composição da fauna da área considerada.

Quanto menor a área restante da vegetação natural, mais importante é a sua preservação. O desenvolvimento de estudos faunísticos, por sua vez, fornecerão elementos básicos na avaliação de alterações ambientais, permitindo a elaboração do Plano de Manejo e Recuperação de Ecossistemas Degradados, além de contribuir para o conhecimento ecológico da área.

Área de vegetação inundada

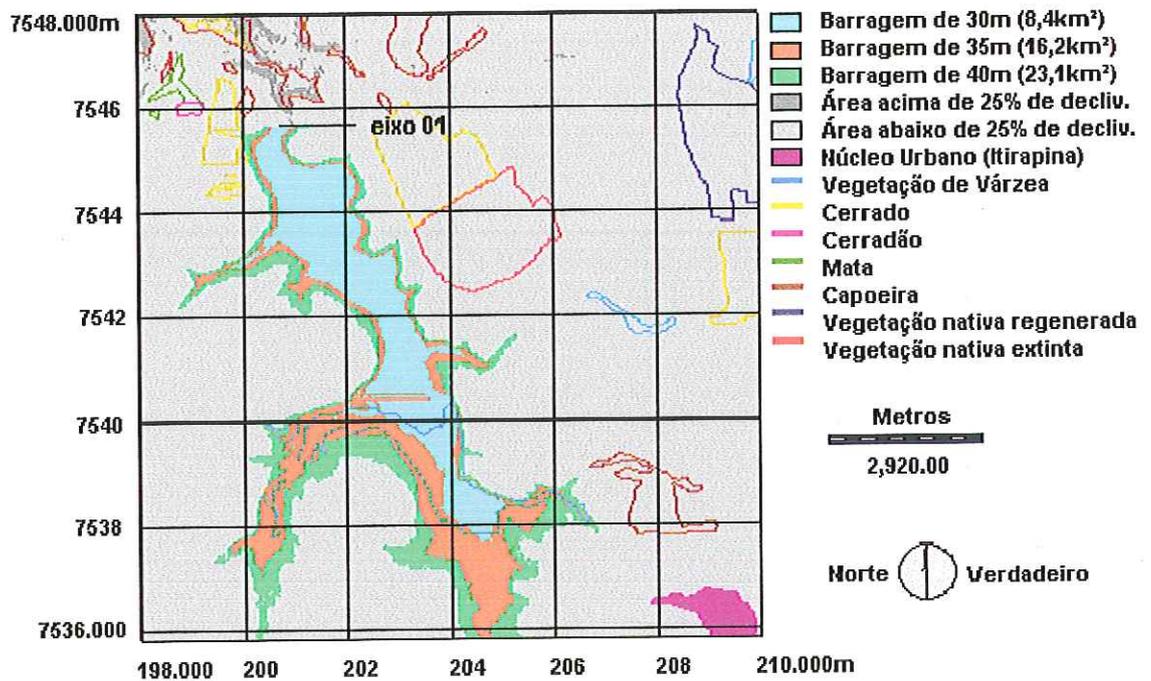


FIGURA 24: Vegetação inundada do eixo 01 com a construção da barragem.

