


unesp  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

ROXANE LOPES DE MELLO

**AVALIAÇÃO DE ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE
SOCIOAMBIENTAL – INSTRUMENTO PARA LICENCIAMENTO DE
HIDRELÉTRICA DE PEQUENO PORTE**

Guaratinguetá – SP

2017

ROXANE LOPES DE MELLO

**AVALIAÇÃO DE ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE
SOCIOAMBIENTAL – INSTRUMENTO PARA LICENCIAMENTO DE
HIDRELÉTRICA DE PEQUENO PORTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica na área de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Sílvio Jorge Coelho Simões.

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Isabel Cristina de Barros Trannin.

Guaratinguetá – SP

2017


M527a	<p>Mello, Roxane Lopes de Avaliação de índice de sustentabilidade socioambiental – instrumento para licenciamento de hidrelétricas de pequeno porte / Roxane Lopes de Mello – Guaratinguetá, 2016 174 f. : il. Bibliografia: f. 159-174</p> <p>Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Orientador: Prof. Dr. Silvio Jorge Coelho Simões Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Isabel Cristina de Barros Trannin</p> <p>1. Usinas hidrelétricas 2. Sustentabilidade 3. Recursos hídricos – Desenvolvimento I. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 621.311.21(043)</p>
-------	---

ROXANE LOPES DE MELLO

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA”

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA: ENERGIA

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

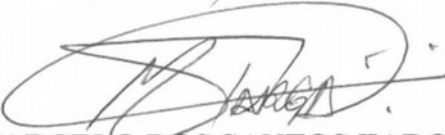

Prof. Dr. José Antonio Perrella Balestieri
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. SILVIO JORGE COLEHO SIMÕES
Orientador / UNESP/Feg


Prof. Dr. LUIZ FERNANDO COSTA NASCIMENTO
UNESP/Feg


Profa. Dra. TATIANA SUSSEFF GONÇALVES MENDES
UNESP/ICT


Prof. Dr. MARCELO DOS SANTOS TARGA
UNITAU


Prof. Dr. HUMBERTO GALLO JUNIOR
SMA/Instituto Florestal

Janeiro de 2016

DADOS CURRICULARES
ROXANE LOPES DE MELLO

NASCIMENTO	03.05.1969 – São Paulo/SP
FILIAÇÃO	Benedicto Lopes de Mello Maria Diogo do Carmo de Mello
1990/1994	Engenheira Agrônoma Universidade de Taubaté
1999 /1999	Química Faculdade Oswaldo Cruz
2001/2005	Ciências Jurídicas Universidade de Taubaté
2007/2009	Curso de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais, nível mestrado, Universidade de Taubaté
2012/2017	Curso de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Mecânica, nível de Doutorado, faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Dedico este trabalho, de modo especial, aos meus filhos Mariana e João Rafael, meus grandes incentivadores.

AGRADECIMENTOS

A elaboração de um trabalho de Doutorado é fruto de um empenho coletivo que se consolida ao longo de uma trajetória acadêmica e de vida. Dedico os meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para essa realização.

Agradeço em especial:

Deus por me conceder a oportunidade de resgatar saberes e trabalhar com pessoas que de certa forma são responsáveis pelo meu amadurecimento como ser humano;

A minha mãe e meu pai (*in memória*), eternos exemplos de vida;

A meu esposo Edval, minha filha Mariana e meu filho João Rafael, razão da minha existência, pela paciência, pela espera, pela saudade, pelo apoio, pela candura, pelo amor.

A confiança que me foi depositada pelo meu orientador, o professor doutor Sílvio Jorge Coelho Simões, profissional competente, íntegro e sensato, com quem aprendi grandes lições que certamente levarei ao longo da minha trajetória, a ele a minha leal gratidão.

Ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá da UNESP por acreditar na viabilidade desta pesquisa. Agradeço aos funcionários da Secretaria da Pós-Graduação, os quais, com muita eficiência, conduzem todos os aspectos burocráticos do trabalho dos pós-graduandos, sempre com muita simpatia e solidariedade. Tenho que agradecer, também, aos funcionários da biblioteca do campus de Guaratinguetá, os quais facilitaram o acesso à bibliografia necessária à realização da investigação.

Aos professores doutores José Luz Siqueira e Pedro Magalhães Sobrinho pela presteza e por terem compartilhado, tão generosamente, seus sólidos conhecimentos e experiências.

A professora doutora Isabel Cristina de Barros Trannin, minha coorientadora, não apenas pela sua inestimável contribuição acadêmica, mas também pelo seu exemplo de qualidade, seriedade e comprometimento com a academia, ética profissional e pessoal.

Aos professores doutores Marcelo dos Santos Targa e Luiz Fernando Costa Nascimento pelas contribuições fundamentais na banca de qualificação.

A professora doutora Elizabeth de Almeida Meirelles, do Departamento de Direito Internacional da Universidade de São Paulo, pelas suas valiosas contribuições

Sou muitíssimo grata ao meu amigo, professor doutor Celso de Souza Catelani, pessoa formidável que entre tantas outras coisas, foi de extrema importância no desenvolvimento deste trabalho, tanto pelas inúmeras contribuições concedidas desde a fase inicial do projeto até a conclusão da pesquisa, como pelas muitas horas tomadas do seu tempo;

Aos luizenses Marcelo Henrique Toledo, Carlos Murilo Prado Santos (Tato), João Paulo Villani e João Rafael Coelho Cursino dos Santos que permitiram aumentar os meus conhecimentos e/ou citar parte de seus trabalhos;

Aos funcionários da Prefeitura Municipal de São Luiz do Paraitinga, do Departamento de Águas e Energia Elétrica de Taubaté, do Museu Municipal Francisco Veloso de Cunha, da OSCIP AKARUI e todos os outros arquivos, instituições e bibliotecas pesquisadas.

De maneira carinhosa e saudosa ao meu tio, Professor doutor Benedito da Silva (*in memórian*) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), pelos ensinamentos dados durante toda a sua vida e por ensinar-me a importância da busca insaciável pelo conhecimento;

De maneira muito especial a todos que estão trabalhando direta ou indiretamente em busca da Sustentabilidade e me trouxeram novos olhos em relação ao Desenvolvimento Sustentável local.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho e para a minha formação acadêmica e pessoal, e que, por uma questão de espaço ou de falta de memória, não foram mencionadas nesses agradecimentos.

“Águas são muitas, infinitas... E em tal maneira é grandiosa que, querendo, a aproveitar, dar-se-á nela tudo, por bem das águas que tem.”

Pero Vaz de Caminha, 1500.

MELLO, R. L. Avaliação de Índice de Sustentabilidade Socioambiental – Instrumento para Licenciamento de Hidrelétrica de Pequeno Porte, 2017. 174 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Guaratinguetá, 2017.

RESUMO

O acesso à energia elétrica é requisito básico de cidadania e de desenvolvimento econômico e, no Brasil, a principal fonte de geração de energia são as hidrelétricas. Entende-se que a geração de energia hidrelétrica através de centrais geradoras de pequeno porte é sustentável, porém, para averiguar essa sustentabilidade se faz necessário avaliar as situações de vulnerabilidade socioambiental na área de influência do empreendimento. O principal objetivo deste trabalho foi analisar as áreas em situação de vulnerabilidade socioambiental na área de influência de uma central geradora de pequeno porte hipotética na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, localizada no município de São Luiz do Paraitinga, Estado de São Paulo como área de estudo de caso para compreensão das inter-relações das vulnerabilidades socioambientais. A metodologia empregada utilizou ferramentas de análise espacial de dados ambientais e sociais da área de estudo e aborda uma análise multicriterial baseada na classificação contínua e na técnica de comparação pareada AHP (Analytical Hierarchy Process), incorporados ao SIG completo denominado SPRING v. 4.3.3 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), para a obtenção do mapa de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA. Concluiu-se que há fortes coincidências entre os espaços susceptíveis a processos de vulnerabilidade físico-ambiental e os espaços que apresentam os piores indicadores sociais, que são agravados por um fator antrópico, o uso do solo. Os resultados deste trabalho expressam o ponto de partida para análises mais aprofundadas da vulnerabilidade socioambiental da área de influência de centrais geradoras de pequeno porte sendo necessário o planejamento de ações mitigadoras, dessa vulnerabilidade, em busca de alcançar a sustentabilidade do empreendimento.

PALAVRAS-CHAVE: Usinas hidrelétricas. Sustentabilidade. Recursos hídricos – Desenvolvimento.

ABSTRACT

The access to electricity is a basic requirement of citizenship and economic development, and in Brazil, the main source of energy is from hydroelectric stations. It is understood that the hydroelectric energy generation through small-scale power is sustainable, however, to verify this sustainability it is necessary to assess the socio-environmental vulnerability situations in the influence area of the enterprise. The main objective of this work was to analyze the socioenvironmental vulnerability in the influence area of a hypothetical small power generating station in the hydrographic water parting of the Chapéu river, located in the city of São Luiz do Paraitinga, State of São Paulo, as an area of a study case to understand the interrelationships of socio-environmental vulnerabilities. The methodology used spatial analysis tools of environmental and social data of the study area and addresses a based multicriteria analysis on continuous classification, the AHP (Analytical Hierarchy Process) and the paired comparison technique, incorporated into the complete GIS called SPRING v. 4.3.3 (Georeferenced Information Processing System), to obtain the Socio-Environmental Vulnerability Index Map – IVSA. It was concluded that there are strong coincidences between the susceptible spaces to processes of physical-environmental vulnerability and spaces that present the worst social indicators, which are aggravated by an anthropic factor, the ground use. The results of this work express the starting point for deep analyzes of the socio - environmental vulnerability at the influence area of small - scale generating stations, being necessary the planning of mitigating actions of this vulnerability, in sense of achieving the enterprise's sustainability.

KEYWORDS: Hydroelectric Power Stations, Sustainability. Water resources. Development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução da produção mundial de energia no período de 1973-2014.....	28
Figura 2: Evolução no fornecimento mundial total de energia primária no período de 1973-2014 por combustível (Mtep).....	29
Figura 3: Barragem de Apipucos, na cidade do Recife (PE), em 1577.....	31
Figura 4: Evolução da participação, das fontes de energia no Brasil, na capacidade instalada do Sistema Interligado Nacional (SIN) em dezembro 2014.....	33
Figura 5: Evolução da capacidade de geração de energia instalada, no Sistema Interligado Nacional (SIN), no Brasil, até 2024.....	34
Figura 6: Matriz Energética Brasileira em 2015.....	35
Figura 7: Localização da PCH São Luiz na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP), na década de 1920.....	38
Figura 8: Perspectiva da evolução da capacidade de geração de energia instalada, por fonte de energia, no Brasil, no período de 2014 - 2024.....	42
Figura 9: Localização da bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	61
Figura 10: Bacias Hidrográficas do município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	62
Figura 11: Área de influência direta e indireta da Central Geradora de Pequeno Porte - CGPP hipotética, localizado na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	63
Figura 12: Mapa de uso do solo na mancha de inundação da Central Geradora de Pequeno Porte - CGPP hipotética, localizado na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	64
Figura 13: Mapa ilustrando as áreas de inundação (em amarelo) sobre o MDT (superior) e detalhe do retângulo vermelho mostrando a área de inundação próxima à confluência dos rios Paraitinga e Jacuí.....	67
Figura 14: Sub-bacia do Rio Paraitinga à montante da cidade de São Luiz do Paraitinga (SP) com a hidrografia do entorno. A área da sub-bacia é de 1.951km ² onde as águas são direcionadas para São Luiz do Paraitinga. Destaque para a área urbana de São Luís do Paraitinga em vermelho, área de concentração da bacia.....	68
Figura 15: Mapa geológico da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	71
Figura 16: Mapa de drenagem da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	74
Figura 17: Captura de tela da delimitação da Central Geradora de Pequeno Porte - CGPP	

hipotética, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	79
Figura 18: Fluxo de trabalho para obter o mapa de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental - IVSA.....	81
Figura 19: Fluxo de trabalho de obtenção do mapa de Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental (IVFA).....	85
Figura 20: Captura de tela do módulo de interpretação da LEGAL referente ao mapeamento das classes da capacidade de uso do solo na área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	86
Figura 21: Captura de tela do módulo de interpretação da LEGAL referente ao mapeamento da classe VIII de capacidade de uso do solo da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	87
Figura 22: Quadro resumo das variáveis componentes do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social - IPVS, segundo dimensões socioeconômicas e demográficas.....	93
Figura 23. Mapa de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental - IVSA- setores censitários da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	94
Figura 24: Fluxo de trabalho de obtenção da Análise Hierárquica Pareada - AHP.....	99
Figura 25: Mapa Numérico do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) da área de estudo, na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	101
Figura 26: Mapa Numérico do Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental (IVFA) da área de estudo, na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	102
Figura 27: Mapa Numérico do Uso do Solo da área de estudo, na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	102
Figura 28: Determinação da razão de consistência da AHP.....	103
Figura 29: Fluxo de trabalho para obter o mapa de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental da área de estudo, na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	104
Figura 30. Mapa de Solos da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	108
Figura 31: Perfis de Cambissolo Háptico Tb distrófico Típico (Cxbd), da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	110
Figura 32: A esquerda exposição de rocha, em associação com Neossolo Litólico e a direita perfil de Neossolo Flúvico Tb distrófico típico (RUbd), ambos da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	111

Figura 33: Mapa de Declividade da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	113
Figura 34: Declividade da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	115
Figura 35: Mapa da Área de Preservação Permanente - APP da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	117
Figura 36: Mapa de Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	119
Figura 37: Mapa de Uso do solo da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, em São Luiz do Paraitinga (SP).....	124
Figura 38: Pastagem na área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	126
Figura 39: Mapa de Índice de Vulnerabilidade Social da área de estudo, localizado na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, em São Luiz em Paraitinga (SP).....	134
Figura 40: Percentual de habitantes e domicílio por categoria de IVS na área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	136
Figura 41: Mapa temático do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	144
Figura 42: Mapa de Sustentabilidade da área de estudo, localizada na na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	154

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Critérios atuais de diferenciação CGH, PCH e UHE (Lei nº. 9.427/1996, alterada pela Lei nº 13.360/2016).....	41
Tabela 2: Classificação das Centrais Geradoras de Pequeno Porte, quanto à potência e queda de projeto, conforme Lei nº 13.360/2016.....	43
Tabela 3: Dados do IDH-M de 1991, 2000 e 2010 do município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	60
Tabela 4: Dados médio de temperatura e precipitação do município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	65
Tabela 5 Precipitação pluviométrica na bacia do Paraitinga, afluente do rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo no período de outubro de 2009 a janeiro 2010.....	69
Tabela 6: Dimensões do Índice Paulista de Responsabilidade Social - IPRS, conforme Fundação SEADE.....	90
Tabela 7: Valores Normalizados da Classes do Mapa de Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental – IVFA, da área de estudo, na base 10.....	100
Tabela 8: Valores Normalizados da Classes do Mapa de Índice de Vulnerabilidade Social - IVS, da área de estudo, na base 10.....	100
Tabela 9: Valores do IVS, IVFA e Uso do Solo, adequados ao peso exercido pela classe na composição do IVSA nos resultado da AHP.....	105
Tabela 10: Classes de solo da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	109
Tabela 11: Classes de Declividade da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	114
Tabela 12: Classes de APP presentes na área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	118
Tabela 13 Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental (IVFA) da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, em São Luiz do Paraitinga (SP).....	121
Tabela 14: Distribuição das classes de uso do solo, em hectares e porcentagem da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, em São Luiz do Paraitinga (SP)	125
Tabela 15: Uso o solo em APP na área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, em São Luiz do Paraitinga (SP).....	127
Tabela 16: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), de Educação, Longevidade e Renda, de 1991, 2000 e 2010, do município de São Luiz do Paraitinga (SP)	130
Tabela 17 Índice de GINI da renda domiciliar per capita de São Luiz do Paraitinga (SP).....	131
Tabela 18: Classificação do município de São Luiz do Paraitinga (SP) no Índice Paulista de	

Responsabilidade Social – IPRS.....	131
Tabela 19: Classificação numérica do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	142
Tabela 20 Distribuição em área e porcentagem das classes de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental na área de estudo.....	145
Tabela 21: Ordem de pesos no resultado do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA, da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	148

Quadros

Quadro 1: Impactos no meio socioeconômico e cultural decorrentes do planejamento, construção e operação de Centrais Geradoras de Pequeno Porte – CGPP.....	51
Quadro 2: Impactos no meio físico, decorrentes do planejamento, construção e operação de Centrais Geradoras de Pequeno Porte – CGPP.....	52
Quadro 3: Impactos no meio biótico, decorrentes do planejamento, construção e operação de centrais geradoras de energia.....	53
Quadro 4: Benefícios socioambientais ou vantagens da energia hidrelétrica, principalmente, Centrais Geradoras de Pequeno Porte – CGPP.....	54
Quadro 5: Classe de Capacidade de Uso do Solo.....	83
Quadro 6: Sistematização da Metodologia Adotada para a Classificação da Capacidade de Uso da Terra da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP).....	84
Quadro 7: Variáveis selecionadas e respectivas contribuições para o indicador sintético, segundo dimensões do Índice Paulista de Responsabilidade Social - IPRS.....	89
Quadro 8: Critérios adotados para a classificação dos municípios no Índice Paulista de Responsabilidade Social - IPRS em grupos.....	90
Quadro 9: Componente do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social - IPVS, conforme fundação SEADE.....	92
Quadro 10: Indicadores selecionado, segundo o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social - IPVS.....	95
Quadro 11: Escala fundamental de Saaty 1977; Wind; Saaty, 1980 para comparação pareada – AHP.....	97
Quadro 12: Valores Normalizados das Classes de Uso do Solo, da área de estudo, na base 10.....	101
Quadro 13: Restrições estabelecidas nas classes de capacidade de uso da terra.....	120

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	Analytical Hierarchy Process
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CBDB	Comitê Brasileiro de Barragens
CDB	Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CGPP	Central Geradora de Pequeno Porte
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CONDEPHAAT	Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
GEE	Gases de efeito estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Agência Internacional de Energia
IHA	International Hydropower Association
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction
IVFA	Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental
IVS	Índice de Vulnerabilidade Social
IVSA	Índice de Vulnerabilidade Socioambiental
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MME	Ministério de Minas de Energia
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia

PNE	Plano Nacional de Energia
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
PNPCH	Programa Nacional de Pequenas Centrais Hidrelétricas
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RAP	Relatório Ambiental Preliminar
RAS	Relatório Ambiental Simplificado
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIN	Sistema Interligado Nacional
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
UHE	Usina Hidrelétrica de Energia
UTE	Usina Termoelétrica de Energia

Sumário

CAPÍTULO I.....	19
1 INTRODUÇÃO.....	19
1.1 OBJETIVOS.....	25
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i>	25
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	25
CAPÍTULO 2.....	26
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	26
2.1 ENERGIA HIDRELÉTRICA NO MUNDO.....	26
2.2 ENERGIA HIDRELETRICA NO BRASIL.....	30
2.2.1 <i>Panorama da expansão atual do setor elétrico brasileiro</i>	33
2.3 CENTRAIS GERADORAS DE PEQUENO PORTE – CGPP.....	36
2.3.1 <i>Classificação das Centrais Geradoras de Pequeno Porte</i>	43
2.4 VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL.....	44
2.5 SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE CGPPS.....	55
CAPÍTULO 3.....	59
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	59
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	59
3.1.1 <i>Condições climáticas regionais</i>	65
3.1.2 <i>Geologia da área de estudo</i>	70
3.2 METODOLOGIA APLICADA.....	75
3.2.1 <i>Levantamento de dados</i>	77
3.2.2 <i>Estruturação do Banco de Dados para delimitação da central geradora de pequeno porte hipotética e geração do mapa de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) da área de contribuição da CGPP hipotética</i>	77
3.2.3 <i>Delimitação da central geradora de pequeno porte hipotética e geração dos mapas temáticos referentes a área de contribuição da CGPP hipotética</i>	79
3.2.4 <i>Processamento de dados e base de dados para a geração do mapa de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) área de contribuição</i>	80
3.2.5 <i>Análise da vulnerabilidade físico-ambiental da bacia de contribuição da central geradora de pequeno porte</i>	82
3.2.6 <i>Análise da vulnerabilidade Social da bacia de contribuição da central geradora de pequeno porte</i>	88
3.2.7 <i>Análise do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) da bacia</i>	95
CAPÍTULO 4.....	106
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	106
4.1 AVALIAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	106

4.2 MAPA DE ÍNDICE DE VULNERABILIDADE FÍSICO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	106
4.2.1 <i>Pedologia da área de estudo</i>	106
4.2.2 Declividade.....	112
4.2.3 Área de Preservação Permanente – APP.....	116
4.2.4 Mapa de Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental – IVFA.....	118
4.3 ANÁLISE DO MAPA DE USO DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO.....	123
4.4 ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	129
4.4.1 <i>Análise das dimensões (fatores) da vulnerabilidade social</i>	136
4.4.2 <i>A geografia do IVS</i>	138
4.5 MAPA DE ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	141
4.6 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO E O SISTEMA DE GERAÇÃO EM CENTRAIS DE ENERGIA HIDRELÉTRICA DE PEQUENO PORTE.....	151
CAPÍTULO 5.....	157
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	157
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	159

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

O acesso à energia elétrica é requisito básico de cidadania e de desenvolvimento econômico. O crescimento populacional e econômico nos países em desenvolvimento vem demandando grande quantidade de energia, a fim de possibilitar o atendimento às necessidades de consumo e de conforto da sociedade moderna. Portanto, os benefícios técnicos, econômicos e ambientais da energia hidrelétrica constituem-se num importante contribuinte para o futuro energético sustentável em nível mundial, particularmente nos países em desenvolvimento (BURIAN et al., 2006; DINCER, 2000; SACHDEV; AKELLA; KUMAR, 2013; WHITE, 1943; YÜKSEL, 2012).

Porém, desde o final do século XX as preocupações ambientais e a sua relação com o bem-estar do Homem têm gerado uma maior consciência dos impactos socioambientais ocasionados pela geração de energia hidrelétrica.

O constante aumento da pressão exercida pelas ações antrópicas sobre a biosfera, bem como, a nova forma de reflexão sobre o tema sustentabilidade, gerou na atual geração uma nova consciência sobre os limites do processo de regeneração do ambiente, sua relação com os padrões de consumo e a exclusão social. Este tema é de interesse mundial e seu estudo tem por objetivo identificar e promover ações mitigatórias futuras com a finalidade de garantir um equilíbrio socioambiental que visam suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações (BURIAN, 2006; OMENA; SOUZA; SOARES, 2016).

Alcançar soluções para os problemas socioambientais que enfrentamos hoje requer ações potenciais de longo prazo para o desenvolvimento sustentável. A este respeito, fontes de energia renováveis parece ser uma das soluções mais eficientes e eficazes. É por isso que há uma conexão íntima entre a energia renovável¹ e o desenvolvimento sustentável². Organizações Internacionais vêm discutindo, desde meados do século XX, os impactos socioambientais, a exemplo da I Conferência Mundial de Meio Ambiente em 1972, em Estocolmo, e têm contribuído para fomentar os compromissos de proteção socioambiental dos países em suas agendas internacionais (MACEDO; OGURA, 2006). A Assembleia Geral das

¹ Energia Renovável é aquela energia que é obtida de fontes naturais capazes de se regenerar.

² Desenvolvimento Sustentável significa obter crescimento econômico necessário, garantindo a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social para o presente e gerações futuras.