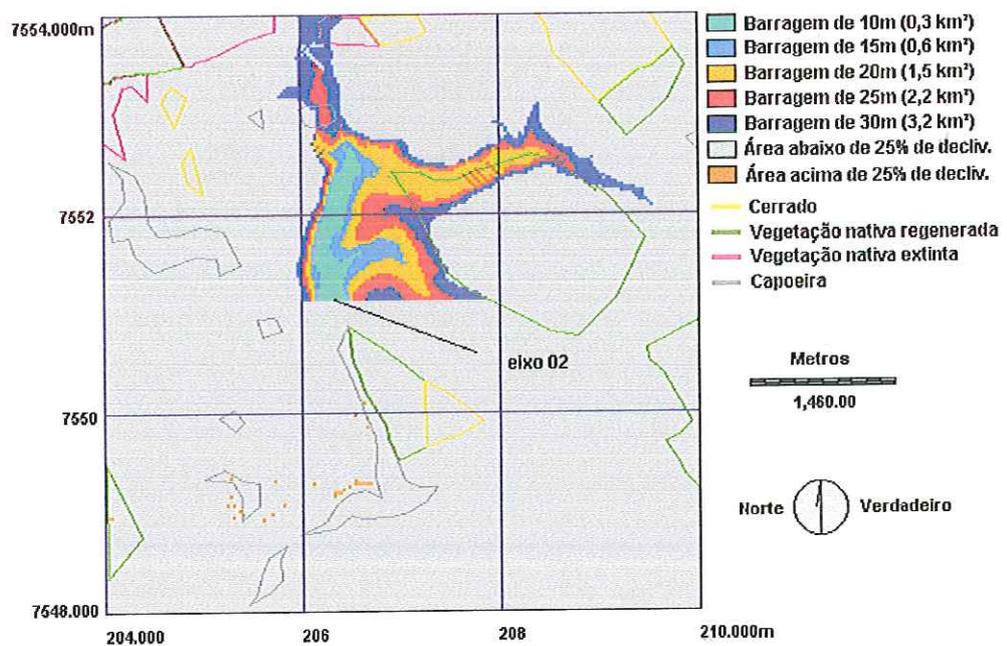


FIGURA 25: Vegetação inundada do eixo 02 com a construção da barragem.

⇒ *Redução de alimentos em função do desaparecimento da vegetação*

Para as espécies presentes nas manchas de vegetação, as fontes de alimento estarão restritas às áreas que não forem inundadas.

Verificação das cotas de inundação e identificação dos impactos decorrentes no meio antrópico

Diante da especificidade das diversas atividades econômicas e das particularidades ambientais, a definição da localização de uma atividade deve seguir critério próprios, uma vez que fatores ambientais relevantes para uma determinada atividade podem não representar importância para outras atividades com características diferentes.

No entanto, alguns pontos são comuns a qualquer processo de instalação de atividades, tais como: a caracterização ambiental, a identificação de áreas de preservação, o conhecimento do funcionamento da atividade, processos envolvidos, os possíveis impactos resultantes e suas abrangências, bem como contar com a participação da sociedade.

Nesse sentido, independentemente do local, a questão do meio antrópico deve ser contemplada, pois a implantação de atividades em determinado território repercute nas características, funcionamento e dinâmica das organizações espaciais.

Para tanto, com base em uma listagem simples (*checklist*) para os impactos mais frequentes de empreendimentos hidrelétricos - adaptada para PCHs apresentada

na página 58 - TABELA 06, faz-se a comparação e análise para os meios social, cultural e econômico e discute-se sua viabilidade para a região de estudo.

⇒ *Impactos sobre os núcleos populacionais e na demanda de serviços*

Como observados nas FIGURAS 29 e 30, a construção das barragens não serão responsáveis pelo alagamento de áreas urbanas, com a conseqüente expulsão de famílias da área de inundação para a formação do reservatório. Porém, como no caso da Represa do Lobo, poderá acarretar mudança no comportamento sócio-cultural da área afetada, com a possibilidade da criação de um centro de lazer.

A implantação de centros de lazer e turismo pretende contribuir para o desenvolvimento de um futuro plano turístico de caráter regional, no qual os reservatórios desempenharão papel fundamental. Essa proposta consiste em conciliar a divulgação do patrimônio cultural (histórico, costumes, paisagem natural, etc.) com o lazer, proporcionando diversão e conhecimento para todas as classes sociais, mas principalmente para a população de baixa renda.

Contudo, caso haja a utilização dos reservatórios para a implantação de centros de lazer e turismo, deve-se antes analisar as condições de infra-estrutura local para ver se a região comporta o aumento demográfico, mesmo que este aconteça apenas aos finais de semana, para atender a demanda de serviços para a população migrante como: alimentação, higiene, serviços médico-hospitalar, entre outros.

⇒ *Impactos sobre a infra-estrutura regional*

Nesses casos, não serão atingidas pela inundação as rodovias estaduais e ferrovias, apenas algumas estradas secundárias, não pavimentadas que passam pela região.

Porém, quanto a deterioração das estradas, estima-se que o aumento do tráfego de veículos pesados durante a implantação da obra, acarretará prejuízo de sua qualidade. Contudo, é um impacto reversível na medida em que as estradas podem ser recapiadas.

⇒ *Impactos das PCHs sobre o desenvolvimento regional*

Embora não tenham por finalidade fornecer grandes blocos de energia, as PCHs podem proporcionar vantagens ao desenvolvimento regional quando comparadas com os aproveitamentos de grande porte, como: agilidade no processo decisório, menor demanda financeira e menor tempo de maturação.

Nesses casos também, sendo sua área de influência menor, não há necessidade de relocar grandes populações que residem no local do aproveitamento; fazendo com que a região sofra um impacto menor durante o período de construção da central, além de ser possível aproveitar tanto mão-de-obra quanto recursos da própria região.

No caso de aproveitamento múltiplo, além da redução do custo unitário da geração, em que cada investidor deverá contribuir com o investimento correspondente ao uso de que poderá tirar proveito, fazendo um rateio do custo total, outros tipos de benefícios ainda podem ser proporcionados, como: controle de cheias,

captação de água a jusante, diluição de efluentes, geração de energia, recreação, recuperação ambiental da bacia hidrográfica na qual se localiza, gerenciamento eficiente dos recursos hídricos por meio de uma gestão descentralizada, entre outros.

Infra-estrutura afetada pela construção da barragem

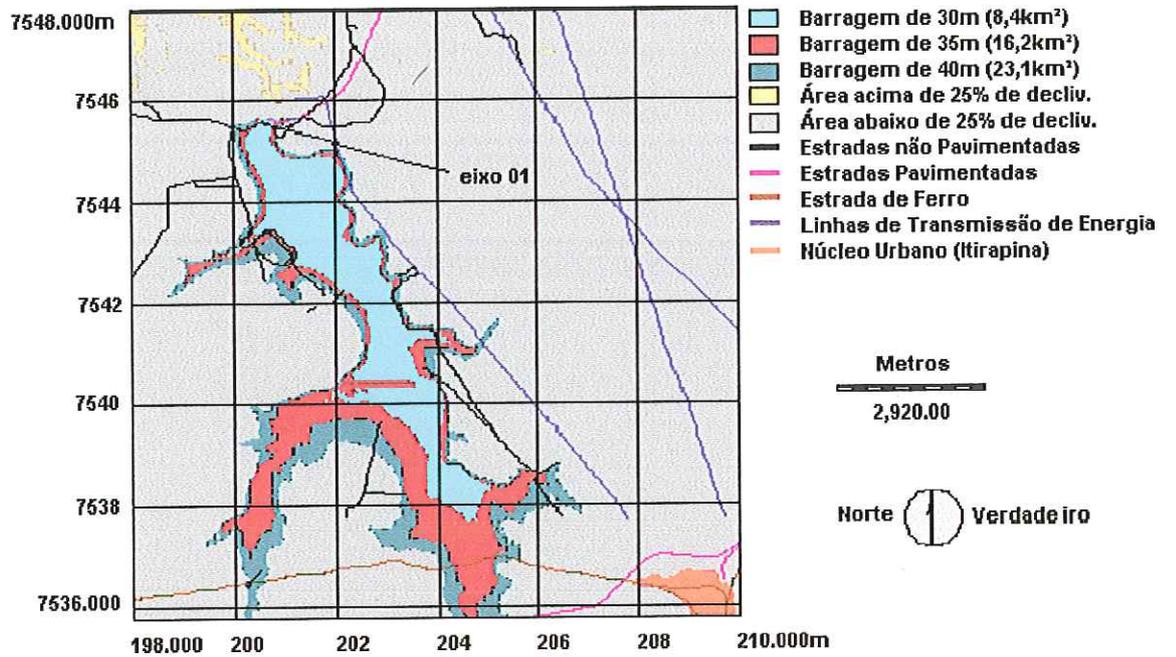


FIGURA 29: Impactos da inundação sobre a infra-estrutura do eixo 01.