Nações Unidas aprovou em 1986 a “Declaração sobre o Direito ao Desenvolvimento”, que estabeleceu o direito ao desenvolvimento – como um direito universal e inalienável e parte integrante dos direitos fundamentais humanos, que estabelecem um catálogo de objetivos para a igualdade de oportunidades para todos no acesso aos recursos básicos, sendo o acesso à energia item necessário para a realização do desenvolvimento humano (KAREKEZI et al., 2012; UNESCO, 1986).

A Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica (CDB), estabelecida durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, também conhecida como Eco-92, a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, a Rio+20 entre outras convenções, buscaram resguardar a qualidade do meio ambiente e da sociedade através do desenvolvimento social, econômico e de proteção ambiental, pilares indissociáveis do Desenvolvimento Sustentável. Todas elas promoveram um amplo debate sobre o estado do mundo e os rumos atuais de nossa civilização, procurando articular os objetivos dos diferentes atores sociais e acordar diretrizes tão consensuais, quanto possível, para dar efetividade aos objetivos comuns de avançar – efetivamente e com urgência – na construção de uma sociedade socialmente justa, economicamente próspera e ambientalmente sustentável, em busca da dignidade humana (BLANCO; SECRETAN; MESQUITA, 2008; CNUDS, 2011; GUIMARÃES; FONTOURA, 2012).

Atualmente, o tema ganhou maior destaque após a publicação, pela Organização das Nações Unidas (ONU)³, dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)⁴ - Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Segundo esse documento, o desenvolvimento sustentável deve ser promovido em todo o mundo e por todos. Os objetivos dispostos no ODS são parte da primeira agenda universal para o desenvolvimento sustentável, o que significa que todas as nações – desenvolvidas e em desenvolvimento – estão sendo convocadas a tomarem medidas urgentes em seus próprios territórios em busca da sustentabilidade (ALVES, 2014; ASHLEY; LUZ, 2015; UNESCO, 2016).

As três metas que estão sendo propostas na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável em relação a universalização do acesso à energia são: acesso universal à energia,

³ Organização das Nações Unidas (ONU) - organização internacional com o objetivo de facilitar a cooperação em termos de direito e segurança internacional, desenvolvimento econômico, progresso social, direitos humanos e da paz mundial.

⁴ Conferências da agenda social da ONU para o Desenvolvimento Sustentável.

redução de 40% no consumo e o alcance da marca de 30%, em nível global, de energia renovável. A preocupação mundial com os níveis das emissões de poluentes, gerados por um crescente consumo de combustíveis fósseis para produção de energia, e o consequente impacto nos recursos do planeta e no clima global, destacaram o papel das fontes de energia renovável para a construção de um futuro energético mais sustentável (ALVES, 2014; ASHLEY; LUZ, 2015; BLANCO, SECRETAN; MESQUITA, 2008; BENEJAM et al., 2014; BENEJAM et al., 2016; BIGGS et al., 2015; HÁK; JANOUŠKOVÁ; MOLDAN, 2016; UNESCO, 2016).

Em face ao documento da Organização das Nações Unidas (ONU) – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) – e sendo o Brasil um país signatário a esse documento, devemos reforçar a importância da geração de energia sustentável, entre elas, a hidroenergia, respeitando as condições socioambientais locais, em função da preocupação mundial com o Desenvolvimento Sustentável.

Em relação à disponibilidade de recursos hídricos para o aproveitamento energético, o Brasil pode ser considerado um país privilegiado, cuja geração de eletricidade se baseia, principalmente, em usinas hidrelétricas e os estudos do Plano Nacional de Energia 2030 – PNE 2030⁵ sustentam que as hidrelétricas, no ano de 2013, responderam por 66,6% ou 89,193 GW de toda a energia elétrica ofertada (BRASIL, 2007). Porém, a hidroenergia poderá alcançar até 174 GW, conforme indica o PNE 2030, entretanto, segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 – PDE 2024⁶, o desenvolvimento do potencial remanescente está condicionado, entre outros fatores, aos possíveis impactos socioambientais que podem ocorrer em razão da instalação desses sistemas (BRASIL, 2015).

Uma matriz energética, conforme apresentada no PDE 2024, com uma grande participação de fontes renováveis de energia ao final do horizonte, permite que o país atinja as

⁵ O Plano Nacional de Energia – PNE 2030 é o primeiro estudo de planejamento integrado dos recursos energéticos realizado no âmbito do Governo brasileiro. Conduzidos pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE em estreita vinculação com o Ministério de Minas e Energia – MME, os estudos do PNE 2030 originaram a elaboração de quase uma centena de notas técnicas. O trabalho fornece os subsídios para a formulação de uma estratégia de expansão da oferta de energia econômica e sustentável com vistas ao atendimento da evolução da demanda, segundo uma perspectiva de longo prazo (BRASIL, 2008).

⁶ O Plano Decenal de Expansão de Energia faz parte do Planejamento do Setor Elétrico, o Ministério das Minas e Energia, em parceria com a EPE (Empresa de Pesquisa Energética), elaboram o referido plano, sendo o último elaborado no ano de 2015, estando em vigor até 2024. O Relatório apresenta grande quantidade de informações técnicas e indica os rumos do setor elétrico a serem tomados nessa década (BRASIL, 2015).

metas de emissão de gases de efeito estufa (GEE)⁷ estabelecidas na Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC⁸ e nos acordos internacionais sobre clima. O Decreto 7.390/2010, que regulamenta a PNMC, estabelece que, no setor de energia, o plano setorial de mitigação e adaptação às mudanças do clima é o próprio Plano Decenal de Energia. Dessa forma, o cenário de expansão do PDE 2024 é compatível com a meta estabelecida na Política Nacional de Mudanças do Clima – PNMC (BERGA, 2016; BRASIL, 2015; SILVA, 2015).

Na região sudeste do país, encontra-se a bacia do Atlântico Sul/Sudeste, que possui uma área de drenagem em território nacional de 224.000 km² que compreende diversas sub-bacias, sendo as principais, do ponto de vista socioeconômico, as do Rio Doce (Minas Gerais e Espírito Santo) e do Rio Paraíba do Sul (São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro). Os rios dessa região são aproveitados para a produção de energia elétrica, sendo representativa a geração de energia por Centrais Geradora de Pequeno Porte – CGPP, principalmente, as Centrais Geradoras Hidrelétricas – CGH e as Pequenas Centrais Hidrelétricas– PCH.

Segundo o PNE do ano de 2008, é necessária a avaliação sistêmica e contínua dos impactos socioambientais advindos da utilização da energia hidrelétrica para a produção de energia elétrica dentro do contexto do planejamento da expansão da oferta de energia a médio e longo prazo, uma vez que a hidreletricidade constitui-se um dos tipos de fontes que podem ser empregados no planejamento da expansão. No PNE 2030 são apresentados, como condicionantes a esse processo de expansão do sistema energético, os compromissos decorrentes dos acordos internacionais assinados pelo país e que acarretam proteção de aspectos da biodiversidade, de patrimônio cultural ou étnico, bem como algumas diretrizes existentes em instituições internacionais de financiamento e, atualmente, as premissas da ONU dispostas nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS (BERGA, 2016; BRASIL, 2007; BRASIL, 2015; SILVA, 2015).

Atualmente, o desenvolvimento de Centrais Geradoras Hidrelétricas – CGHs e Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs tem recebido novo impulso com a evolução da

⁷ Os gases citados no acordo são dióxido de carbono, gás metano, óxido nitroso, hidrocarbonetos fluorados, hidrocarbonetos perfluorados e hexafluoreto de enxofre.

⁸ A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) oficializa o compromisso voluntário do Brasil junto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima de redução de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020. Ela foi instituída em 2009 pela Lei nº 12.187, buscando garantir que o desenvolvimento econômico e social contribuam para a proteção do sistema climático global.

tecnologia, com maior reconhecimento de suas vantagens quanto à promoção do desenvolvimento sustentável, que aliado à importantes mudanças nos aspectos legais, constitui-se atualmente em uma área de grande dinamismo (BRASIL, 2015). A energia gerada por CGHs e PCHs está sendo considerada, atualmente, como uma tecnologia limpa, verde e socialmente justa. No entanto, os debates recentes exigem um cuidado especial quanto à sustentabilidade ambiental, econômica e, principalmente, social, desses pequenos empreendimentos energéticos.

A avaliação da vulnerabilidade socioambiental desde o processo de licenciamento ambiental e, inclusive, durante o período de produção de energia, torna-se indispensável, no sentido de compatibilizar os vários usos de água, solo e vegetação, a fim de viabilizar os diferentes setores produtivos, monitorando a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos e naturais, melhorando os níveis de eficiência global dos usos, garantindo a sustentabilidade do local do empreendimento (KOIFMAN, 2001; DA SILVA PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000). Vários autores corroboram dessa afirmação, dizendo que atualmente há um forte interesse na avaliação da prosperidade econômica, da qualidade ambiental e da coerência social dos empreendimentos (BLANCO; SECRETAN; MESQUITA, 2008; BÖHRINGER; JOCHEM, 2007; BROWN et al., 2009; HART; MILSTEIN, 2004; HARVEY et al., 1993, LABUSCHAGNE et al., 2005; PAISH, 2002).

Os autores Christofolletti (1979); Monteiro (2000); Sotchava (1977), Tricart (1977), Tricart et al. (1982), buscaram a integração, sob a perspectiva holística, sistêmica e analítica dos aspectos naturais com as influências socioeconômicas. O advento da questão ambiental, entretanto, indicando a compreensão do ser na relação com seu entorno, e reavendo a importância da compreensão socioeconômica nas transformações da natureza, nos impactos, riscos e, principalmente, vulnerabilidades.

Considerando o exposto acima, este trabalho busca validar a hipótese de existência de sobreposição entre os espaços ambientais e sociais susceptíveis e a vulnerabilidade socioambiental da área de influência indireta de CGPP's que podem influenciar na sustentabilidade desses empreendimentos.

Nesse sentido, a análise da espacialização da prioridade de demanda pode se beneficiar em muito do uso de ferramentas computacionais, apoiadas em Sistemas de Informações

Geográficas (SIGs) (CÂMARA et al., 1996; EASTMAN, 1995) e de técnicas de geoprocessamento aplicadas aos dados preexistentes e informações de campo para a obtenção de índices de vulnerabilidade e sustentabilidade socioambiental e avaliação da viabilidade de implantação de CGHs e PCHs.

E apesar da grande quantidade de pesquisas relacionadas aos impactos socioambientais de CGPP's, há pouca literatura relacionada a vulnerabilidade socioambiental da área de influência indireta desses empreendimentos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar fatores socioambientais relacionados à implantação e geração energética em usinas hidrelétricas de pequeno porte – PCH e CGH, tendo a bacia hidrográfica do rio do Chapéu, localizada no município de São Luiz do Paraitinga, como área de estudo de caso para compreensão das inter-relações das vulnerabilidades socioambientais.

1.1.2 Objetivos específicos

Diagnosticar os condicionantes físico-ambientais e sociais que contribuem para a vulnerabilidade ambiental e social da área de influência indireta de uma CGH e PCH;

Propor metodologia para a mensuração do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) da bacia hidrográfica do rio do chapéu, em São Luiz do Paraitinga (SP);

Avaliar a hipótese de ocorrência de sobreposição de riscos, sociais e ambientais, nas áreas de influência indireta de CGPP, que podem afetar a sustentabilidade do empreendimento.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ENERGIA HIDRELÉTRICA NO MUNDO

A energia é considerada um importante fator na geração de riqueza, desenvolvimento social e melhoria da qualidade de vida em todos os países desenvolvidos e em desenvolvimento do mundo. Um suprimento eficiente e universal de energia é considerado condição básica para o desenvolvimento econômico. O acesso à energia é hoje requisito básico de cidadania, sem o qual o indivíduo fica marginalizado. O uso de fonte renovável é a solução mais valiosa para reduzir os problemas ambientais associados a geração de energia a partir de combustíveis fósseis e atingir a sustentabilidade do setor energético. A energia hídrica está entre as fontes renováveis mais importantes para a geração de energia limpa no mundo. Todas as nações estão mudando o foco para extrair energia a partir de fontes renováveis (BURIAN, 2006; SCHOLTEN; BOSMAN, 2013).

A energia advinda da massa d'água tem sido utilizada pelo Homem há milênios. Com o advento da eletricidade, a partir do século XIX, a hidroeletricidade surgiu como uma alternativa natural, que teve grande desenvolvimento ao longo do século XX (FASOL, 2002; VENTURA FILHO, 2009). Segundo o Atlas de Energia do Brasil, a primeira hidrelétrica do mundo foi construída no final do século XIX – quando o carvão era o principal combustível e as pesquisas sobre petróleo ainda engatinhavam – junto às quedas d'água das Cataratas do Niágara, no leste da América do Norte, entre os lagos Erie e Ontário, na fronteira entre o estado norte-americano de Nova Iorque e da província canadense de Ontário. No mesmo período, durante o reinado de D. Pedro II, o Brasil construiu a primeira hidrelétrica, no município de Diamantina, utilizando as águas do Ribeirão do Inferno, afluente do rio Jequitinhonha, com 0,5 MW (megawatt) de potência e linha de transmissão de dois quilômetros (KELMAN, 2005).

Até meados da década de 1970, a necessidade de alteração de matriz energética tinha como único intuito o crescimento econômico, ainda que naquela época a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (Estocolmo, 1972) tivesse dado os primeiros alertas sobre as consequências das intervenções humanas sobre a natureza, gerando uma preocupação com o meio ambiente. Porém, essa questão só ganhou maior visibilidade a partir do final dos

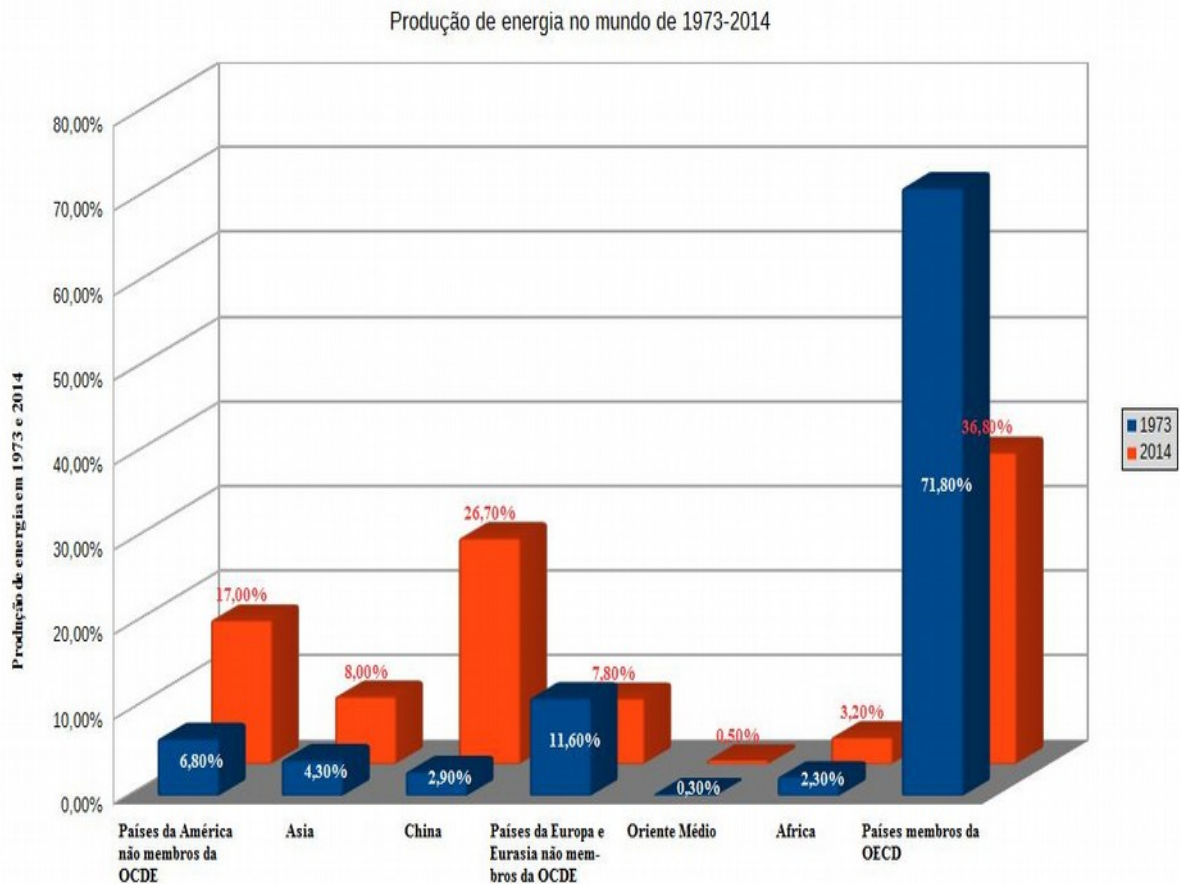
anos 1980, com a divulgação do Relatório Nosso Futuro Comum, e início dos anos 1990, com a realização da CNUMAD – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, passando a se ter uma preocupação econômica e ambiental, entretanto, sem ver as questões sociais dentro do processo (OMENA; SOUZA; SOARES, 2016).

O crescimento das energias renováveis foi reconhecido pela Agência Internacional de Energia (IEA)⁹ em face da geração ter quase triplicado entre 1973 e 2014, chegando em 3983 TWh. Na Figura 1 pode-se verificar a evolução da produção de energia no mundo (IEA, 2016; VENTURA FILHO, 2009).

Os sistemas de energias renováveis contribuem com uma fração cada vez maior de fornecimento de eletricidade global, e a hidroeletricidade é cada vez mais utilizada em todo o mundo como uma fonte de energia renovável. O Brasil faz parte do grupo de países onde a produção de energia elétrica advém de usinas hidrelétricas que representam, aproximadamente 63,2% da capacidade instalada no país (IEA, 2016; VENTURA FILHO, 2016).

⁹ A Agência Internacional de Energia (IEA) é uma Organização autônoma que trabalha para assegurar energia fiável, acessível e limpa para os seus 28 países-membros e para além dela. A agência está localizada no centro do diálogo global sobre energia, fornecendo dados estatísticos credíveis, análise e recomendações.

Figura 1: Evolução da produção mundial de energia no período de 1973-2014



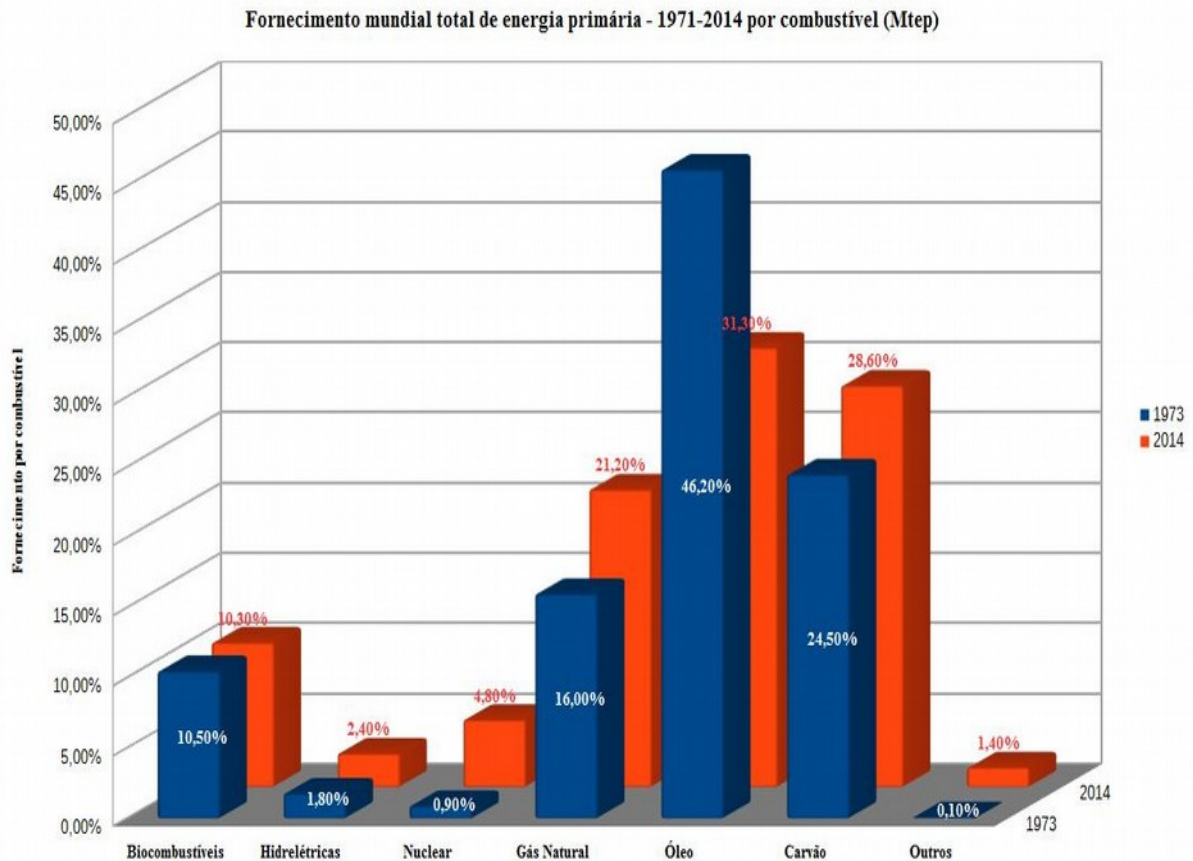
Fonte: IEA (2014)

Contudo, ao tempo em que a expansão da geração hidráulica expandiam para os países emergentes com grande potencial a explorar, cresciam também, e em escala mundial, as pressões ambientais contra esse tipo de fonte. Na verdade, tais pressões dirigiram-se contra as hidrelétricas de grande porte, do que é evidência a declaração, apresentada pela organização não-governamental International Rivers Network na conferência Renewables 2004¹⁰, realizada em Bonn, Alemanha, pela qual pretendeu que fossem excluídas da classificação de fonte de energia renovável as usinas hidráulicas com potência superior a 10 MW. O fornecimento de energia mundial primária, em 2014, por combustível, demonstra um aumento referente a produção de energia hidrelétrica, decorrente de vários países terem investido na ampliação da participação dessa fonte na sua matriz energética (IEA, 2016), como pode ser observado na

¹⁰ A conferência 'Renewables 2004' estabeleceu as diretrizes mundiais para a ampliação global do uso das energias renováveis.

Figura 2.

Figura 2: Evolução no fornecimento mundial total de energia primária no período de 1973-2014 por combustível (Mtep)



Entretanto, segundo Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, mesmo ocorrendo o aumento na utilização da energia renovável, principalmente a hidrelétrica, nos últimos anos, ainda se faz necessário o aprimoramento das políticas de estímulo para mudanças no sistema de energia, declínio do custo das tecnologias, mudanças nos preços dos combustíveis fósseis e outros fatores que já têm apoiado o aumento contínuo no uso de energias renováveis. Esse desenvolvimento sugere a possibilidade de que esse tipo de fonte pode desempenhar um papel muito mais proeminente nas próximas décadas, porém, busca-se uma produção sustentável das fontes de energias renováveis (EDENHOFER, et al., 2011; IPCC, 2012; PAISH, 2002; SCHWARTZ; PEGALLAPATI; SHAHIDEHPOUR, 2005).

Ante a geração de eletricidade a partir dos combustíveis fósseis (derivados de petróleo, carvão mineral e gás natural), a energia hidrelétrica, que utiliza como “matéria prima” a água é apresentada como uma fonte energética “limpa, renovável e de baixo custo”. As hidrelétricas são, atualmente, o maior contribuinte de energia renovável no mundo, e ajudam a mitigar a emissão de gases efeito estufa¹¹ (GEE) em relação a geração de energia através de combustíveis fósseis, como afirmam os organismos internacionais que têm monitorado o crescimento da taxa de emissões de GEE na atmosfera (GALLAGHER et al., 2014; IEA, 2014; SACHDEV; AKELLA; KUMAR, 2015).