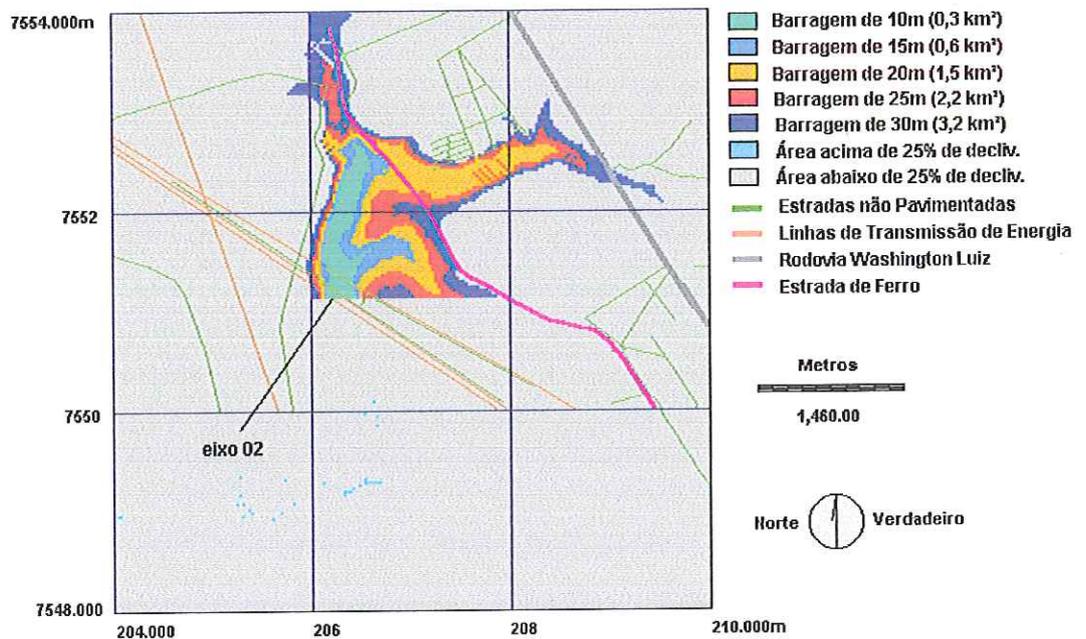


FIGURA 30: Impactos da inundação sobre a infra-estrutura do eixo 02.

Considerações Finais

Embora nos últimos anos tenham sido divulgados inúmeros métodos de avaliação de impactos ambientais, aplicados a diferentes tipos de projetos ou a determinados sistemas ambientais, é consenso que nenhum deles é passível de utilização generalizada.

Nesse trabalho, por exemplo, os impactos potenciais em cada meio (físico, biológico e antrópico) foram levantados por meio da identificação dos impactos mais frequentes de empreendimentos hidrelétricos, por meio de listagens de controle simples adaptadas para PCHs, e analisados basicamente em SIG, utilizando-se o componente *software* Idrisi 2.0, versão para ambiente *Windows*.

Nesse contexto, as informações obtidas por meio dessas cartas e documentos cartográficos básicos e derivados, produzidos e manipulados em SIG, fundamentaram a avaliação ambiental, fornecendo tanto as alternativas locais para a construção de barragens, como os limites da área geográfica a ser diretamente afetada pelos impactos.

Dessa forma, baseando-se nesse conjunto de informações, a área de estudo apresentou-se apta a implantação de pequenos aproveitamentos hidrelétricos em dois pontos:

- Ponto 01: eixo do Ribeirão do Lobo;
- Ponto 02: eixo do Ribeirão do Laranja Azeda.

Quanto ao eixo do Ribeirão do Lobo, o SIG serviu para uma confirmação da potencialidade da área para essa atividade, visto que a barragem de 30m já se encontra no local e a usina (Usina do Lobo) se encontra em funcionamento desde



1936, quando foi construída pela antiga Central Elétrica de Rio Claro S.A. (SACERC), atual Centrais Hidrelétricas de São Paulo (CESP), com o intuito de gerar energia elétrica para região.

Por outro lado, o eixo do Ribeirão do Laranja mostrou-se um ponto viável a implantação desse tipo de empreendimento, visto que a barragem e o futuro lago, seriam construídos em solos estáveis do tipo Latossolo Roxo, bons até como fonte de matéria-prima para a construção de barragens de terra; assentados sobre Magmatitos Básicos Intrusivos (Formação Serra Geral), os quais oferecem grande capacidade suporte a esse tipo de obra de engenharia.

Quanto a sua área de inundação, por ser um eixo com características de barragem encaixada, com aclives marginais ao rio, quando da construção da barragem com altura de 10 m, não serão atingidos núcleos urbanos, rodovias estaduais ou ferrovias, apenas estradas secundárias não pavimentadas as quais, a princípio, não caracterizam um impacto nocivo ao meio.

Com relação a vegetação de entorno, a implantação de uma barragem de 10m da altura, também não oferece resistência alguma no que tange a inundação dessas áreas. A menos que a barragem tenha uma altura superior a 20m, esta acarretaria perdas de vegetação nativa regenerada a qual, por se apresentar na região na forma de núcleo remanescente, é qualitativa e quantitativamente importante na preservação da composição da fauna local.

Porém, apenas por meio de estudos faunísticos é que serão fornecidos elementos básicos para o próprio conhecimento ecológico da área, com a real mensuração dos impactos com relação a fauna local.

Capítulo 6

CONCLUSÕES

A construção ou mesmo recuperação de uma PCH pode se constituir em alternativa para atendimento local das necessidades de energia elétrica, especialmente em micro-regiões não alcançadas pelos sistemas de transmissão ou de sub-transmissão das concessionárias de serviço público de eletricidade.

A PCH também, em função de diversas circunstâncias (operacionais, ambientais, de economia de combustível escasso e de outros investimentos), pode se apresentar como a alternativa energética mais conveniente e atraente do ponto de vista do investidor, tanto pelos atrativos institucionais (SINTREL), como pelo aparecimento das figuras do autoprodutor e do produtor independente de energia.

Para o mesmo, a decisão de construir ou recuperar uma PCH decorrerá, via de regra, de um atrativo econômico-financeiro (custos) ou da absoluta impossibilidade de abastecimento de energia elétrica a partir de outra alternativa.

Por outro lado, tendo em vista os problemas sócio-ambientais ocasionados por empreendimentos hidrelétricos, deve-se partir do princípio de um balanço satisfatório entre os objetivos do Setor - atendimento ao seu mercado ao menor custo possível - e as expectativas e necessidades da sociedade, considerando-se não só os segmentos sociais cuja demanda de energia elétrica será satisfeita, como também aqueles afetados diretamente por sua implantação (participação da sociedade).

Associadas às intervenções do Setor Elétrico em uma região, devem surgir oportunidades de implantação de ações de interesse regional ou extra-setorial, promovendo o aproveitamento das potencialidades e a melhoria da qualidade de vida local, como por exemplo, a possibilidade do múltiplo aproveitamento do reservatório garantindo a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade aos principais usos a que ela se propõe na região.

Contudo, para que a referida qualidade ambiental ocorra, propõe-se valer de um sistema de gestão desse ambiente com suporte legal, onde estejam definidas as atuações dos envolvidos com a questão, o gerenciamento descentralizado dos recursos naturais envolvidos, o rateio dos custos das obras, e finalmente, os programas de desenvolvimento dos municípios que levem em consideração as restrições impostas pelas leis de proteção ambiental como, por exemplo, Política Nacional do Meio Ambiente, Política Nacional dos Recursos Hídricos, Código Florestal, Resoluções CONAMA, entre outras.

Ainda nesse sentido, para que a implantação desses pequenos aproveitamentos seja feita sob a ótica da sustentabilidade, além da questão da espacialidade, da participação da sociedade é preciso, tanto quanto possível, observar a capacidade suporte do meio ambiente, de forma que o equilíbrio dos ecossistemas da região sejam preservados não só às atuais, mas também as futuras gerações.

Nos exames das variáveis relativas aos subsistemas físico, biótico, sócio-econômico e cultural é necessário não só contar com a contribuição de conhecimentos especializados oriundos das diversas disciplinas, como ainda garantir, tanto quanto possível, um tratamento integrado que permita também avaliar a

importância e a expressão relativa dos diferentes componentes dos subsistemas indicados.

Para esse tratamento integrado, de relevante importância neste trabalho foi a utilização do SIG como ferramenta de suporte no processo de tomada de decisão. Especialmente relacionado com os recursos naturais disponíveis na região, o planejamento da possível localização das PCHs envolve a consideração de um leque de informações ambientais e sócio-ambientais espacialmente distribuídas.

Uma vez que incorpora elementos fundamentais ao manuseio de informações espaciais, o SIG constituiu-se ferramenta valiosa para o gerenciamento de recursos naturais e a crescente utilização do SIG como ferramenta para o processo de tomada de decisões, no contexto do planejamento ambiental, vem refletir essa tendência.

Outro aspecto importante residiu na habilidade de representar espacialmente os recursos e elementos relevantes no contexto da decisão, dado que a informação de natureza espacial assume particular valor para as decisões.

Deficiências do trabalho

Em virtude do objetivo do estudo se dar na análise da viabilidade ambiental de se implantar PCHs na região, o trabalho:

- Não mensurou a vazão média anual do rio nos locais dos possíveis eixos para construção de barragens; e

- Por não mensurar a vazão, admitiu-se para o estudo que as centrais construídas na área seriam centrais de acumulação, pois se utilizariam de uma

barragem artificial para formar uma represa de acumulação de água para os períodos de estiagem.