A América Latina é a região que possui a geração elétrica mais renovável do mundo, e o Brasil é líder na América Latina e detém o terceiro maior potencial hidrelétrico tecnicamente viável do mundo (BRASIL, 2016). No entanto, ainda existe muito espaço para a expansão dessas fontes na região e as preocupações com as mudanças climáticas estão estimulando seu desenvolvimento em muitas partes do mundo, incluindo a América Latina. Ao mesmo tempo, os países estão descobrindo que existem outros benefícios importantes, principalmente a utilização de recursos locais, produção de energia limpa, e a diversificação energética.

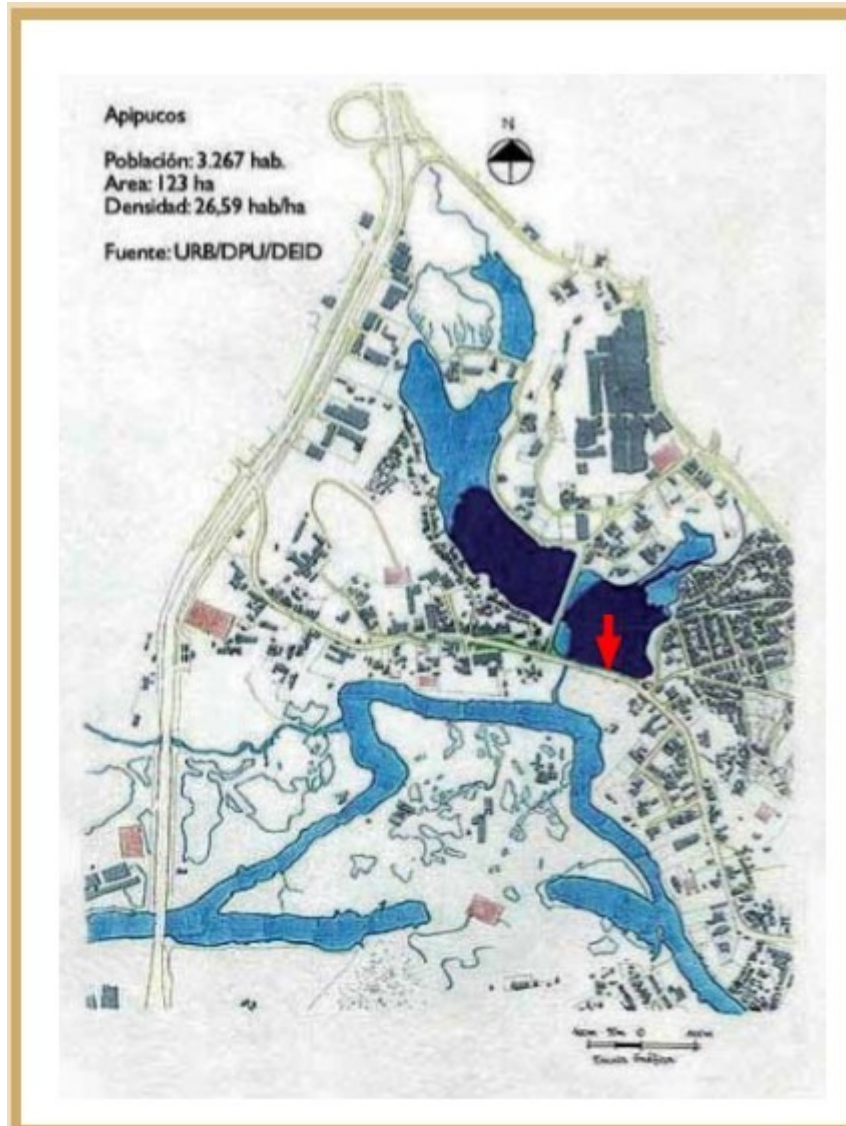
2.2 ENERGIA HIDRELETRICA NO BRASIL

Segundo o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), a barragem mais antiga em território brasileiro foi construída onde, hoje, é a área urbana do Recife, Pernambuco, possivelmente no final do Século XVI (Figura 3).

Conhecida presentemente como açude Apipucos, aparece em um mapa holandês de 1577. Apipucos na língua tupi significa onde os caminhos se encontram. A barragem original foi alargada e reforçada para permitir a construção de uma importante via de acesso ao centro do Recife. Há referências também ao dique Afogados construído no rio Afogados, um braço do rio Capiberibe, por Harman Agenau por 6000 florins para acesso a um forte também na atual região urbana do Recife. O dique tinha três metros de altura e cerca de 2 km de extensão, tendo sido concluído em dezembro de 1644; em 1650 sofreu transbordamento por ocasião de uma grande cheia, tendo colapsado em vários pontos (CBDB, 2011, p. 18).

¹¹ Os gases do efeito estufa que envolvem a Terra absorvem parte da radiação infravermelha refletida pela superfície terrestre, impedindo que a radiação escape para o espaço e aquecendo a superfície da Terra. Os principais são os gases carbônico e metano.

Figura 3: Barragem de Apipucos, na cidade do Recife (PE), em 1577



Fonte: CBDB (2011)

No final do século XIX ocorreu, no Brasil, o desenvolvimento da eletricidade. Inicialmente, esse serviço era prestado, essencialmente, por pequenas empresas privadas nacionais e a partir do século XX, concessionárias estrangeiras passaram a participar no cenário nacional. Isso se deu devido aos elevados investimentos necessários para a construção de usinas termoelétricas e hidrelétricas e ampliação de sistemas de transmissão para atingir mais localidades (LORENZO, 2002).

O investimento de empresas estrangeiras aumentou a produção e tornou possível o

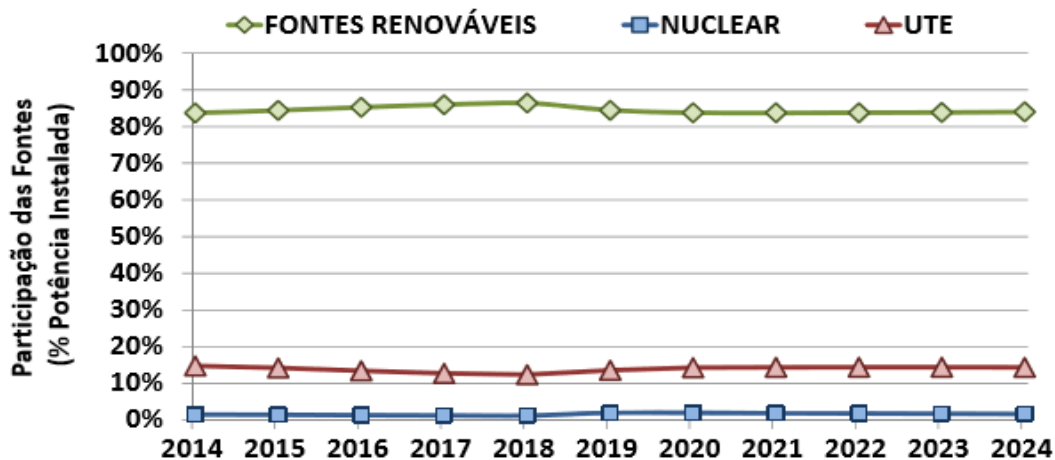
consumo urbano e industrial em locais mais próximos àqueles onde se dava a produção de bens. Em 1907, a The Rio de Janeiro Tramway, Light and Power Co. Ltd., empresa fundada no Canadá em 1904 pelo Grupo Light, começou a distribuir energia elétrica no Rio de Janeiro. Nesse período estima-se que 73% da fonte de energia para a indústria era vapor e 5% era elétrica. Esse quadro se altera drasticamente até 1920, quando 47,2% das indústrias utilizavam eletricidade e 36,2% faziam uso do vapor (LORENZO, 2002; SAES 2012).

Nessa época, apenas o Estado de São Paulo contava com uma usina hidrelétrica de grande porte. Essa eletricidade gerada no Estado era capaz de atender 18,5% dos estabelecimentos fabris da época (SAES 2012). No período de 1907 a 1914 foram construídas mais de 40 pequenas centrais hidrelétricas no Estado de São Paulo para atender à expansão industrial. Simultaneamente, houve um processo de concentração no setor elétrico que levou ao surgimento de grandes empresas elétricas nacionais (DARZÉ, 2002; TIAGO FILHO et al., 2006; SAES 2012).

Segundo Schaeffer (2008) e Dacher et al. (2014), o Brasil tem hoje, nas hidrelétricas, sua principal fonte de energia, a geração de energia elétrica no Brasil tem crescido a uma taxa média anual de 4,2% ao longo dos últimos 25 anos. Abbud (2010) afirmam que o potencial energético do Brasil é uma das suas maiores riquezas, devido a grande disponibilidade hídrica, o que favorece a geração de energia renovável (Figura 4). De acordo com a última pesquisa mundial realizada, o Brasil apresenta o maior potencial hidrelétrico do mundo, e deste, 50% ainda esta a ser explorado.

Embora o potencial brasileiro seja enorme, para que a exploração ocorra de forma plena, é necessário vencer uma série de desafios e ultrapassar diversas barreiras, dentre outros fatores, deve implementar medidas para garantir a sustentabilidade social e ambiental dos empreendimentos hidrelétricos.

Figura 4: Evolução da participação, das fontes de energia no Brasil, na capacidade instalada do Sistema Interligado Nacional (SIN) em dezembro 2014



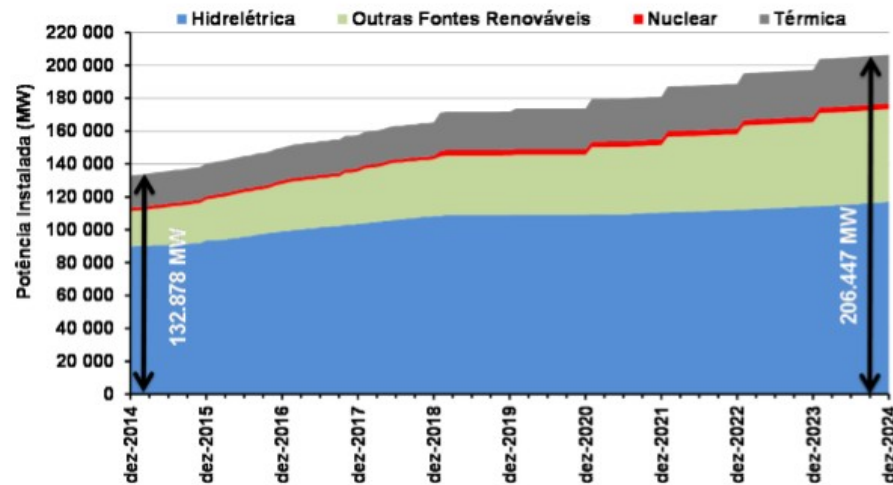
Fonte: Brasil (2015)

2.2.1 Panorama da expansão atual do setor elétrico brasileiro

O Brasil detém o terceiro maior potencial hidrelétrico tecnicamente viável do mundo, com $1.488 \text{ TWh}\cdot\text{ano}^{-1}$, atrás apenas da China – $1.920 \text{ TWh}\cdot\text{ano}^{-1}$ e da Rússia – $1.670 \text{ TWh}\cdot\text{ano}^{-1}$ (BRASIL, 2007). A participação da geração hidrelétrica brasileira é a maior na matriz elétrica do país, com 64,24%, de acordo com Relatório Brasil IASC 2013 (BRASIL, 2013). A projeção da evolução da capacidade instalada, para diferentes fontes de geração de energia elétrica, ao longo do período apresentado no relatório do PDE, 2024, como pode ser observado na Figura 5. Observa-se que, com a configuração da expansão indicada nesse Plano, o Sistema Interligado Nacional – SIN¹² sairá de uma capacidade instalada de, aproximadamente, 133 GW em dezembro de 2014 e chegará a cerca de 206 GW no final de 2024 (BRASIL, 2015).

¹² O Sistema Interligado Nacional (SIN) é um sistema de coordenação e controle, formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte, que congrega o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil, que é um sistema hidrotérmico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e proprietários múltiplos, estatais e privados. Apenas uma pequena parcela da produção de eletricidade do país encontra-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica.

Figura 5: Evolução da capacidade de geração de energia instalada, no Sistema Interligado Nacional (SIN), no Brasil, até 2024



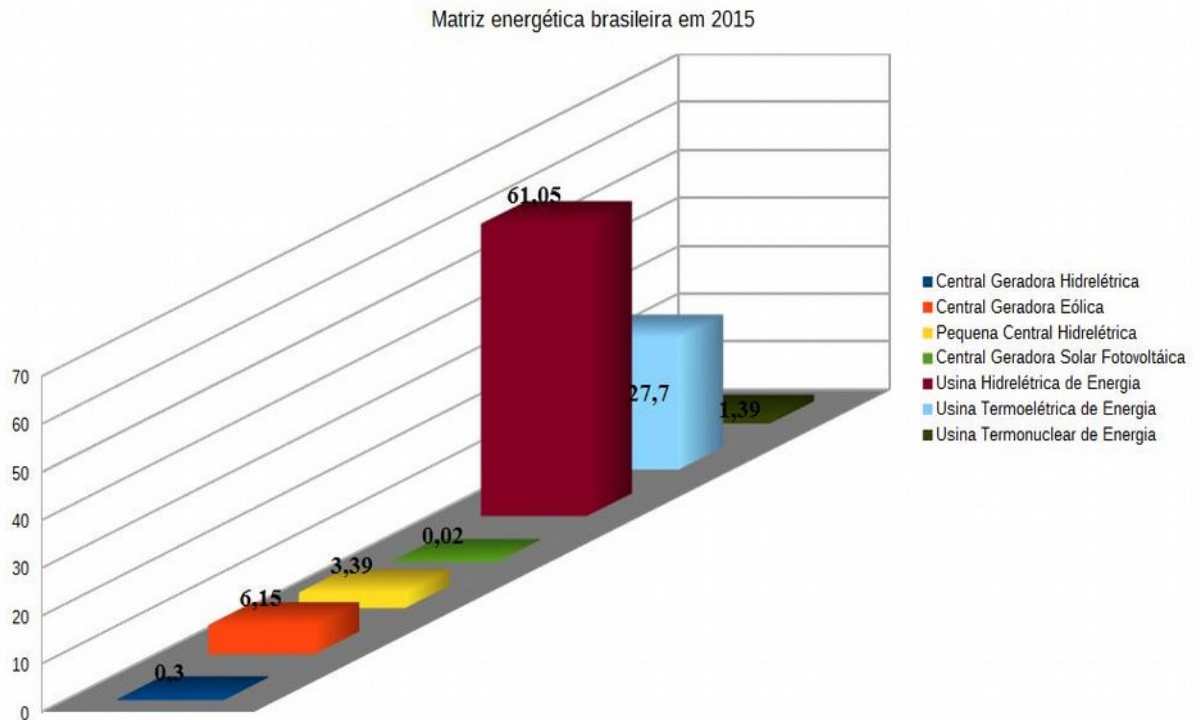
Fonte: Brasil (2015)

De acordo com dados do Banco de Informações de Geração da ANEEL – BIG (2016) – o Brasil, em outubro de 2016, tinha um total 4.587 empreendimentos, geradores de energia elétrica em operação, totalizando 147.495.736 kW de potência instalada. Neste período, observa-se no sistema, 565 Centrais Geradoras Hidrelétricas – CGE, com uma potência fiscalizada¹³ de 450.392 kW (0,3%), 446 Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH, com uma potência outorgada de 4.848.790 kW (3,28%) e 220 Usinas Hidrelétricas de Energia – UHE com uma potência outorgada de 90.465.984 kW (61,15%) (BRASIL, 2016).

Pode-se observar que a geração de energia elétrica no Brasil foi estruturada com base em usinas hidrelétricas, aproveitando a situação privilegiada do país, com grandes rios de planalto, abastecidos por abundantes chuvas tropicais, porém, atualmente, a matriz de capacidade instalada de energia elétrica é bem mais diversificada, além de contar com a fonte hidráulica, que contribui com mais de 67% da geração de energia, conforme Figura 6 (BRASIL, 2015).

¹³ Os valores de porcentagem são referentes a Potência Fiscalizada. A Potência Outorgada é igual à considerada no Ato da Outorga. A Potência Fiscalizada é igual à considerada a partir da operação comercial da primeira unidade geradora.

Figura 6: Matriz Energética Brasileira em 2015



Fonte: Brasil (2015)

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE-2024 a hidroeletricidade ainda apresenta grande potencial a ser explorado, especialmente nas bacias da região Norte e Centro-Oeste, porém, o desenvolvimento desse potencial está condicionado, também, aos seus possíveis impactos socioambientais em razão da maior parte do potencial hidrelétrico, hoje remanescente, estar localizado em áreas de condições socioambientais delicadas, por suas interferências sobre territórios indígenas, sobretudo na Amazônia, nas áreas de preservação e nos recursos florestais, ou em áreas bastante influenciadas por ocupações antrópicas (BRASIL, 2015; WESTIN et al., 2014).

O conceito de sustentabilidade orientou os estudos socioambientais desenvolvidos no PDE 2024, considerando questões associadas à redução dos impactos locais e globais sobre o meio ambiente na expansão da oferta de energia e verificou-se ser necessários estudos e ações que contribuam para a minimização de riscos e o aproveitamento de oportunidades da expansão planejada (BRASIL, 2015).

Segundo Ardizzon (2014) e Nasir (2014), sabendo-se da importância da hidroeletricidade e da integração de tecnologias na geração de energia elétrica dentro da

matriz, aliada a uma produção ambientalmente correta, torna-se necessário verificar os empreendimentos no contexto da responsabilidade dos impactos socioambientais causados.

No Brasil a geração de energia elétrica por Usinas Hidrelétricas (UHE), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) e, mais recentemente, Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH), tem sido a principal fonte de energia elétrica brasileira. Dessa forma, o mapeamento e a otimização das unidades geradoras de energia elétrica devem ser devidamente estudados visando um aproveitamento ótimo do potencial de geração dos rios e o menor impacto socioambiental possível, visando, também, reduzir as diferenças regionais no que diz respeito ao acesso à energia em face das características e potencialidades de cada região (YUKSEK et al., 2006).

O desenvolvimento sustentável exige um fornecimento sustentável de fontes de energia e uma das implicações mais importantes sobre esse tema é que para atingir as metas do desenvolvimento sustentável exige-se um fornecimento de fontes de energia disponível a um custo razoável e que pode ser utilizado para todas as tarefas necessárias sem causar efeitos socioambientais negativos (DINCER, 2000, YUKSEK et al., 2006).

2.3 CENTRAIS GERADORAS DE PEQUENO PORTE – CGPP

Paish (2002) enfatizou que a as Centrais Geradoras de Pequeno Porte (CGPP), entre elas a PCH, emergiu como uma fonte de energia renovável. Schwartz; Pegallapati; Shahidehpour (2005) abordaram a geração de energia, por meio de CGPP, como energia verde e discutiram sobre as diferenças fundamentais entre pequenas e grandes hidrelétricas. Akella (2009) relatou como as fontes convencionais de energia não renováveis impulsionaram o progresso econômico, mas, ao mesmo tempo, danificaram o meio ambiente e a saúde humana. Os efeitos sociais, econômicos e ambientais do sistema de energia renovável também foram discutidos.

A crescente demanda por energia elétrica e a busca por fontes de geração renováveis faz das CGHs e PCHs alternativas atraentes para a geração de energia. Devido ao seu menor porte, estes tipos de usinas têm um menor custo de implantação, além de causarem menores danos ao meio ambiente quando comparadas às Grandes Usinas Hidrelétricas (UHE). As CGHs e PCHs também podem ser instaladas em rios de menor vazão, contribuindo para a

descentralização da geração de eletricidade, reduzindo os custos na transmissão da energia (PAO; FU, 2013; SACHDEV, 2015; YUKSEK et al., 2006).

A história do desenvolvimento das centrais hidrelétricas no Brasil está atrelado ao desenvolvimento econômico do país e ocorreu a partir de 1883, quando se deu a instalação do primeiro aproveitamento hidrelétrico na mineração Santa Maria, em Diamantina (MG), denominado “Ribeirão do Inferno”. No ano de 1889 foi instalada a Usina Bernardo Mascarenhas, primeira hidrelétrica de pequeno porte, com 250 kW para atender à sua indústria têxtil e alimentar a iluminação residencial de Juiz de Fora, constituindo o que poderia ser denominado como a primeira empresa de energia elétrica para serviço público (DARZÉ, 2002; TIAGO FILHO et al., 2006). Neste ambiente, chega-se aos anos 1930 com o Brasil registrando uma potência instalada de cerca de 779 MW em usinas, para os padrões construtivos atuais, aceitas como de pequena potência, na grande maioria, hidrelétricas operando a “fio d’água” ou com pequenos reservatórios de regularização diária, cuja maior parte tinham sua propriedade pertencente às indústrias e prefeituras municipais (DARZÉ, 2002).

No período de 1907 a 1914, além do fornecimento de eletricidade pela São Paulo Light, foram construídas mais de 40 pequenas centrais hidrelétricas no estado de São Paulo para atender à expansão industrial. Simultaneamente, houve um processo de concentração no setor elétrico que levou ao surgimento de grandes empresas elétricas nacionais (DARZÉ, 2002; SAES 2012; TIAGO FILHO et al., 2006).

Nos anos entre 1920 e 1940 ocorreu uma rápida expansão do setor e o número de empresas passou de 306 para 1.009, todas operando pequenos aproveitamentos hidrelétricos. Em 1930, os estados de Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina registravam 519 centrais hidrelétricas em operação, totalizando uma potência instalada de aproximadamente 656 MW. Após 1940, o crescimento do setor decaiu e em 1941, com exceção dos grupos estrangeiros existentes, somente oito empresas possuíam potência instalada superior a 3 MW, podendo-se verificar que quase todas as instalações do país eram compostas por PCHs (BERMANN et al., 2004; TIAGO FILHO et al., 2006).

No ano de 1923 começou a ser construída, por um grupo de fazendeiros, comerciantes e autoridades do município, com apoio do Executivo Municipal, a usina hidrelétrica de São

Luís do Paraitinga, cuja localização está apresentada na Figura 7 (AZEVEDO, 1986; SANTOS, 2006). A referida usina foi construída em uma estreita garganta de pedra no Rio do Chapéu, próximo da estrada que interliga o município de Taubaté ao município de Ubatuba. A obra ficou conhecida como Usina do Chapéu e, desde essa época, o local passou a ser chamado de Bairro da Usina.

Figura 7: Localização da PCH São Luiz na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP), na década de 1920



Fonte: Produção do próprio autor.