Sugestões para trabalhos futuros

A partir das considerações desse trabalho, futuros trabalhos poderão ser feitos no sentido de:

- Quando da análise técnica e econômica do projeto, incluir a viabilidade ambiental de sua implantação, adotando-se a bacia hidrográfica como unidade de estudo;

- Fazer a análise limnológica no local dos possíveis eixos antes da construção da barragem, para uma melhor medida dos possíveis impactos com sua construção e identificação das espécies que, muito provavelmente, serão extintas com a mudança do ambiente lótico para lêntico;

- Promover um estudo faunístico da região com a identificação das espécies presentes antes da implantação da barragem, que acabe por permitir a elaboração de um Plano de Manejo e Recuperação de Ecossistemas Degradados, além de contribuir para um melhor conhecimento ecológico da área.

- Fazer uma melhor caracterização da potencialidade da região, estudando principalmente a vazão.

Capítulo 7**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L.G.; NETO, J.M. (1986).** Caracterização da Região de Cerrados. In: Solos do Cerrados - *Tecnologias e estratégias de manejo*. 1ª ed. Wenceslaw J. Goedert, São Paulo. Nobel; Brasília: Embrapa, Centro de Pesquisa Aprovecuária dos Cerrados, 1985.cap.2, 33 - 74.
- ALVARENGA, S. (1997).** *A análise das Áreas de Proteção Ambiental enquanto instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente: o caso da APA Corumbataí / SP*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ALVES, C.M.A. (1997).** *A ponderação dos fatores ambientais - com uso de sistema de informações geográficas - na localização de atividades econômicas e na cobrança pelo uso da água para irrigação*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ANDREOLI, C.V.; FERNANDES, F. (1996).** *Proposta Preliminar para uma abordagem metodológica do processo de revisão dos Estudos de Impacto Ambiental no Brasil*. In: *International Association for Impact Assessment - seção brasileira da IAIA*. v.1, n.2, p.7 -21.
- BAJAY, S.V.; WALTER, A.C.S. (1997).** *Barreiras à difusão da geração descentralizada no Setor Elétrico Brasileiro*. In: III CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENERGIA ELÉTRICA, Campos do Jordão, 1997. *Resumos*. São Paulo, UNESP. v.1, p.52.

- BARGUIL, S.R. (1998).** *Geoprocessamento aplicado ao monitoramento de Cerrado: Um estudo de caso da porção noroeste da APA Corumbataí (SP)*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BASTOS, R.K.X. (1998).** *Impactos da construção de centrais hidrelétricas relacionados com a água*. Pressupostos para a avaliação e proposição de medidas mitigadoras. In: 1º SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS. Poços de Caldas, MG.
- BERTONI, J.; LOMBARDI, F. (1993).** *Conservação do solo*. 3.ed. Icone, São Paulo.
- BISSET, R. (1987).** *Methods for Environmental Impact Assesment: A selective Survey with Case Studies*. In: BISWAS, A. K & GEPING, Q ed. (1987). *Environmental impact assesment for developing contries*. United Nations University.
- BRASIL. ELETROBRÁS. (1990).** *Plano diretor de meio ambiente do setor elétrico 1991/1993*. Rio de Janeiro.
- BRASIL. CESP. (1991).** *Aproveitamento múltiplo de Mogi-Guaçu: rateio de custo entre os principais objetivos do empreendimento*. São Paulo.
- BRASIL. DAEE. (1991).** *Primeira etapa dos estudos para implantação de obras de aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos na bacia do rio Camanducaia*. São Paulo.
- BRASIL. CESP. (1994).** *Programa de obras de geração da CESP*. São Paulo.

BRASIL. ELETROBRÁS. (1994). *Plano nacional de energia elétrica 1993-2015.* Rio de Janeiro.

BRASIL. (1995). Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. *Bacia do Piracicaba: estabelecimento de metas ambientais e reenquadramento dos corpos d'água.* São Paulo.

BRASIL. (1995). Consórcio intermunicipal das bacias dos rios Piracicaba e Capivari. *Plano de atuação e orçamento (gestão 95 - 96) e balanço atuação (gestão 93 - 94).* Americana.

BRASIL, Leis etc. (1995). Lei n.º 9.074 de 07 de julho de 1995. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 08 jul. 1995. Seção 1, p.1.

BRASIL, Leis etc. (1996). Decreto n.º 2.003 de 10 de setembro de 1996. Regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e Autoprodutor e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 11 set. 1996. Seção 1, p.1.