De acordo com Azevedo:

“em dois anos e alguns meses, com muito sacrifício pela falta de dinheiro e de estradas, estavam prontas a represa, a posteação, bem como assentadas as máquinas, enquanto as residências, na cidade, se preparavam para receber esse melhoramento”. A turbina e o gerador eram da marca Siemens-Schuckert, de procedência alemã, com 55 KWA de potência, sendo suficiente, a princípio, para fornecer toda energia elétrica que São Luís do Paraitinga necessitava. Segundo o mesmo autor; “a inauguração da luz elétrica se deu no dia 6 de janeiro de 1925. Durante o dia ligaram a luz, a título experimental. Às 20 horas, foi ligada definitivamente. (...) O gerador era tão resistente que mesmo quando os soldados paulistas, que combatiam na Revolução de 1932, deram-lhe vários tiros, por ordem do prefeito, ele não deixou de funcionar. Na época, as tropas defensoras da ditadura de Getúlio Vargas, estavam invadindo São Luís do Paraitinga por Cunha, Lagoinha e Ubatuba. Quando os ditatoriais estavam prestes a invadir a cidade, os soldados constitucionistas tentaram destruir o gerador, para que

a usina deixasse de funcionar, impedindo, assim, que os invasores tivessem energia elétrica. Mas, em face do crescimento da cidade, provocado principalmente pelo êxodo rural, no início da década de 40 a energia produzida pela Usina do Chapéu já não era suficiente nem mesmo para iluminar a cidade com eficiência. Cada vez com mais frequência, o sistema era desligado por excesso de demanda, provocando constantes apagões. (...) Enquanto isso, crescia na cidade o entusiasmo pela hidrelétrica de Redenção da Serra, pertencente à Companhia Taubaté Industrial, que era muito mais potente. (...) Mas, em 1948 as manifestações pela troca de fornecedor de eletricidade viraram puro vandalismo. Um dia, todas as lâmpadas dos postes de iluminação da pacata São Luís do Paraitinga amanheceram quebradas e diversos muros e paredes pichados com os dizeres: “Queremos a Luz do Félix”. Diante dos sinais tão incisivos dessas “reivindicações”, a Prefeitura resolveu comprar a energia elétrica de Redenção da Serra. Das antigas instalações foi aproveitada apenas a linha condutora para a cidade. E a usina do Rio Chapéu foi desativada a partir desse ano. Durante muitos anos todo maquinário permaneceu intacto, mas o tempo e alguns malandros se encarregaram de transformar as instalações da Usina do Chapéu em sucata. Até o velho gerador foi desmontado e algumas peças roubadas. De outra parte, o telhado ameaçava desabar e todo local, que tinha um panorama muito bonito, ficou tomado pelo mato. A CESP se tornou proprietária do imóvel em 1970, desde que recebeu a concessão para distribuição de energia elétrica no município. Essa estatal nunca demonstrou qualquer interesse na preservação desse material, que já se tornara um marco importante para a história da eletricidade do município e da região. Em 1984, a estatal promoveu a destruição total da casa de máquinas e levou as peças que restaram para lugar incerto e não sabido. Quem parar sobre a ponte do Rio Chapéu, na altura do quilômetro 46 da Rodovia Oswaldo Cruz, que liga Taubaté a Ubatuba, poderá observar o que resta dessa usina: de um lado, a represa, ainda quase intacta; de outro, os restos do aqueduto. Tudo no mais completo abandono (Azevedo, 1986, p. 44).

No mesmo período, entrava em operação a Usina Vaticano, em Roseira (1926), construída para alimentar os equipamentos da Companhia Agrícola e Industrial Cícero Prado e para suprir a demanda de energia das casas de operários e da cidade de Aparecida. Em 1930, era inaugurada a Usina Fojo, em Campos do Jordão. Na década de 50 outras duas PCHs entraram em operação, a Capitão Mor II, em Arapeí (1955) e a Usina de Cunha, localizada na cidade de mesmo nome (1958). Outra pequena usina que funcionou na região, mas que não há informações sobre a sua data de construção ou operação, foi a Usina Capitão Mór I, em Arapeí.

No final da década de 1950, houve um progressivo crescimento da capacidade instalada da produção de energia elétrica no Brasil, com o ingresso de empresas controladas pelo governo federal e pelos governos estaduais, contrabalançando o predomínio até então quase absoluto das grandes empresas estrangeiras. Entre 1952 e 1962, houve uma evolução de 6,8% para 31,3% da participação das empresas estatais na capacidade instalada de energia elétrica, demonstrando a eficácia quantitativa dessas novas iniciativas. A indústria de geração de energia elétrica era fundamental às iniciativas industrializantes e ao desenvolvimento do país.

Para isso, fortalecia-se o entendimento acerca da necessidade de promover o planejamento de sua expansão, não somente em nível federal, mas também estadual (CABRAL, 1988).

Segundo o PNE 2030, a partir da década de 1970, o processo de expansão ganhou impulso. Entre os anos de 1974 e 2004 a potência instalada em usinas hidrelétricas cresceu mais de 400%, saltou de 13.274 MW para 69.000 MW (BRASIL, 2007).

As primeiras intenções governamentais no sentido de estimular a implantação de Centrais Geradoras de Pequeno Porte ocorreram na década de 1980, quando o Governo Federal lançou o Programa Nacional de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PNPCH) com o objetivo de atender sistemas isolados da região norte do país, envolvendo discussões, cursos e estudos técnicos sobre o assunto. Porém, os resultados não foram consistentes, principalmente devido à opção pela geração em grandes blocos, a inexistência de deficit energético devido à recessão econômica nacional, entre outros (TIAGO FILHO, 2006).

As bases para a reestruturação do programa de PCH foram, de fato, lançadas pelo governo, apenas a partir da década de 1990 com a reestruturação do setor elétrico e, em face desse processo e para regulamentar a organização do setor elétrico, é editada a Lei Federal nº 9427/1996, sendo que a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL passa a ser a autarquia investida do papel de agência reguladora competente para homologar e avaliar os inventários de aproveitamento hidrelétrico nos rios brasileiros, de acordo com a Resolução nº 393/98. Sendo assim, a ANEEL editou a Resolução 394/1998, que redefiniu PCH como aproveitamentos com potência instalada entre 1 e 30 MW e área inundada até 3,0 km², eliminando os outros obstáculos. Em seu art. 3º, admitia-se a possibilidade do reservatório ter sua capacidade maior que 3,0 km², considerando especificidade regional e análise da Diretoria da ANEEL, com parecer técnico que observasse aspectos econômicos e ambientais.

Buscando um melhor enquadramento, a ANEEL regulamentou novamente as PCHs, através da Resolução 652/2003, onde os aproveitamentos hidrelétricos permaneceriam da mesma forma, sendo a potência instalada entre 1 e 30 MW, mas a área de reservatório deverá ser menor que 3 Km². Na referida Resolução, admite-se que o critério de área inundada possa ser modificado mediante a comprovação de que o dimensionamento do reservatório esteja relacionado com outros objetivos, que não a geração de energia. Os empreendimentos com potência instalada inferior a 1 MW eram consideradas Central Geradora Hidrelétrica de

Capacidade Reduzida, CGH.

Atualmente, a diferenciação de UHE, PCH e CGH é feita pelos critérios apresentados na Tabela 1, determinados pela ANEEL na Lei 13.306 de 17 de novembro de 2016, que modificou o art. 26 da Lei 9.427 de 1996, que dispõe sobre o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica, entre outros (BRASIL, 2016).

Tabela 1: Critérios atuais de diferenciação CGH, PCH e UHE (Lei nº. 9.427/1996, alterada pela Lei nº 13.360/2016)

Classificação da Hidrelétrica	Potencia (MW)
CGH	<5
PCH	5> e <30
UHE	>30

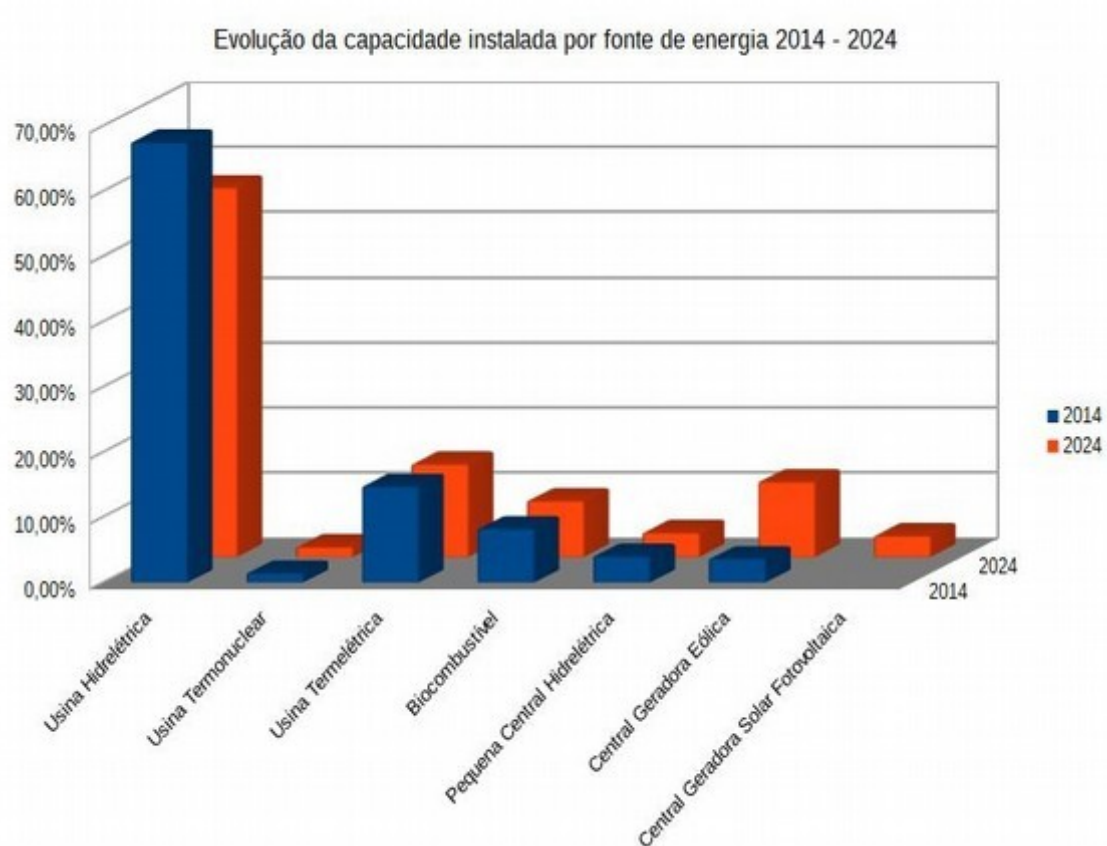
Fonte: Adaptado da Lei nº 13.360/2016.

O art. 26 da Lei 9.427 de 1996, alterada pela Lei nº 13.360/2016, passa a ter a seguinte redação:

Art. 26. Cabe ao Poder Concedente, diretamente ou mediante delegação à ANEEL, autorizar o aproveitamento de potencial hidráulico de potência superior a 5.000 kW (cinco mil quilowatts) e igual ou inferior a 30.000 kW (trinta mil quilowatts), destinado a produção independente ou autoprodução, mantidas as características de pequena central hidroelétrica (BRASIL, 2016).

Dos três tipos de aproveitamento hidrelétrico, o que mais tem recebido incentivos do governo e maior atenção de investidores privados tem sido as PCHs, tendo em vista o seu reduzido impacto ambiental, se comparado a uma UHE, e uma maior capacidade de geração, se comparado a uma CGH, mas, acima de tudo, devido aos incentivos fiscais que o governo brasileiro tem dado. Segundo dados do PDE 2024, teremos uma evolução da capacidade instalada de PCH de 2014 para 2024 de 4 GW para 8 GW, mantendo uma participação média de 4% da capacidade instalada, conforme pode ser observado na Figura 8 (BRASIL, 2015).

Figura 8: Perspectiva da evolução da capacidade de geração de energia instalada, por fonte de energia, no Brasil, no período de 2014 - 2024



Fonte: Brasil (2015)

Podemos observar que a legislação vigente permite para outros que não o Estado, a capacidade de explorar a produção e distribuição de energia, mediante autorização, quando se tratar de empreendimentos energéticos do tipo PCH, cuja energia produzida destina-se a comercialização. Para implantação de usinas com potência instalada de até 5 MW, há dispensa de concessão ou autorização, sendo necessário, apenas, um comunicado ao poder concedente (BRASIL, 2015; BRASIL, 2016).

Diante do exposto, a classificação segundo o tamanho levou a criação de conceitos como centrais geradoras hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas e hidrelétricas, com base na capacidade instalada medida em MW, como o critério de definição e adequando-se à legislação vigente.

2.3.1 Classificação das Centrais Geradoras de Pequeno Porte

As Centrais Geradoras de Pequeno Porte são classificadas em PCHs que têm, obrigatoriamente, entre 5 e 30 megawatts (MW) de potência e devem ter menos de 3 km² de área de reservatório, e CGHs, que são os aproveitamentos dos potenciais hidráulicos, iguais ou inferiores a 5 MW de energia (BRASIL, 2016).

As Centrais Geradoras de Pequeno Porte são classificadas quanto à Capacidade de Regularização, quanto ao Sistema de Adução, quanto à Potência Instalada e à Queda de Projeto (MME, 2000).

Segundo o Ministério de Minas de Energia – MME (2000), os tipos de Centrais Geradoras de Pequeno Porte quanto à capacidade de regularização do seu reservatório, em usinas a fio d'água, isto é, que não operam o reservatório¹⁴, ou de acumulação, com regularização diária ou mensal.

Quanto ao sistema de adução as Centrais Geradoras de Pequeno Porte (CGPP) podem apresentar adução em baixa pressão com escoamento livre em canal/alta pressão em conduto fechado ou adução em baixa pressão com escoamento por meio de tubulação/alta pressão em conduto fechado.

As CGPPs podem ser ainda classificadas quanto à potência instalada e quanto à queda de projeto, como apresentado na Tabela 2, considerando-se os dois parâmetros conjuntamente, uma vez que um ou outro isoladamente não permite uma classificação adequada (MME, 2000).

Tabela 2: Classificação das Centrais Geradoras de Pequeno Porte, quanto à potência e queda de projeto, conforme Lei nº 13.360/2016.

CLASSIFICAÇÃO DAS CENTRAIS	POTÊNCIA – P (kW)	QUEDA DE PROJETO – Hd (M)		
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
Micro	$P < 100$	$Hd < 15$	$15 < Hd < 50$	$Hd > 50$
Mini	$100 < P < 5.000$	$Hd < 20$	$20 < Hd < 100$	$Hd > 100$
Pequenas	$5.000 < P < 30.000$	$Hd < 25$	$25 < Hd < 130$	$Hd > 130$

Fonte: Brasil (2015)

¹⁴ Dimensionamento desse tipo é indicado quando as vazões do rio na estação seca são maiores ou iguais que o engolimento máximo das turbinas.

Atualmente, a principal função das CGPPs é gerar eletricidade em escala comercial, cumprindo um papel importante no sentido de reduzir as emissões globais de gases de efeito estufa, e também de reduzir a dependência da geração elétrica a partir de combustíveis fósseis, uma vez que estes não são renováveis. Por estas razões, a implantação das Centrais Geradoras de Pequeno Porte tende a aumentar em muitas partes do mundo, especialmente em áreas remotas, onde outras fontes de energia não são viáveis (IPCC, 2012).

A implementação de CGPP tem como uma das principais vantagens a forma rápida e eficiente de promover a expansão da oferta de energia elétrica, visando, portanto, suprir a crescente demanda verificada no mercado nacional. Por suas características, este tipo de empreendimento possibilita um melhor atendimento às necessidades de carga de pequenos centros urbanos e regiões rurais, complementando o fornecimento realizado pelo sistema interligado.

2.4 VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

A noção de risco e, conseqüentemente, de vulnerabilidade, permeia diversas nuances da sociedade, desde a academia até o âmbito empresarial. É objeto de uso na economia (análise do risco país, risco de queda nas bolsas de valores), na engenharia (avaliação de riscos de acidentes em construções, na segurança do trabalho), nos seguros, na saúde, entre outros, portanto, é um conceito consideravelmente difundido, por ser, entre outros motivos, o risco um componente recorrente da sociedade moderna. A complexidade deste conceito advém, essencialmente, por ser também essa característica inerente à sociedade contemporânea permeada pela incerteza, pelo medo e pela insegurança. O termo risco está frequentemente acompanhado de um adjetivo, que o qualifica e que o associa ao cotidiano dessa sociedade: risco ambiental, risco tecnológico, risco natural, risco social, risco biológico, risco econômico, entre outros (CASTRO et al., 2005; GARCÍA-TORNEL, 1997).

Mesmo sendo uma categoria de análise relacionada, principalmente, ao desenvolvimento industrial e ao uso da ciência, como formas de controle das incertezas, a noção de risco, sua origem, análise e gestão, têm sido relatadas, por diversos autores

(AUGUSTO FILHO, 2001; CASTRO et al., 2005; CUTTER, 1993). Atualmente, a redução de riscos de desastres e a construção da resiliência estão entre os temas, prioritários, da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Rio+20 e dispostos nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – Agenda 2030, proposto pela ONU, para o período de 2015 – 2030.

O aumento progressivo da população, o conseqüente aumento dos diferentes tipos de riscos (naturais, tecnológicos ou mistos) e a deterioração dos ecossistemas tornam imprescindível o traçado de ações integradas, envolvendo governo, empresa e parceiros locais, para definir políticas que transformem o conhecimento já consolidado em ações concretas, em larga escala, que resultem em benefícios para toda a sociedade (GARCÍA-TORNEL, 1997; ZUCHERATO; CUNHA; DE FREITAS, 2014).

Nesse sentido, a United Nations – International Strategy For Disaster Reduction - UNISDR (2009) destaca algumas necessidades urgentes que devem nortear as políticas dos países e das empresas no que concerne a riscos naturais e tecnológicos e dentre estas, merece destaque a ação prioritária que indica a urgência de reduzir os riscos relacionados às mudanças das condições socioeconômicas e ambientais, que são as bases para o mapeamento da vulnerabilidade.

O conceito de vulnerabilidade é absolutamente indissociável do conceito de risco (REBELO, 2010). O conceito de vulnerabilidade socioambiental, mais utilizado no Brasil, corresponde ao “potencial para a perda” (CUTTER et al., 2009). Blaikie et al. (1994), consideram vulnerabilidade como o conjunto das características de uma pessoa ou grupo, em termos de sua capacidade de antecipar, enfrentar, resistir e se recuperar do impacto de um fenômeno perigoso. Os autores consideram que este conceito envolve uma combinação de fatores que determinam o modo e o grau em que a vida e o sustento dos indivíduos são colocados em perigo por um evento identificável da natureza ou da sociedade.

Cutter (2011) se refere à necessidade de uma abordagem integradora e interdisciplinar para o estudo da vulnerabilidade socioambiental e essa necessidade decorre, sobretudo, da complexidade das interações entre os sistemas naturais, sociais, econômicos e culturais e destaca como princípio fundamental do estudo da vulnerabilidade, o conhecimento geoespacial local. Em todas as escalas, a cartografia dos resultados é fundamental, até para que se possa juntar à cartografia dos processos de risco.

Apesar da atual importância atribuída à ciência da vulnerabilidade, o conceito ainda necessita de uma melhor definição, como constatam diversos autores (BOGARDI, 2004; CUTTER, 1996; CUTTER 2003; WHITE et al., 2001). A vulnerabilidade deve ser avaliada como uma combinação de fatores que determinam o grau com que a vida e a subsistência de alguém são postas em risco por um evento distinto e identificável na natureza e/ou na sociedade. Bohle (2002) expõe a natureza multifacetada da vulnerabilidade quando a concebe a sob dois prismas: um “externo” (ambiental) e outro “interno” (humano), cobrindo uma extensa gama de possíveis danos e consequências, o que implica um período relativamente longo, excedendo certamente o tempo de ocorrência do evento danoso. Para Bogardi (2006), entre a vulnerabilidade e a noção de resiliência, que significa, a habilidade de retornar a um estado similar à condição anterior ao desastre.

No presente trabalho, a noção de vulnerabilidade, bem como, sustentabilidade socioambiental é relacionada à extensão da manifestação espacial dos riscos e às situações de degradação ambiental integrada as dimensões sociais na identificação e análise da vulnerabilidade, é pertinente a adoção da terminologia vulnerabilidade socioambiental. Essa premissa se justifica porque a vulnerabilidade aos riscos ambientais depende de fatores sociais, econômicos, tecnológicos, culturais, ambientais e a relação destes com o ambiente físico natural, envolvendo, portanto, a dinâmica social e a dinâmica ambiental, esta última, inclusive, quando em estado de degradação.

2.4.1 Vulnerabilidade socioambiental e a sustentabilidade de CGPPS

A menção utilizada pelas Nações Unidas na ISDR (International Strategy for Disaster Reduction – 2002) relata que a vulnerabilidade reflete o estado das condições físicas, socioeconômicas e ambientais, individuais e coletivas, as quais são continuamente influenciadas por atitudes, comportamentos culturais, socioeconômicos e política no contexto individual, familiar, comunitária e nacional e que, portanto, o conceito pode ser utilizado em relação à vulnerabilidade em relação a fenômenos e eventos naturais e/ou antrópicos. A vulnerabilidade é direcionada pela ação humana inadvertida ou deliberada que reforça os interesses de grupos dominantes que direcionam a apropriação dos recursos naturais e interagem com os sistemas sociais (ADGER, 2007; MARANDOLA JR.; HOGAN, 2006).

A abordagem integrada da vulnerabilidade em suas múltiplas dimensões sociais e

ambientais requer uma análise integrada de conhecimentos sobre os processos naturais e sociais, portanto, necessita da integração interdisciplinar e o diálogo de saberes para explicar o comportamento de sistemas socioambientais complexos. Segundo a concepção integradora de Morin (1973) natureza e sociedade são interpretadas como partes inseparáveis de um mesmo universo, portanto, em uma perspectiva mais pragmática, a degradação dos ecossistemas depende, em grande parte, da ação humana, e a condição humana depende, reciprocamente, do “estado” da natureza. Neste sentido, natureza pode representar qualidade de vida ou sua deterioração, e sua interpretação não se dissocia da dinâmica social.

Atualmente, o tema vulnerabilidade ganhou maior destaque após a publicação, pela Organização das Nações Unidas (ONU)¹⁵, dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)¹⁶ - Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Segundo esse documento, o desenvolvimento sustentável deve ser promovido em todo o mundo e por todos. Os objetivos dispostos no ODS são parte da primeira agenda universal para o desenvolvimento sustentável, o que significa que todas as nações – desenvolvidas e em desenvolvimento – estão sendo convocadas a tomarem medidas urgentes em seus próprios territórios em busca da Sustentabilidade (ALVES, 2014; ASHLEY; LUZ, 2015; SILVIUS; SCHIPPER 2010; UNESCO, 2015).

As três metas que estão sendo propostas na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável em relação à universalização ao acesso à energia são: acesso universal à energia, redução de 40% no consumo e o alcance da marca de 30%, em nível global, em energia renovável. A preocupação mundial com os níveis das emissões de poluentes, gerados por um crescente consumo de combustíveis fósseis para produção de energia, e o conseqüente impacto nos recursos do planeta e ao clima global, destacaram o papel das fontes de energia renovável para a construção de um futuro energético mais sustentável (BENEJAM et al., 2016; UNESCO, 2015).

Dando ênfase ao proposto nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), o caput do art. 225 da Constituição Federal, vai muito além das dimensões econômicas liberais, ou mesmo sociais, para adentrar o novo paradigma do Estado Democrático de Direito

¹⁵ Organização das Nações Unidas (ONU) - organização internacional com o objetivo de facilitar a cooperação em termos de direito e segurança internacional, desenvolvimento econômico, progresso social, direitos humanos e da paz mundial.

¹⁶ Conferências da agenda social da ONU para o Desenvolvimento Sustentável.

instaurado a partir do advento da Constituição Federal (BRASIL, 1998).

O grande avanço proporcionado pela Carta Magna de 1988 é que em vários pontos, dedica-se direta ou indiretamente, à gestão dos recursos ambientais e à proteção social, buscando o Desenvolvimento Sustentável (CANOTILHO; LEITE, 2012; DA SILVA; DA VEIGA, 2011; VEIGA, 2005).

Uma das formas de avaliar a sustentabilidade de um empreendimento é entender as suas vulnerabilidades e, claro, mensurá-las para relacionar os diversos aspectos de uma realidade complexa (OJIMA; MARANDOLA JR., 2011). Assim, na busca de compreender as interações socioambientais com o empreendimento, o conceito de vulnerabilidade permitiria incorporar tanto as dimensões geofísicas, como os processos sociais que interferem nessa relação. De certa maneira, a vulnerabilidade não deve ser entendida como uma medida única, mas relacional, onde dinâmicas naturais semelhantes podem ser mais ou menos impactantes, dependendo das interações ou combinações de características sociais existentes neste contexto (MARANDOLA JR, 2009; MARANDOLA JR; HOGAN, 2006).

Os estudos de vulnerabilidade socioambiental passaram a ser elaborados com maior amplitude no Brasil com a incorporação dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) que contribuíram muito para a capacidade de sobrepor variáveis espaciais, geográficas, sociais e demográficas em uma escala de setores censitários¹⁷ municipais. Como apontado por Hogan (2000), a experiência recente de grupos consolidados tem mostrado que, uma vez que a interdisciplinaridade é um projeto em construção, um dos pontos necessários para essa operacionalização é a necessidade de um recorte geográfico comum.

Em relação a geração de energia, basicamente, o que define a classificação de um aproveitamento hidrelétrico como CGH ou PCH é sua potência instalada e o tamanho de seu reservatório, pois teoricamente provocam menos impactos ambientais que as UHE, são de menor custo para construção e além disso, tem incentivos governamentais, tais como, autorização não-onerosa para explorar o potencial hidráulico; descontos não inferiores a 50% nos encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição; livre comercialização de energia com consumidores ou conjunto de consumidores, isenção relativa à compensação

¹⁷ O setor censitário é a unidade territorial estabelecida para fins de controle cadastral, formado por área contínua, situada em um único quadro urbano ou rural, com dimensão e número de domicílios que permitam o levantamento por um recenseador.

financeira pela utilização de recursos hídricos (royalties); comercialização das energias geradas com concessionárias de serviço público. Em relação ao processo de licenciamento ambiental, para sua aprovação é necessário a elaboração de um relatório de impacto ambiental simplificado. Tais fatores indicam maior facilidade para instalação de CGPP, porém, não garantem a eficácia socioambiental do sistema e, conseqüentemente, sua sustentabilidade.

A legislação ambiental brasileira prevê a obrigatoriedade da realização de estudo prévio de impacto ambiental – entendido como qualquer alteração na qualidade ambiental resultante da modificação dos processos naturais ou sociais provocada pela ação humana, quando da instalação e operação de atividades, das mais diversas tipologias, com potencial de causar significativa degradação do meio ambiente. De acordo com a Resolução CONAMA nº 01/1986, em seu artigo 2º, inciso XI, dependerá da elaboração de estudo de impacto ambiental a ser submetido à aprovação do órgão estadual competente, o licenciamento ambiental “usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10 MW”. Tal dispositivo legal sofreu alterações com a publicação da Resolução CONAMA nº 237/1997, que, em seus artigos 2º, 3º e 12º, deixou a cargo do órgão ambiental licenciador a decisão sobre a necessidade de apresentação de Estudo de Impacto Ambiental para um dado projeto.

Destaca-se que as CGPPs, principalmente as PCHs não estão automaticamente associadas a impactos ambientais de menor significância ou magnitude, impressão que decorre, principalmente, de sua comparação com as UHEs. Tal avaliação depende de vários aspectos socioambientais, dos quais a dimensão das obras é apenas um deles. Pode-se afirmar apenas que, teoricamente, esses empreendimentos causam menor impacto ambiental do que uma grande usina hidrelétrica. Entretanto, dentro das especificidades socioambientais de uma região e da concepção tecnológica do projeto, as CGHs e PCHs podem infligir impactos ambientais na área de influência do empreendimento em geral, representada pela bacia de drenagem delimitada pelos cursos d’água inseridos na faixa do futuro reservatório, tanto para um bioma determinado, quanto para as populações humanas, particularmente as populações ribeirinhas atingidas pelas obras e pela formação do reservatório.

Os impactos ambientais negativos causados pelas CGPPs são semelhantes àqueles decorrentes da implantação e operação de grandes empreendimentos hidrelétricos, embora, em

geral, ocorram em menor escala, como citado. A identificação dos impactos ambientais é realizada considerando-se as características socioeconômicas e ambientais da área de influência do empreendimento em conjunto com as interferências decorrentes das ações para a viabilização do projeto.

A instalação de CGH e PCH como qualquer outra usina hidrelétrica em determinado espaço geográfico acaba por repercutir na dinâmica deste ecossistema devendo-se, portanto, fazer o reconhecimento da potencialidade e fragilidade do meio ambiente diante da especificidade da obra (ANDRADE, 2007; SILVEIRA, 2010). Os impactos significantes, no meio socioeconômico e cultural, em decorrência da construção e operação de centrais geradoras de energia são descritos no Quadro 1.

Quadro 1: Impactos no meio socioeconômico e cultural decorrentes do planejamento, construção e operação de Centrais Geradoras de Pequeno Porte – CGPP

<i>Fator</i>	<i>Impacto</i>
Aspectos populacionais urbanos	Inundação: interferência nas áreas urbanas; mudança compulsória da população; interferência na organização físico territorial; interferência na organização sociocultural e política; interferência nas atividades econômicas; intensificação do fluxo populacional (imigração e emigração); alteração demográfica dos núcleos populacionais próximos à obra; surgimento de aglomerados populacionais; sobrecarga dos equipamentos e serviços sociais (saúde, saneamento, educação, segurança entre outros)
Aspectos populacionais rurais	Inundação: interferência em terras, benfeitorias, equipamentos e núcleos rurais; mudança compulsória da população; interferência na organização físico territorial; interferência na organização sociocultural e política; interferência nas atividades econômicas; intensificação do fluxo populacional (imigração e emigração)
Habitação	Alteração da demanda habitacional
Educação	Alteração da demanda educacional
Comunidades indígenas e/ ou outros grupos étnicos	Interferência em populações indígenas e/ ou outros grupos étnicos; alteração na organização socioeconômica e cultural; mudança compulsória dos grupos populacionais (aldeias/ povoados); desequilíbrio nas condições de saúde e alimentação
Patrimônio cultural	Inundação de sítios arqueológicos; desaparecimento de sítios paisagísticos; desaparecimento de edificações de valor cultural; desaparecimento de sítios espeleológicos; interferência no potencial turístico; alteração na dinâmica histórica regional

Fonte: Brasil (2015)

Embora as CGHs e PCHs não se utilizem de volumosas acumulações de água, o impacto causado em sua disponibilidade é um dos mais significativos dentre os problemas gerados. A ausência de um grande reservatório não deverá causar mudanças indesejáveis na qualidade, porém o desvio de um curso natural do rio, em função da barragem, pode ser uma fonte de conflito com outros usos (GALVÃO; BERMAN, 2015). Os impactos ao meio físico, decorrentes do planejamento, construção e operação de centrais geradoras de energia, são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Impactos no meio físico, decorrentes do planejamento, construção e operação de Centrais Geradoras de Pequeno Porte – CGPP

Fator	Impacto
Recursos hídricos	Alteração do regime hídrico provocando atenuação dos picos de cheias/vazantes e aumento do tempo de residência de água no reservatório; alteração da descarga a jusante em função do período do enchimento e/ou de desvio permanente do rio; assoreamento do reservatório e erosão das encostas a jusante e a montante; interferência nos usos múltiplos do recurso hídrico: navegação, irrigação, abastecimento, controle de cheias, lazer, turismo, entre outros; elevação do lençol freático
Clima	Interferência no clima local
Solos e recursos minerais	Interferência na atividade mineral; perda do potencial mineral; erosão das margens; degradação de áreas utilizadas pela exploração de material de construção e pelas obras civis temporárias; interferência no uso do solo
Qualidade da água	Alteração do ambiente de lótico para lântico; alteração da estrutura físico-química e biológica do ambiente; deterioração da qualidade da água (comprometendo abastecimento de água, os equipamentos da usina, entre outros); criação de condições propícias ao desenvolvimento dos vetores e dos agentes etiológicos de doenças de veiculação hídrica; contribuição de sedimentos, agrotóxicos e fertilizantes, face a ocupação da bacia

Fonte: Brasil (2015)

A construção e operação de CGPP pode causar a perda de patrimônio vegetal e a diminuição do volume de água. Dependendo do trecho atingido pela mudança do regime hídrico e da sua relevância ecológica, pode provocar uma alteração na comunidade aquática, que pode resultar na extinção de algumas espécies endêmicas e na perda de biodiversidade, como apresentado no Quadro 3 .

Quadro 3: Impactos no meio biótico, decorrentes do planejamento, construção e operação de centrais geradoras de energia

Fator	Impacto
Vegetação	Inundação da vegetação com perda de patrimônio vegetal; redução do número de indivíduos com perda de material genético e comprometimento da flora ameaçada de extinção; interferência no potencial madeireiro; perda de habitats naturais e da disponibilidade alimentar para a fauna; interferência em unidades de conservação; aumento da pressão sobre os remanescentes de vegetação adjacentes ao reservatório; interferência na vegetação além do perímetro do reservatório, em decorrência da elevação do lençol freático ou de outros fenômenos
Fauna aquática	Interferência na composição qualitativa e quantitativa da fauna aquática com perda de material genético e comprometimento da fauna ameaçada de extinção; interferência na reprodução das espécies (interrupção da migração, supressão de sítios reprodutivos etc.); interferência nas condições necessárias à sobrevivência da fauna
Fauna terrestre e alada	Interferência na composição qualitativa e quantitativa da fauna terrestre e alada com perda de material genético e comprometimento da fauna ameaçada de extinção; migração provocada pela inundação com adensamento populacional em áreas sem capacidade de suporte; aumento da pressão sobre a fauna remanescente através da fauna predatória

Fonte: Brasil (2015)

Há uma grande controvérsia quanto ao reconhecimento dos efeitos socioeconômicos positivos causados quando da construção de uma usina hidrelétrica. É de suma importância, a avaliação dos impactos socioambientais. Como benefícios socioambientais ou vantagens da energia hidrelétrica a International Hydropower Association (IHA, 2003) enumera os benefícios dispostos no Quadro 4. Esses benefícios podem ser efetivados com identificação dos programas e medidas que possam ser utilizadas para mitigar os impactos ou compensar a população direta ou indiretamente envolvida pelo projeto pelos danos causados.

Quadro 4: Benefícios socioambientais ou vantagens da energia hidrelétrica, principalmente, Centrais Geradoras de Pequeno Porte – CGPP

Aspectos	Benefícios
Econômicos	Alta eficiência energética; não consome água, isto é, deixa o recurso disponível para outros usos; facilidade de absorver carga quando interligada no sistema elétrico regional; longa vida útil (50 a 100 anos, ou mais); avanço tecnológico e geração de empregos para a região; proporciona independência energética para exploração dos recursos naturais; melhora as condições de trabalho e produtividade agrícola.
Sociais	Permite o uso múltiplo dos reservatórios como prevenção de enchentes, abastecimento de água, irrigação, navegação, recreação e ecoturismo; permite melhorar a acessibilidade ao local através de construção e melhora de estradas; permite melhorar as condições de vida das populações vizinhas; construção com grande participação da mão de obra local; sustenta os modos de vida através de fornecimento de energia, alimento (produto de pesca, irrigação de plantações) e abastecimento de água para dessedentação humana e animal.
Ambientais	Não polui a atmosfera, com baixa emissão de gases de efeito estufa – dióxido de carbono (CO ₂) e gás metano (CH ₄); não produz resíduos perigosos, com baixa produção de resíduos na operação da usina; não consome recursos renováveis; permite, por meio de monitoramento, melhor conhecimento de dados ambientais da área de influência (bacia hidrográfica, por exemplo), contribuindo desta forma para uma melhoria da gestão ambiental desta unidade; permite, por meio de estudos, aumento do conhecimento e manejo de espécies.

Fonte: Brasil (2015); IHA (2003)

Ressalta-se, assim, a pertinência da discussão das questões socioambientais, em uma escala mais ampla, que permita avaliar os reais custos e benefícios das decisões de implementar centrais geradoras de energia de pequeno porte. É certo que esses aproveitamentos têm contribuído de forma importante para exploração do potencial dos recursos hídricos do país. Em função de suas características técnicas e de sua menor área de inundação, seus impactos ambientais tendem a ser de menor magnitude. Entretanto, há situações onde as centrais geradoras de energia de pequeno porte, principalmente as PCHs

possuem impactos negativos maiores que os positivos, principalmente, quando as questões socioambientais não são dimensionadas e integradas de forma coerente no ambiente em que se insere. Dessa forma, recentemente tem sido dada atenção especial aos impactos ambientais sinérgicos e cumulativos resultantes desses empreendimentos, sendo necessário ampliar essa atenção aos problemas sociais, conjuntamente com os ambientais.

2.5 SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE CGPPs

Atualmente, a busca por melhores condições do meio ambiente passa, necessariamente, pelo desenvolvimento de práticas administrativas que procuram gerenciar os aspectos, principalmente ambientais, de maneira integrada à gestão global de uma empresa de produção de energia. Durante o processo de construção de CGPPs, o processo acarreta impactos ao meio ambiente e às populações (meio social) que habitam próximas às mesmas, na bacia hidrográfica onde o empreendimento é instalado. Portanto, esses empreendimentos necessitam de um estudo da vulnerabilidade socioambiental, da área de influência direta e indireta, coerente com as normas estabelecidas pela legislação e pelos órgãos ambientais competentes (BORGES; MEIRA, 2009; CANDIANI, 2013; MARIOTONI; BADANHAN, 2001).

Adger (2006) afirma que, frequentemente, pessoas e lugares são excluídos do processo de tomada de decisão, assim como do poder e dos recursos, portanto, se faz necessário que as políticas de intervenção para reduzir a vulnerabilidade sejam capazes de identificar as suas causas. Desta forma, os empreendedores, através do estudo integrado do local do empreendimento, precisariam reconhecer a pluralidade de conhecimentos ou saberes locais e dos sistemas de governança existentes para gerenciar os riscos e promover a resiliência.

Em função do menor impacto ambiental das CGHs e PCHs, conforme legislação vigente em relação ao licenciamento ambiental essas são dispensadas de estudos ambientais mais complexos, como o Estudo de Impacto Ambiental – EIA e o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, e licenciadas somente por meio de um Relatório Ambiental Simplificado – RAS, que foi instituído pela Resolução nº 279, de 27 de junho de 2001 (BRASIL, 2001).

Em nível regional, existem também instituições de controle legal das intervenções no meio ambiente, que estão sob a tutela do Poder Estadual. Desta forma, os Estados podem possuir uma estrutura com instituições ambientais próprias, que vão se responsabilizar pelo

meio ambiente, no processo de geração de energia, nos seus territórios.

No Estado de São Paulo, a Secretaria de Meio Ambiente – SMA, baseada na sua atribuição de desenvolvimento de um material técnico e metodológico de avaliação de impacto ambiental para aplicação no planejamento de atividades modificadoras do meio ambiente, estabeleceu um procedimento diferenciado para o licenciamento ambiental.

Visando simplificar o processo, tornando os estudos mais objetivos e garantindo a participação da população afetada, antes mesmo do início da elaboração do EIA, caso este seja necessário, foi promulgada a Resolução SMA-42/1994 que prevê que, para requerer a Licença Prévia – LP o empreendedor deve preparar um Relatório Ambiental Preliminar – RAP, documento técnico equivalente ao Relatório Ambiental Simplificado – RAS. A análise deste relatório poderá conduzir a três situações: dispensa de elaboração do EIA, outorgando a LP; solicitação do EIA, podendo ser realizada uma audiência prévia para incorporar os interesses e sugestões da população aos estudos e ao projeto; ou indeferimento do processo de licença em razão de impedimentos legais ou técnicos.

Pereira e Nascimento (2010), a implantação de empreendimentos para a produção de energia hidrelétrica é, invariavelmente, acompanhada de impactos que representam alterações nas condições do ambiente em que se inserem. Embora existam impactos que se mostrem recorrentes, independentemente das características construtivas e operacionais dos empreendimentos, suas manifestações e aspectos qualitativos apresentam notáveis variações que se relacionam diretamente com o nível de integridade ambiental da área de influência do empreendimento.

Segundo Nascimento (2001) e Pereira; Nascimento (2010), em relação aos aspectos sociais, é necessário desenvolver mais estudos sobre as aspirações, prioridades e atitudes das populações envolvidas na implantação de um empreendimento, pois se pressupõe que a população tenha sido amplamente informada sobre o empreendimento objeto de licenciamento. A participação popular no processo de licenciamento ambiental é fundamental. Geralmente, os impactos ambientais importantes, relacionados diretamente ao cotidiano da população, não são apresentados a ela e discutidos adequadamente. Estes impactos podem interferir na economia local (aumento no valor dos aluguéis, aumento temporário na oferta de emprego, ampliação do comércio e aumento da população), interferir na área social (aumento

na demanda de serviços públicos, tais como, educação, saúde e segurança) e também na infraestrutura local (maior trânsito de veículos e desgastes da malha viária).

O processo de licenciamento ambiental simplificado das PCHs deve ser visto com cautela pois, conforme o resultado da caracterização físico-ambiental e social da bacia onde será o empreendimento, pode causar danos significativos comparáveis aos das grandes hidrelétricas. Neste sentido, o uso da avaliação socioambiental integrada é fundamental para a sustentabilidade do empreendimento (BORGES; MEIRA, 2009; CANDIANI, 2013; OLIVEIRA; ZHOURI, 2007; SILVA NETO, 2008). Tecnicamente, o objetivo de uma da avaliação socioambiental integrada é verificar a situação ambiental da bacia com os empreendimentos hidrelétricos implantados e os potenciais barramentos, considerando seus efeitos cumulativos e sinérgicos sobre os recursos naturais e as populações humanas; os usos atuais e potenciais dos recursos hídricos no horizonte atual e futuro de planejamento, tendo em conta a necessidade de compatibilizar a geração de energia com a conservação da biodiversidade e manutenção dos fluxos gênicos e a tendência de desenvolvimento socioeconômico local, à luz da legislação e dos compromissos internacionais assumidos pelo governo federal.

A análise de sensibilidade em estudos de impacto socioambiental consiste em selecionar variáveis espaciais mais favoráveis ou adequadas para a instauração de um empreendimento. O objetivo é sempre mitigar impactos. Nesse sentido, a utilização do SIG torna-se fundamental para implementar uma linguagem comum, facilitando, sobremaneira, o intercâmbio e a realimentação de informações necessárias no processo de análise integrada.

As avaliações de fragilidade feitas com o suporte em ambiente SIG diminuem consideravelmente o nível de subjetividade do processo de decisão do empreendedor. O sistema facilita muito o trabalho dos analistas socioambientais porque viabiliza uma visão integrada dos planos de informação (temas) selecionados, possibilita a visualização do cenário regional atual e a ainda permite caracterizar um cenário prospectivo de implantação do empreendimento.

Fazer análises pautadas em planos de informação dá ao estudo grande abrangência; afinal abordam-se componentes naturais e sociais em seus diversos níveis de interdependência exigindo um permanente exercício interdisciplinar para montar cenários ambientais

necessários que procure explicar as complexas interações entre sistemas sociais, naturais e artificiais. Embora seja importante compreender os sistemas e processos naturais que dão origem a vulnerabilidade, não é possível compreender completamente o impacto de tais processos e/ou acontecimentos naturais, a menos que se examine a forma como esse sistema se integra com a sociedade.

As condições de estabilidade/equilíbrio do sistema podem ser rompidas através de alterações realizadas em qualquer um dos componentes da natureza, gerando instabilidade. Qualquer intervenção realizada, não respeitando as vulnerabilidades do sistema, pode acarretar alterações na sensibilidade da paisagem em função do rompimento de seus limiares, resultando então na fragilização deste sistema.

A maior ou menor facilidade com que este limiar pode ser rompido, dependendo tanto das características “genéticas” dos sistemas ambientais quanto do uso que se faz da terra. Desta forma, dependendo destas variáveis o ambiente pode ser classificado em diferentes níveis de fragilidade. Neste contexto, vale destacar que por meio da utilização de técnicas de geoprocessamento torna-se possível operacionalizar a identificação das áreas com maior vulnerabilidade socioambiental, no intuito de gerar elementos para a compreensão das inter-relações das vulnerabilidades socioambientais e sua influência no empreendimento.

CAPÍTULO 3

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, afluente do rio Paraitinga, estando integralmente localizada no município de São Luiz do Paraitinga, Estado de São Paulo. O acesso é feito pela BR-125 (rodovia Oswaldo Cruz) e, posteriormente, pela rodovia Abílio Monteiro de Campos, que, na área de influência direta da PCH em estudo, margeia integralmente o rio do Chapéu.

O município de São Luiz do Paraitinga está localizado no Alto Vale do Paraíba Paulista na microrregião de Paraibuna/Paraitinga e pertencente à terceira Região Administrativa do Estado de São Paulo.

São Luiz do Paraitinga faz fronteira ao norte com o município de Lagoinha, a Noroeste com Cunha, ao Sudeste com Ubatuba, a Sudoeste com Natividade da Serra, e Oeste com Redenção da Serra e a Nordeste com Taubaté. Está a uma distância de 170 Km da Capital do Estado de São Paulo. A área total do Município, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, é de 617,148 Km² (BRASIL, 2010).

Sobre a caracterização socioeconômica, verifica-se que São Luiz do Paraitinga chegou a ter 18.000 habitantes na década de 1920, população que se reduziu a cerca de 15.000 habitantes em 1950 e a aproximadamente 11.000, pelo censo de 2000. A população atual do município de São Luiz do Paraitinga, conforme dados do IBGE, é de aproximadamente 10.404 habitantes (BRASIL, 2010), sendo as atividades agropecuárias e turísticas as de maior relevância para o município. O potencial turístico vem sendo explorado em função do município apresentar aproximadamente quatrocentos imóveis construídos nos séculos XIX e início do XX, e em 1982 o conjunto arquitetônico ter sido tombado pelo CONDEPHAAT (Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado), e em 2010, ser tombado de forma emergencial pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), tombamento ratificado em 2012 com a elevação do conjunto arquitetônico à condição de patrimônio nacional.

No aspecto das condições socioeconômicas, de acordo com dados do IBGE as condições medidas pelo Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) apresentaram sensível

melhora. O IDH-M é definido através da média geométrica das dimensões da Educação, da Renda e da Longevidade, procurando avaliar a qualidade de vida da população por meio de aspectos atinentes ao acesso ao conhecimento, à renda e a expectativa de vida ((BRASIL, 2010; PNUD, 2013).

O município está classificado, no IDH-M, em 2010, em 590º lugar no ranking do Estado de São Paulo. O IDH-M passou de 0,575 em 2000 para 0,697 em 2010, uma taxa de crescimento de 21,22%. A distância entre o IDH-M do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 71,29% neste período, sendo, a dimensão cujo o índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,202), seguida por Longevidade e por Renda. A Tabela 3 exibe o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) de São Luiz do Paraitinga para os anos de 1991, 2000 e 2010.