BRASIL. (1996). Comitê das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. *Implantação, resultados e perspectivas.* Campinas.

BRASIL. CESP. (1997). *Alternativa para o atendimento energético - Autoprodução de energia elétrica: uma opção econômica e segura frente à conjuntura atual do setor elétrico.* São Paulo.

BRASIL. ELETROBRÁS. (1997). *Plano decenal de expansão 1997/2006.* Rio de Janeiro.

- BURROUGH, P.A. (1986).** *Principles os Geographic Information Systems for land resource management.* Claredon press, Oxford, England.
- CAVALCANTI, C. (1995).** Sustentabilidade da Economia: paradigmas alternativos de realização econômica. In: CAVALCANTI, C., org. *Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável.* São Paulo. Cortez; Recife - PE: Fundação Joaquim Nabuco. Parte I, Cap.9, p.153 - 174.
- CERUCCI, M. (1998).** *A análise da eficácia do EPIA quanto a aplicação de metodologias para a localização de empreendimentos.* São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- CETESB. (1994).** Compêndio de Legislação Estadual - São Paulo.
- CETESB. (1994).** Compêndio de Legislação Federal.
- EASTMAN, J.R.(1992).** *IDRISI - User's Guide.* Worcester, Clark University.
- EASTMAN, J.R. (1997).** *Idrisi for Windows: user guide version 2.0 .* Clark University.
- ELETROBRÁS. (1982).** *Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas.* DNAEE.
- ELETROBRÁS. (1992).** *Curso de estudos, projeto e construção de pequenas centrais hidrelétricas.* CEPCH.
- ELETROBRÁS. (1996).** *Manual de Estudos dos Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos.*
- ELLIOT, J. A. (1994).** *An Introduction to Sustainable Development.* New York. Routledge.

- ENNES, Y.M. (1990). Sistemas Hidrelétricos: interação ecológica e passivo ambiental. *Bio*, n.3, p.28 - 34.
- ESPINOSA, H.R.M. (1996). *Diretrizes para uma Política Ambiental Sustentabilista*. In: *International Association for Impact Assessment - seção brasileira da IAIA*. v.1, n.2, p.79-87.
- FISCHER, M.M. (1994). From conventional to knowlegde-based geographic information systems. *Computer, Environment and Urban Systems*, v.18, n.4, p.233 - 242.
- FUSCO, S.S.B. (1997). *Pequenas centrais hidrelétricas e uso múltiplo da água: uma abordagem através de casos práticos*. São Paulo. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- GALVÃO, L.C.R.; REIS, L.B.; UDAETA, M.E.M. (1998). Planejamento integrado de recursos (PIR) para Desenvolvimento Sustentável. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. *Anais*.
- GOLDEMBERG, J. (1998). *Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento*. EDUSP, CESP.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO & SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE (1994). *Bacia do Rio Piracicaba. Estabelecimento de metas ambientais e reenquadramento dos corpos d'água*. Série relatórios ISSN 0103-4103.
- GRUPO DE TRABALHO CRIADO PELA PORTARIA N.º 776/94. (1995). *Avaliação da oportunidade e das condições para lançamento de um novo programa de implantação e de recuperação de Pequenas Centrais*

Hidrelétricas - PCH. Brasília. Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Energia, Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica.

KLISKLEY, A.D. (1995). *The role and functionality of GIS as planning tool in Natural - Resource Management*.

LEPSCH, I.G.O.F. (1976). *Solos - formação e conservação*. Pesquisas Científicas do Instituto Agronômico de Campinas, SP. Editora Melhoramentos em convênio com o Instituto Nacional do Livro /MEC e com a colaboração da Editora da Universidade de São Paulo.

LIBERAL, C.G.; JUCHEN, P.A.; DILGER, R. (1993). *Integração do Planejamento, Ordenamento Territorial e Avaliação dos Impactos Ambientais*. In: Manual de Avaliação de Impactos Ambientais, 2º ed. Ago/1993.

MACHADO, P.A.L. (1991). *Direito Ambiental Brasileiro*. 3ª ed., Ed. Revista dos Tribunais LTDA.

~~—~~ **MACHADO, P.A.L. (1995).** *Direito Ambiental Brasileiro*. 6ª ed., Ed. Malheiros.

MAGUIRE, D.J.; OODCHILD, M.F.; RHIND, D.W. (1991). *Geographical Information Systems: Principles and applications*. New York. Longman Scientific & Technical.