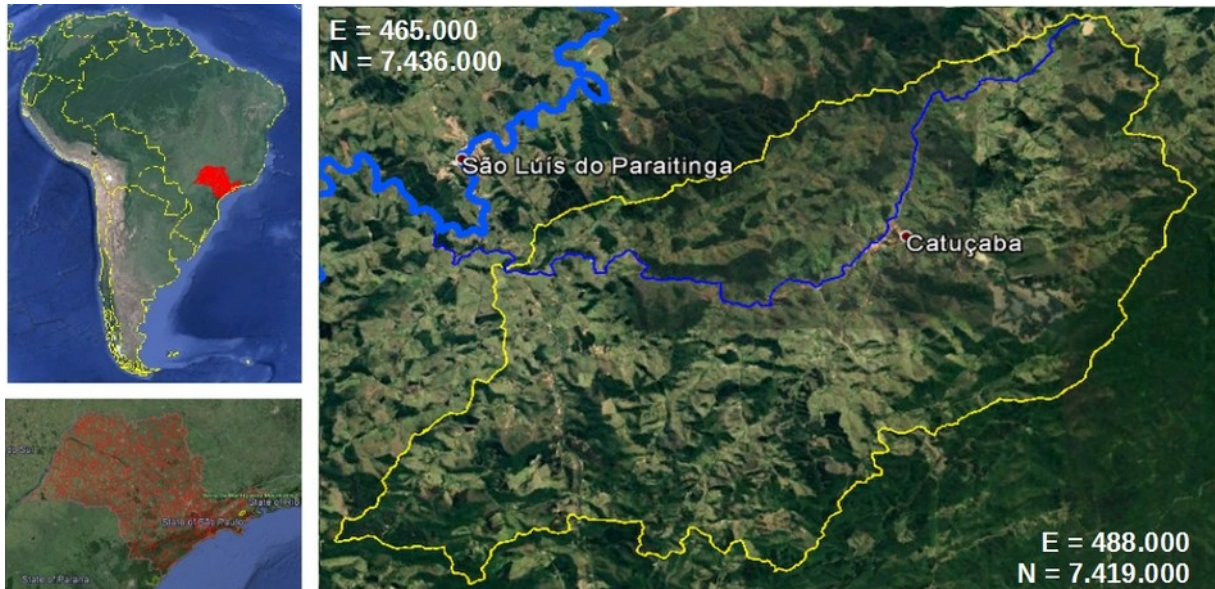
Tabela 3: Dados do IDH-M de 1991, 2000 e 2010 do município de São Luiz do Paraitinga (SP)

Indicador	Estado de São Paulo	São Luiz do Paraitinga
IDHM 1991	0,578	0,457
IDHM Educação	0,363	0,235
IDHM Longevidade	0,730	0,711
IDHM Renda	0,729	0,570
IDHM 2000	0,702	0,575
IDHM Educação	0,581	0,391
IDHM Longevidade	0,789	0,745
IDHM Renda	0,756	0,652
IDHM 2010	0,783	0,697
IDHM Educação	0,719	0,593
IDHM Longevidade	0,845	0,826
IDHM Renda	0,789	0,691

Fonte: Brasil (2010)

A Figura 9 mostra a área de estudo, caracterizando a localização da bacia do Rio do Chapéu.

Figura 9: Localização da bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)

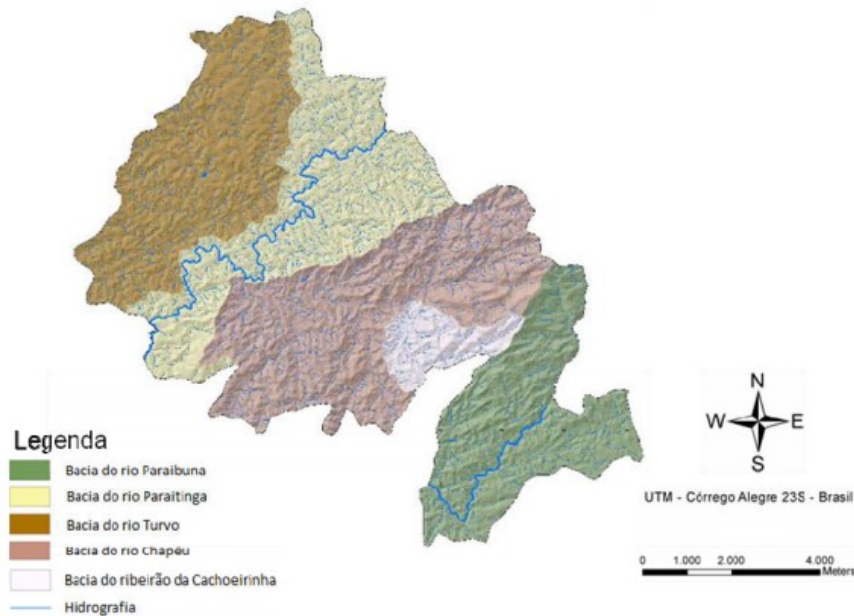


Fonte: Produção do próprio autor

O município de São Luiz do Paraitinga é cortado por dois rios principais, ou seja, o rio Paraitinga que nasce na serra da Bocaina no município de Areias – SP à 1800 m de altitude e pelo rio Paraibuna que nasce no município de Cunha – SP. O rio Paraitinga possui sua bacia inserida na porção ocidental da Serra do Mar, a qual se caracteriza por apresentar um relevo com elevada diversidade topográfica, cuja zona de planalto é conhecida pela denominação de “mar de morros” (Ab’Saber, 2003). A bacia hidrográfica do rio Paraitinga, no município de São Luiz do Paraitinga, tem como principais afluentes o rio do Chapéu e rio Turvo como demonstrado na Figura 10. O Paraitinga que possui uma bacia a montante de São Luiz do Paraitinga com área de 2413 km² é o principal formador do rio Paraíba do Sul, que recebe essa denominação a partir da confluência do rio Paraitinga com o rio Paraibuna, a jusante da sede do município de Paraibuna, pertencendo a UGRHI¹⁸ 2.

¹⁸ UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.

Figura 10: Bacias Hidrográficas do município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Prefeitura Municipal de São Luiz do Paraitinga (2009)

O município de São Luiz do Paraitinga possui 4 bacias hidrográficas, representativas, sendo elas a do rio Paraitinga, do rio Paraibuna, do rio Turvo e do rio do Chapéu (Figura 10). Especificamente a bacia hidrográfica do rio do Chapéu, onde encontra-se a área de estudo deste trabalho, está localizada entre os paralelos $23^{\circ}11'06''$ e $23^{\circ}20'13''$ de latitude sul e os meridianos $45^{\circ}07'25''$ e $45^{\circ}20'50''$ de longitude oeste e ocupa uma área de 20.620 ha, dos quais, 9.139,35 ha estão localizados no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Santa Virgínia, unidade de conservação de proteção integral criada em 2 de maio de 1989.

O rio do Chapéu é um afluente da margem esquerda do rio Paraitinga. Sua nascente situa-se 1344 metros acima do nível do mar e sua foz no Paraitinga está localizada aproximadamente 4 km a jusante do Centro Histórico de São Luiz do Paraitinga.

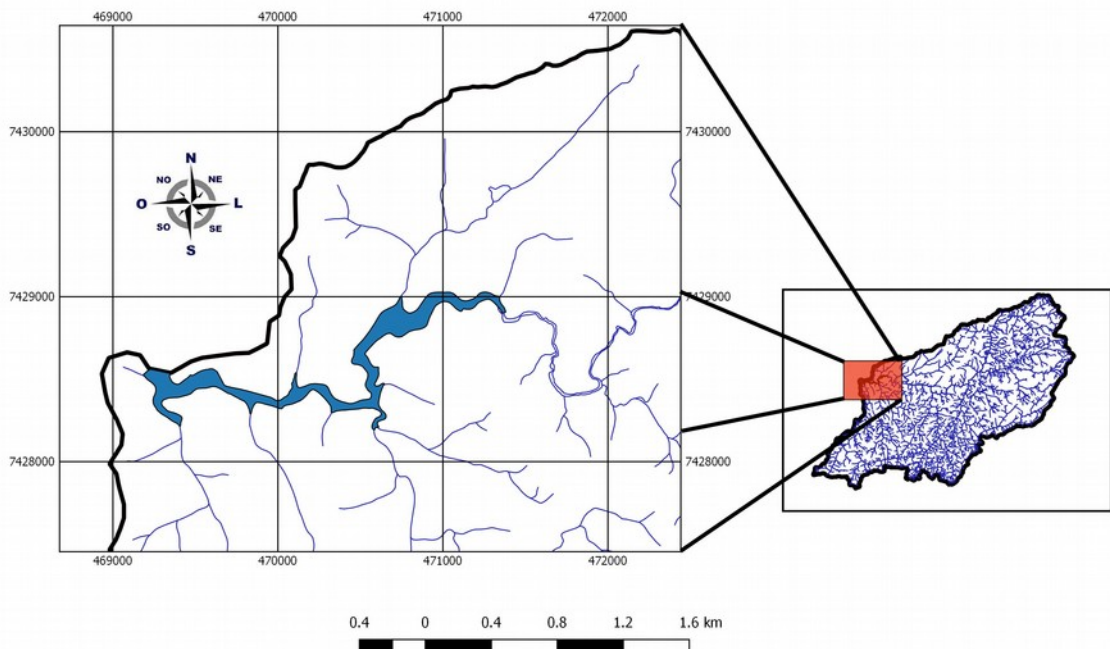
O rio do Chapéu é um afluente da margem esquerda do rio Paraitinga. Sua nascente situa-se a 1344 metros acima do nível do mar e sua foz no Paraitinga está localizada a, aproximadamente, 4 km a jusante do Centro Histórico de São Luiz do Paraitinga.

A delimitação da área de estudo constitui uma etapa relevante no processo metodológico adotado para a execução dos estudos, uma vez que procura definir a abrangência espacial dos

levantamentos a serem efetuados. Para tanto, foram consideradas as Resoluções CONAMA 01/1986 e 237, que dispõem que a área de influência é porção territorial passível de ser afetada direta ou indiretamente pelos impactos ambientais decorrentes do empreendimento, em suas fases de projeto, implantação e operação. Dessa forma, para a definição da área de influência foram consideradas questões geográficas, em especial as relacionadas à bacia hidrográfica do rio do Chapéu.

Para a delimitação da área de estudo buscou-se abranger aspectos importantes da região potencialmente passível de ser afetada, direta ou indiretamente, pela instalação e operação de uma CGPP (Figura 11).

Figura 11: Área de influência direta e indireta da Central Geradora de Pequeno Porte - CGPP hipotética, localizado na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)

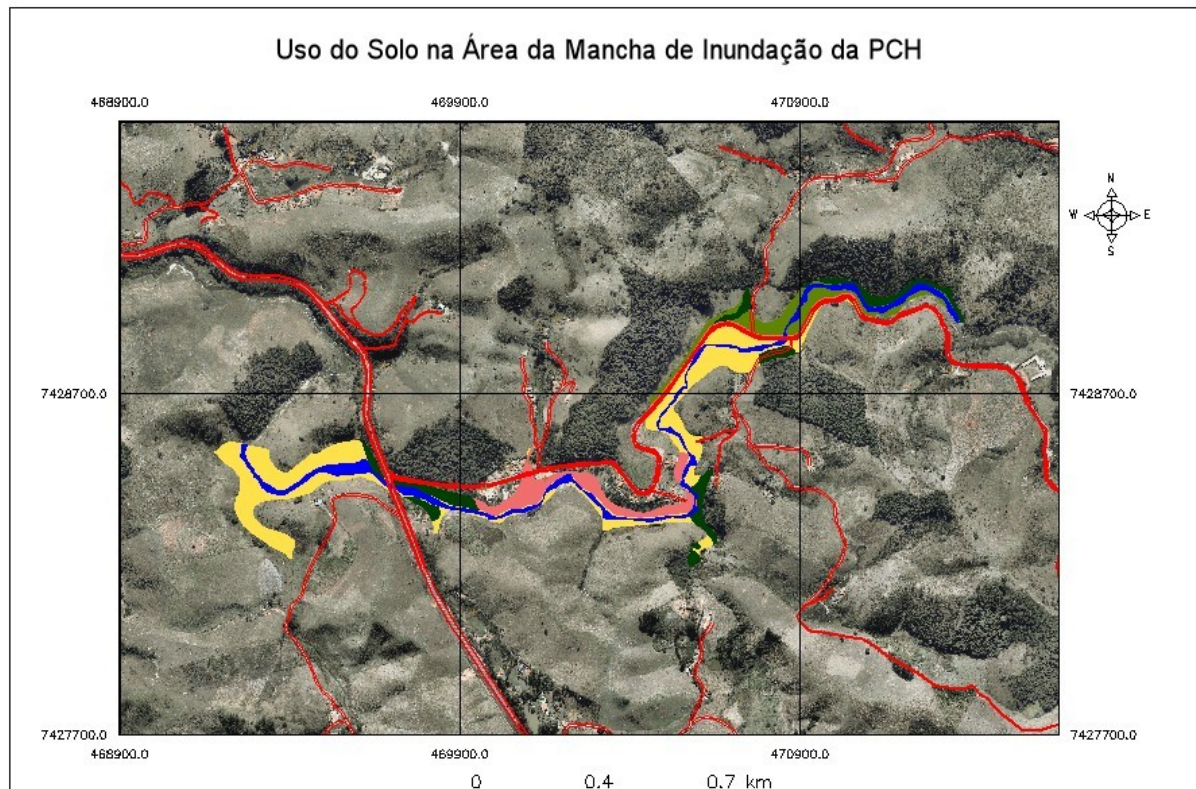


Fonte: Produção do próprio autor.

Para a delimitação da área de influência direta, buscou-se identificar as áreas

diretamente influenciadas pelos impactos inerentes ao empreendimento em questão, tanto para o meio antrópico quanto para o meio natural na porção territorial coincidente com a área do reservatório (Figura 12). A abordagem da área de influência indireta levou em consideração os impactos indiretos do empreendimento, que também considerou a parte da bacia hidrográfica do rio do Chapéu, a montante, da central geradora de pequeno porte hipotética.

Figura 12: Mapa de uso do solo na mancha de inundação da Central Geradora de Pequeno Porte - CGPP hipotética, localizado na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Produção do próprio autor.

Conforme observado no Mapa de uso do solo na mancha de inundação da Central Geradora de Pequeno Porte – CGPP hipotética, localizado na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (Figura 12), 45,2% da área de inundação está, atualmente, com pastagens, 14,1% com mata ou capoeira e 14,3% com área urbanizada. Observa-se, portanto, a existência de impacto socioambiental na área direta de influência do empreendimento hipotético, que devem ser mitigados através de estudos e programas propostos, visando o monitoramento e compensação aos impactos identificados. Porém, esses

estudos e programas que visam a mitigação das vulnerabilidades da área de influência direta de CGPP, não são temas estudados nesse trabalho.

3.1.1 Condições climáticas regionais

O clima é fator determinante das condições ambientais, na medida em que influencia a distribuição e disponibilidade dos recursos hídricos superficiais e subsuperficiais e controla a ação dos processos exógenos (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009).

Segundo dados do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura – CEPAGRI (2016) e do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – SIGRHI, e de acordo com a classificação climática proposta por Koeppen, que considera dados mensais de pluviosidade e temperatura do ar, o clima do município de São Luiz do Paraitinga é caracterizado como Cwa – clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno. A temperatura média no período de verão é de 23,5 °C e a média do período de inverno é de 16,4 °C (Tabela 4). de verão é de 23,5 °C e a média do período de inverno é de 16,4 °C (Tabela 4).

Tabela 4: Dados médio de temperatura e precipitação do município de São Luiz do Paraitinga (SP)

Mês	Temperatura do ar (°C)			Chuva (mm)
	Mínima média	Máxima média	Média	Precipitação
Jan	17,5	28,6	23,1	202,5
Fev	17,8	28,6	23,2	195,6
Mar	17,0	28,2	22,6	134,1
Abr	14,3	26,3	20,3	75,5
Mai	11,6	24,4	18,0	57,6
Jun	10,0	23,2	16,6	37,2
Jul	9,5	23,3	16,4	27,5
Ago	10,7	25,2	18,0	33,5
Set	12,6	26,3	19,4	60,7
Out	14,4	26,9	20,6	97,4
Nov	15,4	27,6	21,5	115,6
Dez	16,8	27,7	22,2	172,8

Ano	14,0	26,4	20,2	1210,0
Min	9,5	23,2	16,4	27,5
Max	17,8	28,6	23,2	202,5

Fonte: CEPAGRI (2016)

É comum a ocorrência de geadas, principalmente nos meses de junho e julho. Em agosto e setembro têm-se os menores valores de umidade relativa do ar.

Os dados de pluviometria da área de estudo apresentam totais anuais médios de pluviosidade de 1.200 mm, principalmente nas proximidades da Serra do Mar. A precipitação apresenta um comportamento sazonal bem diferenciado com maiores índices pluviométricos nos meses que correspondem ao verão e menores nos meses de inverno. Podemos observar que os meses mais chuvosos são os de dezembro, janeiro e fevereiro e os meses com menor volume hídrico correspondem aos meses de junho, julho e agosto.

A análise das condições climatológicas, indicam que no inverno, a média pluviométrica é de 25 mm, e, no verão, passam de 200 mm. A precipitação total média anual dos anos de 1971 a 2016 é de 1224,71 mm. Os excedentes hídricos ocorrem preferencialmente de dezembro a março, condicionando os períodos mais críticos para a ocorrência de escorregamentos e inundações, que são frequentes no município.

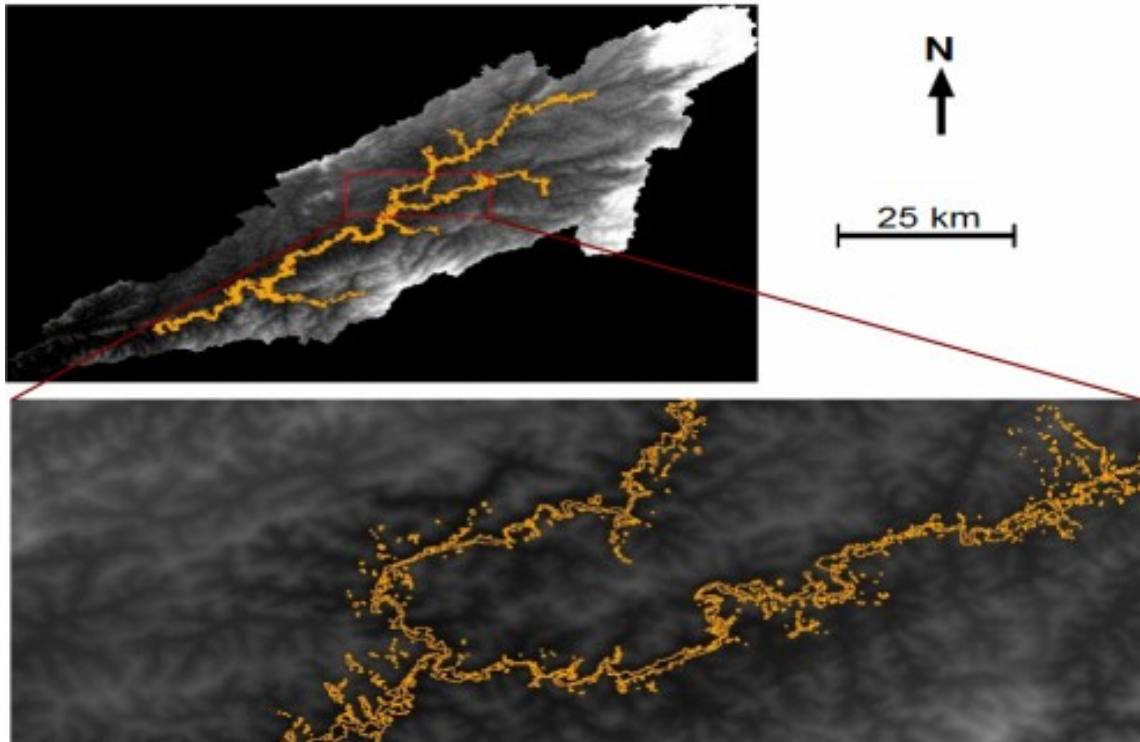
No início de janeiro do ano de 2010 ocorreram fortes chuvas na região Sudeste, particularmente no Estado de São Paulo, sendo registrado o maior índice de precipitação pluviométrica desde 1943. O município de São Luiz do Paraitinga foi atingido pela força de uma grande enchente, de intensidade sem precedentes em sua história conhecida. Uma conjunção de fatores provocou a tragédia, sendo que o Rio Paraitinga, que corta toda cidade, incluindo seu centro histórico, subiu aproximadamente 12 metros acima de seu nível normal, (SANTOS, 2015).

Segundo informações do DAEE¹⁹, diversos fatores contribuíram para o evento crítico, tais como a saturação natural do solo, dificultando a absorção do grande volume de chuvas de 2009 em especial, o das chuvas do final de ano (SANTOS, 2015). Os elevados índices de

¹⁹ Informações do DAEE em audiência pública de 12 de março de 2010, realizada a pedido do GAEMA – Regional do Vale do Paraíba. Documentos disponíveis no CERESTA.

chuvas a montante da cidade, principalmente, na bacia hidrográfica do rio Jacuí, no município de Cunha, afluente do Rio Paraitinga e elevado índice de chuvas na Bacia do Rio do Chapéu, provocou o extravasamento da calha do rio como pode ser observado na Figura 13.

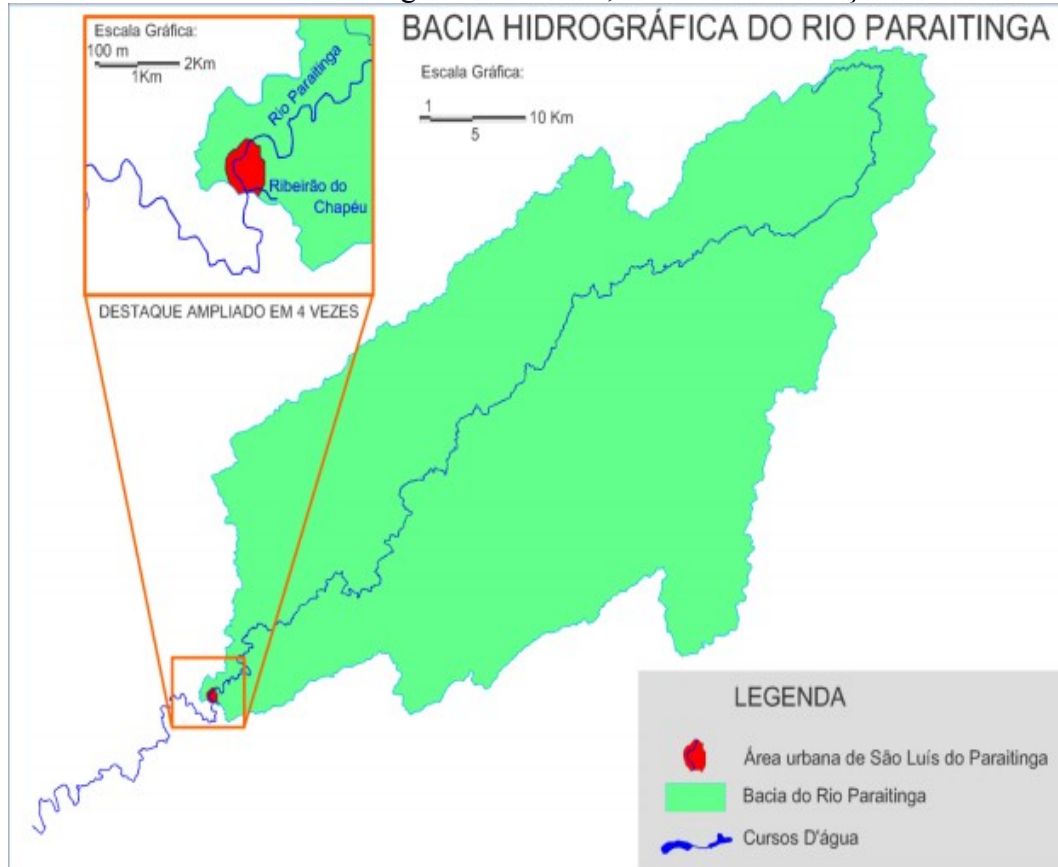
Figura 13: Mapa ilustrando as áreas de inundação (em amarelo) sobre o MDT (superior) e detalhe do retângulo vermelho mostrando a área de inundação próxima à confluência dos rios Paraitinga e Jacuí.



Fonte: Dias; Batista; Catelani (2010).

Segundo Dias; Batista; Catelani (2010) a distribuição das áreas de inundação mostra a abrangência da inundação nas proximidades da confluência dos rios Paraitinga e Jacuí. Pode-se notar que as áreas sobre o rio Jacuí apresentam porções com larguras significativamente maiores que o rio Paraitinga a montante da confluência.

Figura 14: Sub-bacia do Rio Paraitinga à montante da cidade de São Luiz do Paraitinga (SP) com a hidrografia do entorno. A área da sub-bacia é de 1.951km² onde as águas são direcionadas para São Luiz do Paraitinga. Destaque para a área urbana de São Luís do Paraitinga em vermelho, área de concentração da bacia.



Fonte: Verde; Da Silva Schicchi (2013)

Segundo Verde; Da Silva Schicchi (2013), a representação da sub-bacia do Rio Paraitinga apresentada destaca a enorme área, a montante, de concentração pluviométrica (1.951km²) em comparação com a área do município (617 km²), conforme figura 14. Nesta área encontra-se a bacia do rio Jacuí, no município de Cunha, citada por Dias; Batista; Catelani (2010).

O índice de chuvas propriamente dito foi extremamente acima do normal. A Tabela 5 demonstra o índice de precipitações pluviométricas mensal de outubro de 2009 e da primeira semana de janeiro de 2010, medidas pela estação do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Observa-se que, apesar de dezembro e janeiro serem meses muito chuvosos, a média histórica destas chuvas são 200 mm por mês. Em dezembro de 2009, isso foi superado em

cinco vezes e, apenas no dia 1º de janeiro de 2010, segundo Verde; Da Silva Schicchi²⁰ (2013), choveu 200,2 mm.

Tabela 5 Precipitação pluviométrica na bacia do Paraitinga, afluente do rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo no período de outubro de 2009 a janeiro 2010

Mês	Precipitação (mm)
Outubro/2009	113,6
Novembro/2009	120,8
Dezembro/2009	410,6
Janeiro/2010	283,0

Fonte: INMET (2010)

No período, a precipitação apresentou valores bem maiores que a média climatológica do município, a exemplo de dezembro, onde foram medidos 410,6 mm, sendo que a normal climatológica é de 195,0 mm.

Após muitos dias de precipitações significativas, no dia primeiro de janeiro de 2010, o Rio Paraitinga e o Rio do Chapéu sobrecarregaram seu ponto de afunilamento, gerando refluxo da água a partir do ponto de confluência que, em consequência, rapidamente teve um aumento de aproximadamente 12 metros acima do seu nível comum – segundo relatórios técnicos do DAEE – transbordando e cobrindo grande parte do município de São Luiz do Paraitinga – tendo a totalidade de seu centro histórico submersa com águas acima de 4 metros de altura do nível das calçadas²¹.

Com o solo encharcado, pela frequência das chuvas, o Rio Paraitinga cobriu grande parte da área urbana que acompanhava o curso d'água, construída em sua maioria, com estruturas de madeira e barro, suscetíveis de ruírem ao absorverem água.

Várias são as causas que levaram ao processo de enchente na passagem de ano de 2009

²⁰ VERDE; DA SILVA SCHICCHI, 2013 – Publicado, também, no Relatório Técnico do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), disponível na Prefeitura Municipal de São Luiz do Paraitinga, SP.

²¹ Dados referentes ao Relatório Técnico do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), disponível na Prefeitura Municipal de São Luiz do Paraitinga, SP.

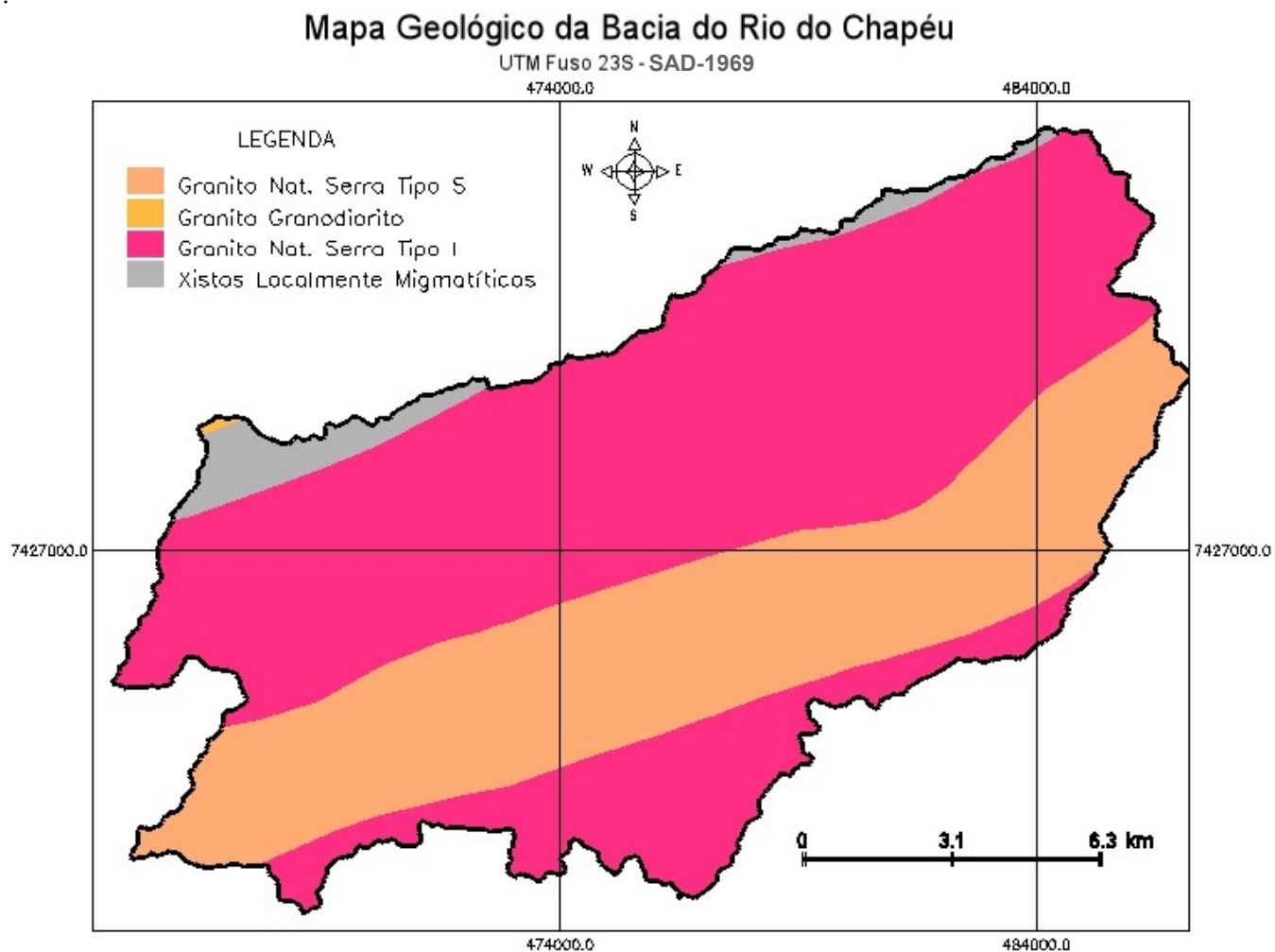
para 2010, que foi considerada por especialistas de geografia e de hidrologia como a maior enchente dentro do espaço de tempo registrado na existência daquele sítio urbano. Dias; Batista; Catelani (2010) afirmam que a combinação de cobertura do solo pouco eficiente na retenção da água da chuva com as características de relevo bastante acidentado (o chamado “mar de morros”) torna-se um fator de risco elevado para a ocorrência de enchentes na região, associadas a chuvas fortes, típicas dos meses de verão, que foram agravadas, em 2010, pelos eventos climáticos ocorridos no período.

3.1.2 Geologia da área de estudo

São Luiz do Paraitinga está localizada na região do Alto Vale do Paraíba, no planalto cristalino do reverso da Serra do Mar (PETRONE, 1959). O município está estabelecido sobre o Planalto do Paraitinga/Paraibuna, que compõe uma das unidades geomorfológicas da Província do Planalto Atlântico (ROSS, 1997).

A área de estudo encontra-se em terrenos constituídos por rochas ígneas metamórficas pré-cambrianas associados, principalmente, ao Complexo Embu, recortados por zonas de cisalhamento dúcteis, dextrais, sub-verticais e profundas, com orientações ENE a E-W (IPT 2010). Encontra-se, predominantemente, rochas ígneas que correspondem às rochas de composição, predominantemente, graníticas, as quais foram intrudidas nas sequências de rochas metamórficas do entorno. De acordo com o mapa geológico apresentado na Figura 15, na área de estudo são identificadas as seguintes unidades geológicas: Granito Natividade da Serra Tipo S, Granito Natividade da Serra Tipo I, Granito Granodiorito e Xistos localmente migmatíticos, descritas brevemente a seguir.

Figura 15: Mapa geológico da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Adaptado do Projeto FEHIDRO PS 178/2009 – AKARUI (2013).

A unidade Granito Natividade da Serra Tipo I, (NP3aγ2Inas) é formada por granitóides que, normalmente, apresentam composição heterogênea, variando de tonalítica a granítica, são foliados e entende-se de forma alongada e paralela aos eixos de dobramento de uma das fases do Proterozóico Superior. Seus limites com as demais unidades são difusos (gradativos) ou abruptos. Estes tipos de granitóides são os predominantes e classificam-se como corpos sintectônicos. Subordinadamente, podem ocorrer corpos de composição granodiorítica, não foliados (pós-tectônicos). Tipos alaskíticos, alcalinos e sub-alcalinos também podem estar presentes.

Na unidade Granito Natividade da Serra, Tipo S (Caγ4Sna), predominam rochas de composição granítica variável, estruturadas otiálmicas, nebulíticas schollen e migmatíticas principalmente, policíclica. Subordinadamente ocorrem granitóides e recorrência de litotipos da unidade Granito Natividade da Serra Tipo I.

A unidade Xistos (NPexm), localmente migmatíticos, é formada por um pacote, essencialmente, metapelítico, que corresponde ao complexo EMBU. Predominam xistos e filitos (biotita-quartzo muscovita xistos, silimanita-granada-micaquartzoxistos, xistos grafitosos, filitos e quartzo filitos) e, subordinadamente, quartzitos, calcários, dolomitos, calcissilicáticas, metagrauvas, calcixistos e metabasitos. Tais rochas na área do Vale, frequentemente exibem feições resultantes de cisalhamento e encontram-se fortemente estiradas.

A unidade Granodiorito é uma rocha ígnea semelhante ao granito, mas contendo mais plagioclase do que feldspato alcalino. Apresenta geralmente hornblenda e biotite em abundância, o que lhe confere uma aparência mais escura que a do granito. A biotite pode apresentar-se com cristais hexagonais bem desenvolvidos e a hornblenda em cristais prismáticos.

3.1.3 Rede de Drenagem

A bacia hidrográfica do rio do Chapéu, onde está inserida a área de estudo, é um dos principais afluentes do Rio Paraitinga, que em confluência com o Rio Paraibuna são os formadores do Rio Paraíba do Sul, um importante rio da região sudeste do país, que passa pelo território de três Estados, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

O município de São Luiz do Paraitinga insere-se na bacia hidrográfica do Rio

Paraitinga, que abrange uma área drenada de 5.271 km² (FUNDAÇÃO CHRISTIANO ROSA, 2009). A cabeceira de drenagem principal está localizada na Serra da Bocaina, entre os municípios de Areias e São José do Barreiro (SP), em uma altitude próxima a 1.800m. O percurso do rio até o município de São Luís do Paraitinga é de cerca de 80 km, com desnível altimétrico maior que 1.000 m e com declividade média de 4,9 km⁻¹, atravessando o Planalto de Paraitinga/Paraibuna pelos municípios de Cunha e Lagoinha, entre a Serra do Mar e as Serras da Bocaina, Quebra Cangalha e Jambeiro, onde recebe diversos afluentes em vale encaixado e meandrante (FUNDAÇÃO CHRISTIANO ROSA, 2009; SANTOS, 2006).

O rio do Chapéu está situado no trecho mais a jusante da bacia, onde encontram-se os trechos com maior declividade e estreitamento do canal, o efeito deste estreitamento é potencializado pela existência de grande quantidade de rochas no leito do rio, provocando o aumento da velocidade das águas neste trecho.

Na área de estudo destaca-se como principal curso d'água o rio do Chapéu. A orientação geral dos cursos d'água segue, em linhas gerais, a direção NW-SE (Figura 16). Sua nascente situa-se 1344 m acima do nível do mar e sua foz, no rio Paraitinga, está localizada a, aproximadamente, 4 km a jusante do Centro Histórico de São Luiz do Paraitinga.

Figura 16: Mapa de drenagem da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Adaptado do Projeto FEHIDRO PS 178/2009 – AKARUI, 2013.

A bacia hidrográfica do rio do Chapéu é de 6ª ordem, indicando ser muito ramificada, com uma área de 206,2 km² e perímetro de 82,6 km. O comprimento do canal principal é de 29,5 km com uma rede de drenagem total de 737,9 km. A densidade de drenagem é de 3,57 km/km², indicando dessa forma, que a microbacia possui uma alta densidade de drenagem.

3.2 METODOLOGIA APLICADA

O conceito de vulnerabilidade, tem sido estabelecido por diversos autores, dentre os quais Birkmann; Wisner (2006) e Vogel; O'Brien (2004), destacam o fato de que a vulnerabilidade é multidimensional e diferencial, ou seja, varia com o espaço físico e entre e dentro de grupos sociais; é dependente da escala, quanto ao tempo, espaço e unidades de análise, podendo ser, individual, familiar, regional e sistema; e dinâmica, sendo que as características e as forças motrizes da vulnerabilidade mudam a todo tempo. Por essa razão, muito já se discutiu sobre as dificuldades de se operacionalizar, mensurar e representar esse conceito. Houve, entretanto, nas últimas décadas significativos avanços no que se chama ciência da vulnerabilidade, no que diz respeito à sua operacionalização e seu uso na definição de espaços diferenciados quanto às condições sociais e à susceptibilidade de determinados grupos sociais aos perigos naturais ou advindos da tecnologia.

No Brasil, é crescente o número de pesquisas que tratam da hierarquização espacial e da elaboração de índices de vulnerabilidade, procurando avaliar as desigualdades sociais e ambientais e reduzir os riscos atrelados a eventos naturais e tecnológicos. Cita-se como exemplo o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social, elaborado pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados do Estado de São Paulo – Fundação SEADE, que é utilizado neste trabalho (Fundação SEADE, 2010). Outros exemplos brasileiros que valem referência são os de Cunha (2006); Dantas; Costa (2009); Deschamps (2004).

A fim de alcançar o objetivo proposto de avaliar os impactos socioambientais em centrais geradoras de pequeno porte – CGH e PCH, a metodologia foi dividida em seis etapas:

- a) levantamento de dados referentes a implantação de CGPP (marco legal e institucional, além da análise de trabalhos semelhantes ao tema em estudo) e dos procedimentos de avaliação dos impactos socioambientais;
- b) desenvolvimento dos mapas de pedologia, declividade e APPs da área de

estudo, a partir dos mapas temáticos do Projeto FEHIDRO PS 178/2009, e inserção no banco de dados;

c) desenvolvimento do mapa de Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental – IVFA, através da análise e integração dos dados dos mapas temáticos de declividade e de pedologia da área de estudo. Esse processo foi realizado por meio de programas em linguagem LEGAL Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (por operação booleana, cruzando-se as informações dos mapas de declividade e do mapa pedológico, obtendo-se o mapa de capacidade de uso da terra que, posteriormente, foi cruzado, pelo mesmo processo, com o mapa de APPs, para adequação da classe VIII gerando o mapa final de IVFA).

d) desenvolvimento do mapa de Índice de Vulnerabilidade Social – IVS a partir de dados dos setores censitários, da área de estudo, que caracteriza a vulnerabilidades social da área e a sua inclusão num banco de dados georreferenciado, utilizando o SIG completo SPRING 4.3.3 (CÂMARA et al., 1996), e a posterior produção do Mapa de Índice Vulnerabilidade Social da bacia.

e) desenvolvimento do mapa de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA a partir do produto da multiplicação ponderada das camadas (álgebra de mapas) dos mapas de Índice de Vulnerabilidade Social – IVS, Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental – IVFA e Uso do Solo, da área de estudo, com intuito de compreender as inter-relações das vulnerabilidades socioambientais e sua influência no empreendimento.

Para a discussão dos resultados socioambientais da área de estudo foram utilizados os dados gerados nas oficinas do Diagnóstico Participativo realizado durante o Projeto FEHIDRO PS 216/2010 - “Projeto Recuperação físico-ambiental da Bacia do Chapéu no município de São Luiz do Paraitinga: geração e análise de dados, elaboração de projetos executivos e implantação de projetos modelo em APP” (AKARUI, 2012).

As principais informações espaciais da bacia hidrográfica do rio do Chapéu, tais como, a delimitação da bacia hidrográfica, rede de drenagem, área urbana, limites municipais,

principais vias de acesso, curvas de nível, uso do solo e mapa de declividade, foi produzido com suporte dos produtos cartográficos e dados espaciais do Projeto FEHIDRO-PS 178/2009 – “Análise físico Ambiental da bacia do rio do Chapéu, subsídio a ações preventivas e mitigadoras do assoreamento do rio no município de São Luiz do Paraitinga”.

3.2.1 Levantamento de dados

A seleção da área de estudo foi incentivada pela execução do Projeto de Pesquisa – FEHIDRO-PS 178/2009, pela existência da PCH do Chapéu, instalada em 1925, com uma potência de 150 KW e que permaneceu em funcionamento até 1948, e devido à Resolução Conjunta SMA/SSRH N° 001/2014, que define a bacia como área prioritária de intervenção do Programa de Incentivos à Recuperação de Matas Ciliares e à Recomposição de Vegetação nas Bacias Formadoras de Mananciais de Água – Programa Mata Ciliar e, por ser área do Projeto de Recuperação e Proteção dos Serviços Relacionados ao Clima e à Biodiversidade no Corredor Sudeste da Mata Atlântica, projeto que envolve os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro; o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e tem apoio do Global Environment Facility (GEF) e Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID).

3.2.2 Estruturação do Banco de Dados para delimitação da central geradora de pequeno porte hipotética e geração do mapa de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) da área de contribuição da CGPP hipotética

Talvez a mais bem-sucedida abordagem no sentido de modelar o universo funcional em SIG venha da Álgebra de Mapas (BERRY, 1987; BERRY; TOMLIN, 1982; TOMLIN, 1990; TOMLIN; BERRY, 1979). Citando Tomlin (1990), “a abordagem da modelagem cartográfica tenta generalizar e padronizar o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) por meio da decomposição de tarefas de processamento de dados em componentes elementares, que podem então ser combinados facilmente”.

O termo “álgebra de mapas” foi cunhado por Tomlin (1990) para indicar o conjunto de procedimentos de análise espacial em Geoprocessamento que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas. Esta visão concebe a análise espacial como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas, em analogia aos ambientes de álgebra e estatística tradicional. Os mapas são tratados como variáveis individuais, e as

funções definidas sobre estas variáveis são aplicadas de forma homogênea a todos os pontos do mapa.

Os principais conceitos da Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algébrico – LEGAL e exemplos de aplicação utilizando um conjunto de operadores pontuais e de vizinhança (locais), foram apresentados por Câmara (1995) e Cordeiro et al. (1996) e implementados no software SPRING, desenvolvido por Câmara et al. (1996), a partir da proposta original definida em Câmara (1995) e disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring/>.

O Banco de Dados Georreferenciados (BD) utilizado no desenvolvimento desse trabalho foi criado com a utilização do software SPRING (CÂMARA et al., 1996), um SIG que possui várias ferramentas, que permitem a entrada, integração, manipulação e cruzamento dos dados, além da saída dos resultados em formato digital e de um módulo de geração de cartas para impressão (analógico). O BD criado no SPRING armazena todas as definições de categorias de dados, que constituem os diversos tipos de camadas de informação georreferenciada (PI's) (INPE, 2005).

Para a execução das análises geoespaciais da área de estudo, utilizaram-se os dados de altimetria, hidrografia, estradas, limite da bacia, declividade, pedologia, uso do solo, áreas de preservação permanente, drenagem e bairros coletados na área de estudo e compilados de outras fontes.

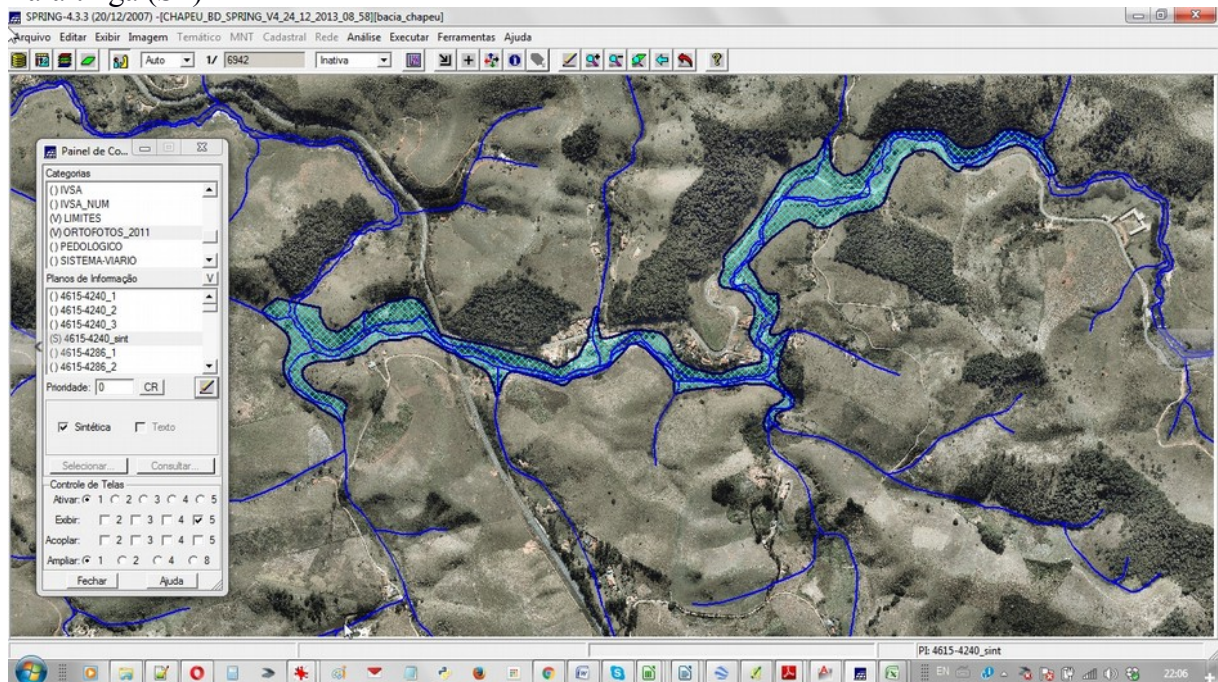
Para a análise geoespacial social da área de estudo foram utilizadas as fontes de dados do Índice Paulista de Responsabilidade Social – IPRS, versão 2014 da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE, e do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS – versão 2010, também da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, ambos baseados nos dados espacializados por setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010).