MARQUES, P.H. (1997). *Hidreletricidade em novos tempos*. In: III CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENERGIA ELÉTRICA, Campos do Jordão, 1997. Resumos. São Paulo, UNESP. v.1, p.303.

MERICO, L.F.K. (1996). *Introdução à Economia Ecológica*. Editora da FURB, Blumenau.

- * **MILARÉ, E. (1994).** *Estudo Prévio de Impacto Ambiental*. In: PLANTENBERG, C.M.; AB'SABER, A.N. (1994). *Previsão de Impactos*. EDUSP. p 51-85.
- MONTICELLI, J.J.; MARTINS, J.P.S. (1993).** *A luta pela água - nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari*. Capivari, Ed. EME.
- MOREIRA, I.V.D. (1992).** *Origem e síntese dos principais métodos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA)*. In: Manual de Avaliação de Impactos Ambientais (MAIA), 1ºed., Abr/1992.
- MOTA, S. (1989).** Impactos Ambientais de obras de exploração de recursos hídricos: ações preventivas. *Bio*, n.2, p.64 - 68.
- MULLER, A.C. (1995).** *Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento*. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil.
- NEGRI, B. (1992).** Urbanização e demanda de recursos hídricos na bacia do Rio Piracicaba no Estado de São Paulo. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, Brasília.
- NISHIYAMA, L. (1991).** *Mapeamento geotécnico preliminar da quadricula de São Carlos - SP*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- NORMANDE, E.B. (1994).** *Avaliação de Impacto Ambiental de Barragens*. Uma Breve Revisão. CRHEA/EESC - USP. São Carlos, SP.
- OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H. do (1981).** *Levantamento Pedológico Semi-detalhado do Estado de São Paulo*. Quadricula de São Carlos - SP.

- PACCA, S.A. (1996).** *A integração das pequenas centrais hidrelétricas ao meio ambiente e os aspectos legais relacionados.* São Paulo. Dissertação (Mestrado) - Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia, Universidade de São Paulo.
- PLANTENBERG, C. M.; AB' SABER, A. N. (1994).** *Previsão de Impactos.* EDUSP.
- RANIERI, S.B.L (1996).** *Avaliação de métodos e escalas de trabalho para determinação de risco de erosão em bacia hidrográfica utilizando Sistema de Informação Geográfica (SIG).* São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; SANTANA, D.P. (1988).** *Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações.* Ciências Agrárias nos Trópicos Brasileiros. Brasília. MEC, ESAL e POTAFOS.
- REVISTA TEMPO. (1995).** O desafio das águas. Piracicaba, n. 14, ano 2, abr. *Edição Especial.*
- SÁNCHEZ, L.E. (1993).** *Os papéis da avaliação de impacto ambiental.* In: L.E. SÁNCHEZ (org.), *Avaliação de Impacto Ambiental: situação atual e perspectivas.* São Paulo, Escola Politécnica da USP.
- SOUTO, E.B.; MOLINA, A; BONILHA, J.R. (S/D).** *Considerações sobre a implantação de programas de PCHs em países em desenvolvimento.* In: SEMINÁRIO DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS. CPFL, (S/D).
- SOUZA, W.I. (1997).** *Política de rejuvenescimento e repotenciação de PCHs.* In: III CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENERGIA ELÉTRICA, Campos do Jordão, 1997. *Resumos.* São Paulo, UNESP. v.1, p.283.

THE WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT.
(1987). *Our Common Future*. Oxford, Oxford University Press.

TOMMASI, L.R. (1994). *Estudo de Impacto Ambiental*. São Paulo. Cetesb.

TUNDISI, J.G. (1986). Represas Artificiais: perspectivas para controle e manejo da qualidade da água para usos múltiplos. *Revista Brasileira de Engenharia* v.1, n.1, p. 37 - 46.

TUNDISI, J.G. (1988). *Limnologia e manejo de represas*. Série: Monografias em Limnologia, vol.1. Academia de Ciências.

VENTURA, A.; AMARAL, A.C.; PIRES, L.A. (1993). "Renewable Energy for Sustainable Development in the Amazon", ELETROBRÁS, Rio de Janeiro. In: III CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENERGIA ELÉTRICA, Campos do Jordão, 1997. *Resumos*. São Paulo, UNESP. v.1, p.340.

WALSH, M.R. (1993). *Toward Spatial Decision Support Systems in Water Resources*.