A estruturação, integração e execução dos dados ambientais e modelos usados, foi realizada por meio de rotinas computacionais desenvolvidas no software SPRING 5.2.3, concebido e idealizado pelo (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) INPE (CAMARA, et al., 1996).

3.2.3 Delimitação da central geradora de pequeno porte hipotética e geração dos mapas temáticos referentes a área de contribuição da CGPP hipotética

Para delimitar a CGPP, na área de estudo, e avaliar os impactos socioambientais do empreendimento, foi definido um ponto a jusante da rodovia Oswaldo Cruz para a locação do barramento, e a partir do eixo do barramento foi delimitada a mancha de inundação, sendo que o polígono resultante foi utilizado para recortar o uso do solo correspondente e a quantificação do impacto da inundação nessa área diretamente afetada, bem como o número de residências existentes nessa área que, portanto, serão afetadas (Figura 17).

Figura 17: Captura de tela da delimitação da Central Geradora de Pequeno Porte - CGPP hipotética, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Produção do próprio autor.

Todos os dados foram reinterpretados a partir do eixo do barramento da CGPP, a partir do qual foram recortadas todas as demais camadas de informação disponíveis no banco de dados.

A delimitação da área de contribuição da CGPP foi realizada com base no divisor topográfico de água a partir de dados disponíveis no banco de dados do projeto FEHIDRO-PS 178/2009.

3.2.4 Processamento de dados e base de dados para a geração do mapa de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) área de contribuição

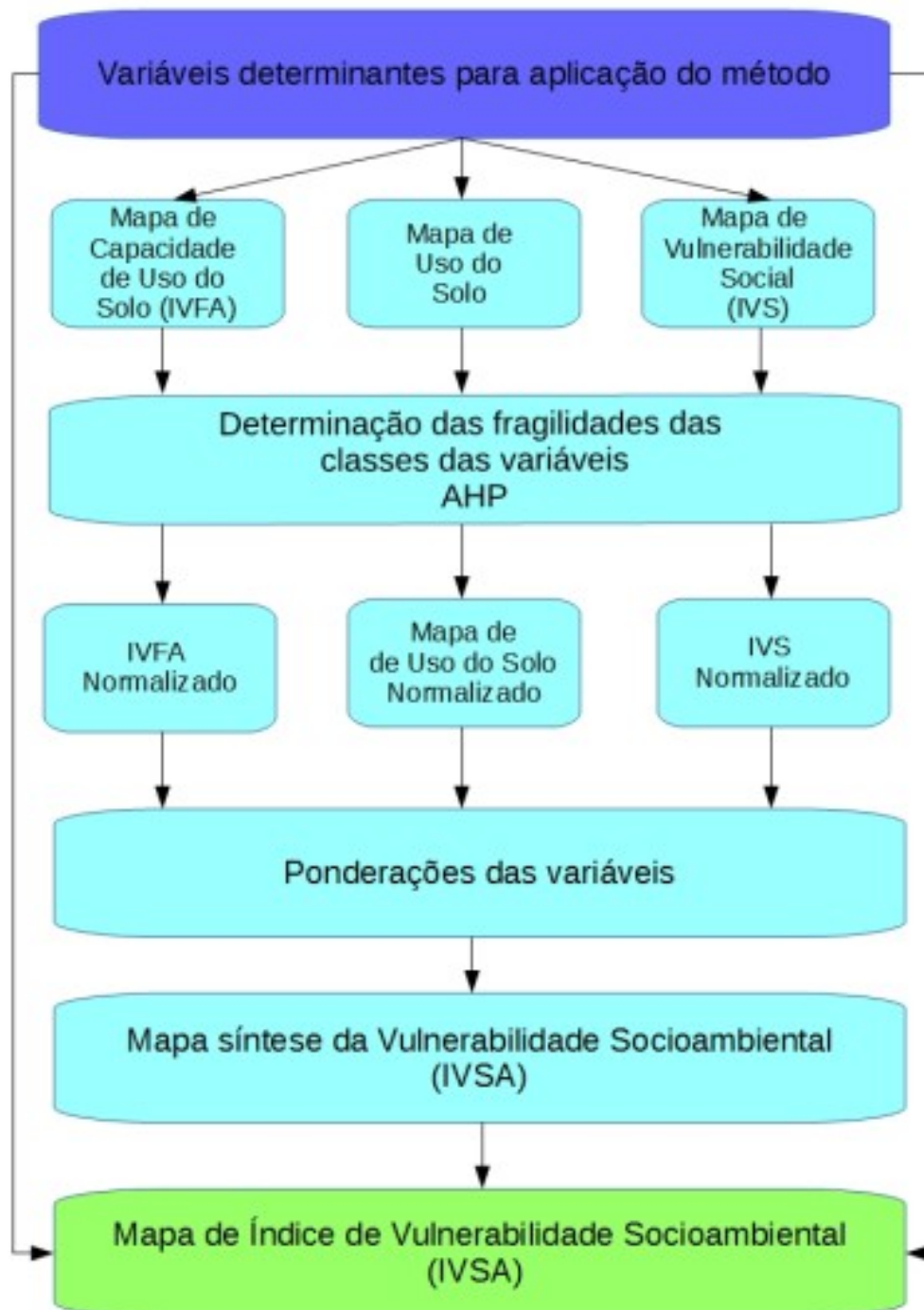
Foram incorporados ao banco de dados georreferenciados, os dados preexistentes referentes à drenagem, pedologia, declividade, área de preservação permanente (APP), Uso do Solo e Bairros que compõem a bacia.

Aplicando-se os procedimentos de álgebra de mapas no SPRING com a linguagem espacial para geoprocessamento algébrico – LEGAL, foi possível obter o mapa de Índice e Vulnerabilidade Físico Ambiental (IVFA) e o mapa de índice de vulnerabilidade social (IVS).

Como método de combinação de mapas (álgebra de campos), utilizou-se a reclassificação, por meio da ponderação, em que um novo atributo quantitativo é associado ao atributo qualitativo, representado no modelo de grade numérica (GRID), criando uma representação numérica espacializada dos dados, antes temáticos, de variação espacial contínua.

Para a geração do mapa de índice de vulnerabilidade socioambiental (IVSA) foi utilizado o módulo de análise de suporte à decisão baseada em técnicas AHP (Analytical Hierarchy Process) do SPRING, que possibilita o arranjo de camadas de informação em dupla combinação baseado na “Escala de Valores AHP por comparação pareada” (SAATY 1977; WIND; SAATY, 1980). Os dados utilizados nesse processo foram os mapas numéricos (GRID) de índice de vulnerabilidade Físico Ambiental (IVFA), do uso do solo e de índice de vulnerabilidade social (IVS) da área de estudo, sendo que o produto da multiplicação das camadas por índices ponderados, após o uso da AHP, foi realizado por meio de um programa em LEGAL, gerando o mapa numérico de IVSA, conforme disposto na Figura 18.

Figura 18: Fluxo de trabalho para obter o mapa de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental - IVSA



Fonte: Produção do próprio autor.

3.2.5 Análise da vulnerabilidade físico-ambiental da bacia de contribuição da central geradora de pequeno porte.

Neste trabalho utilizou-se a capacidade de uso do solo como determinante para avaliação do IVFA, tendo em vista que a classe de capacidade de uso do solo é a medida capaz de indicar a máxima capacidade de utilização em uma determinada área. O sistema de classificação de capacidade de uso do solo foi desenvolvido, originalmente, pelo Serviço Nacional de Conservação do Solo dos Estados Unidos para orientar os produtores americanos quanto ao planejamento do uso sustentado de suas propriedades (SANTOS, 2001). É um sistema conservacionista, que considera um nível médio a alto de manejo, adaptado para áreas que possuam levantamentos pedológicos detalhados ou semidetalhado.

Segundo o método do Sistema de Classificação da Capacidade de Uso das Terras descrito por Lepsch et al. (1983); Lepsch (1991), as categorias do sistema de classificação da capacidade de uso estão hierarquizadas em grupos e classes. Os grupos de capacidade de uso compreende terras que têm como critério de separação a intensidade do uso agrícola, sendo em número de três, representados pelas letras maiúsculas, A, B e C, e as classes estão dispostas dentro desses grupos, conforme Quadro 5.

Quadro 5: Classe de Capacidade de Uso do Solo

Grupo	Classe	Indicação de Uso
A	I	Terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação;
	II	Terras cultiváveis com problemas simples de conservação
	III	Terras cultiváveis com problemas complexos de conservação
	IV	Terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação.
B	V	Terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação, cultiváveis apenas em casos muito especiais.
	VI	Terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, com problemas simples de conservação, cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo.
	VII	Terras adaptadas em geral somente para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação.
C	V	Terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, podendo servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação, ou para fins de armazenamento de água.

Fonte: Lepsch et al. (1983); Lepsch (1991)

A determinação da capacidade de uso das terras restringiu-se aos níveis de grupos e classes, de acordo com os critérios sugeridos por Lepsch et al. (1983); Lepsch (1991) e Salomão et al. (1999). Tal metodologia define o uso das terras por meio da integração de dados referentes aos solos e a declividade do terreno, conforme descrito no Quadro 6.

Quadro 6: Sistematização da Metodologia Adotada para a Classificação da Capacidade de Uso da Terra da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)

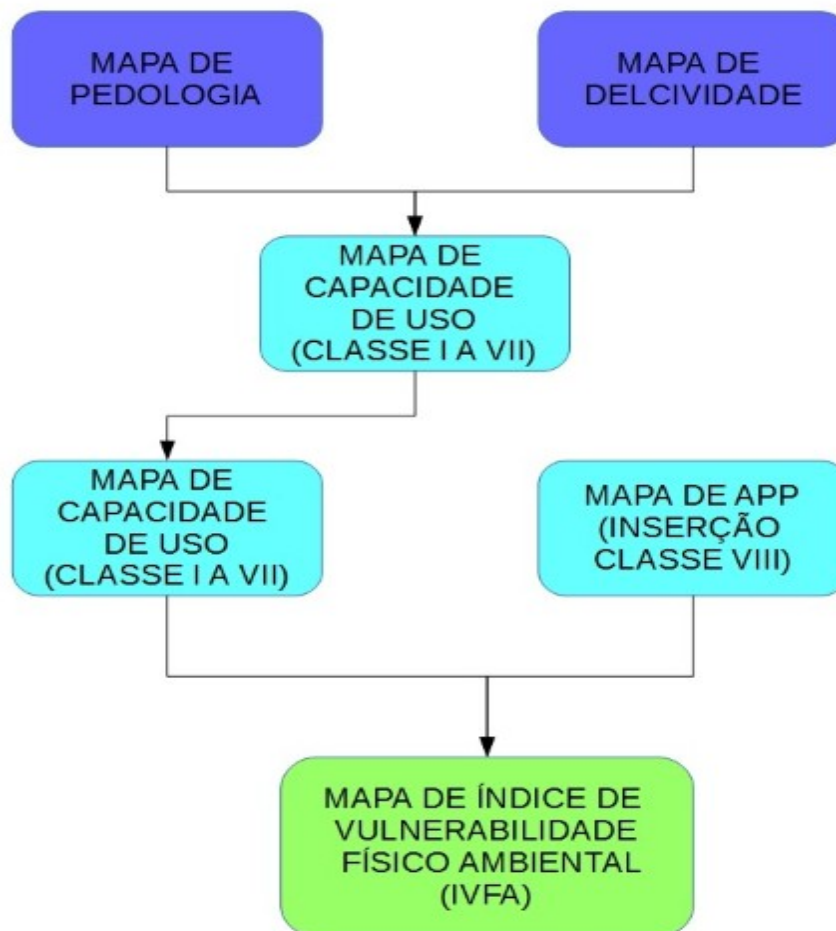
Grupo	Classe	Solos	Declividade	Indicação de Uso
A	I	Profundos, com boa retenção de água	<3%	Qualquer tipo de cultura
	II	Profundos, com boa retenção de água	3% - 6%	Qualquer tipo de cultura com controle de erosão
	III	Profundos, com boa retenção de água	6 – 12%	Qualquer tipo de cultura com controle mecânico de erosão
	IV	Profundos a rasos, com alta a baixa retenção de água	12 – 20%	Pastagens e culturas perenes
B	V	Encharcados e com risco às inundações	<3%; 3% - 6%	Pastagens e reflorestamento
	VI	Rasos a medianamente profundos	6 – 12%	Pastagens e reflorestamento
	VII	Rasos a medianamente profundos	12 – 20%	Reflorestamento e APP
C	VIII	Rasos e pedregosos	> 20%	APP

Fonte: Lepsch et al. (1983); Lepsch (1991); Salomão et al. (1999)

A análise do IVFA tem como base as condições da paisagem e as características naturais da região, considerando, principalmente, informações como declividade, pedologia e área de preservação permanente, de forma a viabilizar um efetivo gerenciamento dessa vulnerabilidade na área de estudo (MARTÍN-DUQUE et al., 2012; ROSS, 2012).

Para realizar o mapeamento da do IVFA da área de influência da PCH hipotética, proposta nesse estudo, foi necessário o mapeamento e cruzamento de três fatores considerados decisivos para a determinação desta vulnerabilidade: declividade, pedologia e áreas de preservação permanente (área legal) conforme disposto na Figura 19.

Figura 19: Fluxo de trabalho de obtenção do mapa de Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental (IVFA)



Fonte: Produção do próprio autor.

Para a obtenção do IVFA, primeiramente foram cruzados os dados de Pedologia e Declividade (Figura 20), para a determinação das classes de capacidade de uso do solo (classes de I a VII), apoiado na metodologia desenvolvida no United States Department of Agriculture (USDA) e adaptada por Lepsch (1983), para a geração do mapa de classes de capacidade de uso da terra (CATELANI et al., 2012; INCRA, 2006).

Figura 20: Captura de tela do módulo de interpretação da LEGAL referente ao mapeamento das classes da capacidade de uso do solo na área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)

```

Tematico solos ("PEDOLOGICO");
Tematico mapadeclividade ("DECLIVIDADE");
Tematico cpuso ("CAPACIDADE_DE_USO");

solos = Recuperar (Nome="Pedologico-chapeu-revisado");
mapadeclividade = Recuperar (Nome="Declividade");

cpuso = Novo (Nome="classe_capac_uso", ResX=5, ResY=5, Escala=10000 );
cpuso = Atribua (CategoriaFim="CAPACIDADE_DE_USO")

{
"Classe II" : mapadeclividade == "Classe A declividade de 0 a 3%" && solos == "Rubd",
"Classe II" : mapadeclividade == "Classe B declividade de 3 a 5%" && solos == "Rubd",
"Classe II" : mapadeclividade == "Classe C declividade de 5 a 12%" && solos == "Rubd",
"Classe II" : mapadeclividade == "Classe A declividade de 0 a 3%" && solos == "Rubd2",
"Classe II" : mapadeclividade == "Classe B declividade de 3 a 5%" && solos == "Rubd2",
"Classe II" : mapadeclividade == "Classe C declividade de 5 a 12%" && solos == "Rubd2",
"Classe III" : mapadeclividade == "Classe A declividade de 0 a 3%" && solos == "CHbd",
"Classe III" : mapadeclividade == "Classe B declividade de 3 a 5%" && solos == "CHbd",
"Classe III" : mapadeclividade == "Classe C declividade de 5 a 12%" && solos == "CHbd",
"Classe III" : mapadeclividade == "Classe A declividade de 0 a 3%" && solos == "CXbd",
"Classe III" : mapadeclividade == "Classe B declividade de 3 a 5%" && solos == "CXbd",

```

Fonte: Produção do próprio autor.

Para a inserção da classe VIII no mapa de capacidade de uso foi cruzado o mapa resultante da etapa anterior, com o mapa de APP. O mapeamento das APPs foi realizado com base no Código Florestal, Lei nº. 12.651/2012 (BRASIL, 2012), conforme proposto por Garcia (2012); Nery et al. (2014); Wollmann; Bastos (2015). que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências, e na Lei 12.727/2012, que altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012 e o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. As situações de APP observadas na área de estudo são as descritas nos Incisos I, IV e V, da referida Lei, transcritos como segue:

"I – as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012). a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de

menos de 10 (dez) metros de largura; b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros; II – as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de: a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros; b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;” IV – as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros; (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012). V – as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;...” (Brasil, 2012).

Para a inserção da classe VIII no mapa de capacidade de uso foi cruzado o mapa resultante da etapa anterior, com o mapa de APP. A partir dos mapas de pedologia, declividade e APP foram atribuídas relações de classificação onde uma determinada classe de solo combinada com uma determinada classe de declividade resulta numa determinada classe de capacidade de uso, que é acrescida das APPs, que por si representam a classe VIII de capacidade de uso, por restrição da legislação ambiental (Figura 21).

Figura 21: Captura de tela do módulo de interpretação da LEGAL referente ao mapeamento da classe VIII de capacidade de uso do solo da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)

```

Tematico apps ("APP");
Tematico cpuso ("CAPACIDADE_DE_USO");
Tematico classeviii ("CAPACIDADE_DE_USO");

apps = Recupere (Nome="APPs");

classeviii = Novo (Nome="Map_Classe_viii", ResX=5, ResY=5, Escala=10000 );
classeviii = Atribua (CategoriaFim="CAPACIDADE_DE_USO")

{
"Classe VIII" : apps == "APP < 45º",
"Classe VIII" : apps == "Margens 30m",
"Classe VIII" : apps == "Margens 50m",
"Classe VIII" : apps == "Nascentes 50m"
}

```

Fonte: Produção do próprio autor.

A partir do mapa de capacidade de uso do solo foi gerado o mapa de IVFA, sendo a vulnerabilidade classificada com o valor de 1 a 8. A classe 1 indica a menor vulnerabilidade físico-ambiental e a classe 8 a de maior vulnerabilidade.

3.2.6 Análise da vulnerabilidade Social da bacia de contribuição da central geradora de pequeno porte.

A metodologia para avaliação preliminar do Índice de Vulnerabilidade Social da Bacia do Rio do Chapéu foi realizada com base em dois dados da Fundação SEADE:

- a) Índice Paulista de Responsabilidade Social – IPRS – versão 2014 da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados;
- b) Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS – versão 2010 da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados;
- c) Coeficiente GINI.

A escolha do IPRS teve como finalidade caracterizar o município no que se refere ao desenvolvimento humano, por meio de indicadores sensíveis a variações de curto prazo e capazes de incorporar informações referentes às diversas dimensões que compõem o índice. Nesse sentido, ele preserva as três dimensões consagradas pelo IDH – renda, longevidade e escolaridade. O Quadro 7 sintetiza as variáveis consideradas em cada uma das dimensões do IPRS e a estrutura de ponderação utilizada.

Quadro 7: Variáveis selecionadas e respectivas contribuições para o indicador sintético, segundo dimensões do Índice Paulista de Responsabilidade Social - IPRS

Dimensões	Componentes	Contribuição para o indicador sintético
Riqueza municipal	Consumo residencial de energia elétrica, por ligação (variável V1i)	25%
	Consumo de energia elétrica na agricultura, no comércio e nos serviços, por ligação (variável V2i)	25%
	Remuneração média dos empregados com carteira assinada e do setor público (variável V3i)	25%
	Valor adicionado fiscal per capita (variável V4i)	25%
Longevidade	Taxa de mortalidade perinatal (variável V5i)	30%
	Taxa de mortalidade infantil (variável V6i)	30%
	Taxa de mortalidade de pessoas de 15 a 39 anos (variável V7i)	20%
	Taxa de mortalidade de pessoas de 60 a 69 anos (variável V8i)	20%
Escolaridade	Taxa de atendimento escolar na faixa de 4 a 5 anos (variável V9i)	19%
	Média das proporções de alunos do 5º ano do ensino fundamental da rede pública que atingiram pelo menos o nível adequado nas provas de português e matemática (variável V10i)	31%
	Média das proporções de alunos do 9º ano do ensino fundamental da rede pública que atingiram pelo menos o nível adequado nas provas de português e matemática (variável V11i)	31%
	Taxa de distorção idade série no ensino médio (variável V12i)	19%

Fonte: Fundação SEADE (2012)

O IPRS sintetiza as três dimensões que o compõem, agrupando os municípios paulistas segundo a similaridade de suas situações. A partir da aplicação de uma análise de

agrupamentos (cluster analysis²²), foram identificados cinco grupos de municípios, definidos como apresentado no Quadro 8.

Quadro 8: Critérios adotados para a classificação dos municípios no Índice Paulista de Responsabilidade Social - IPRS em grupos

Grupos	Categorias
Grupo 1	Alta riqueza, alta longevidade e alta escolaridade
	Alta riqueza, alta longevidade e média escolaridade
	Alta riqueza, média longevidade e alta escolaridade
	Alta riqueza, média longevidade e média escolaridade
Grupo 2	Alta riqueza, alta longevidade e baixa escolaridade
	Alta riqueza, média longevidade e baixa escolaridade
	Alta riqueza, baixa longevidade e alta escolaridade
	Alta riqueza, baixa longevidade e média escolaridade
	Alta riqueza, baixa longevidade e baixa escolaridade
Grupo 3	Baixa riqueza, alta longevidade e alta escolaridade
	Baixa riqueza, alta longevidade e média escolaridade
	Baixa riqueza, média longevidade e alta escolaridade
	Baixa riqueza, média longevidade e média escolaridade
Grupo 4	Baixa riqueza, alta longevidade e baixa escolaridade
	Baixa riqueza, média longevidade e baixa escolaridade
	Baixa riqueza, baixa longevidade e alta escolaridade
	Baixa riqueza, baixa longevidade e média escolaridade
Grupo 5	Baixa riqueza, baixa longevidade e baixa escolaridade

Fonte: Fundação SEADE (2012)

O município de São Luiz do Paraitinga foi classificado no grupo 4 conforme os parâmetros para a classificação dos municípios, por dimensões do IPRS, segundo categorias apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6: Dimensões do Índice Paulista de Responsabilidade Social - IPRS, conforme Fundação SEADE

²²Técnica estatística que se aplica à divisão de determinada matriz de dados em uma certa partição, definida a partir de critérios de similaridade conjunta.

Categoria	Ano	Dimensões do IRPS		
		Riqueza Municipal	Longevidade	Escolaridade
Baixa	2012	Até 40	Até 66	Até 53
Média	2012	-	67 a 69	54 a 56
Alta	2012	41 e mais	70 e mais	57 e mais

Fonte: Fundação SEADE (2012)

Apesar do seu inegável valor como ferramenta de gestão pública, o IPRS não é suficiente para a compreensão dos determinantes da extrema pobreza dessas áreas. Para uma melhor análise de concentração de pobreza, a Fundação SEADE elaborou o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS). Trata-se de um indicador bem construído, fundamentado em estudos e teorias sobre o fenômeno da pobreza, que levam em conta não apenas a renda, mas também os diversos fatores determinantes da situação de vulnerabilidade social (escolaridade, saúde, arranjo familiar, possibilidades de inserção no mercado de trabalho, acesso a bens e serviços públicos).

A metodologia do IPVS permite classificar o município de acordo com sua vulnerabilidade social a partir de uma combinação entre as dimensões demográfica e socioeconômica. A seleção dos componentes do IPVS versão 2010 baseou-se no conjunto de variáveis que compuseram o IPVS versão 2000. As variáveis constantes nos dois Censos Demográficos – 2000 e 2010 – foram mantidas no indicador e para as novas variáveis considerou-se como critério de inclusão a sua associação com o conceito de vulnerabilidade à pobreza e a possibilidade de comparação conceitual entre as duas versões do indicador (2000 e 2010). O Quadro 9 apresenta o conjunto de variáveis utilizadas em 2010.

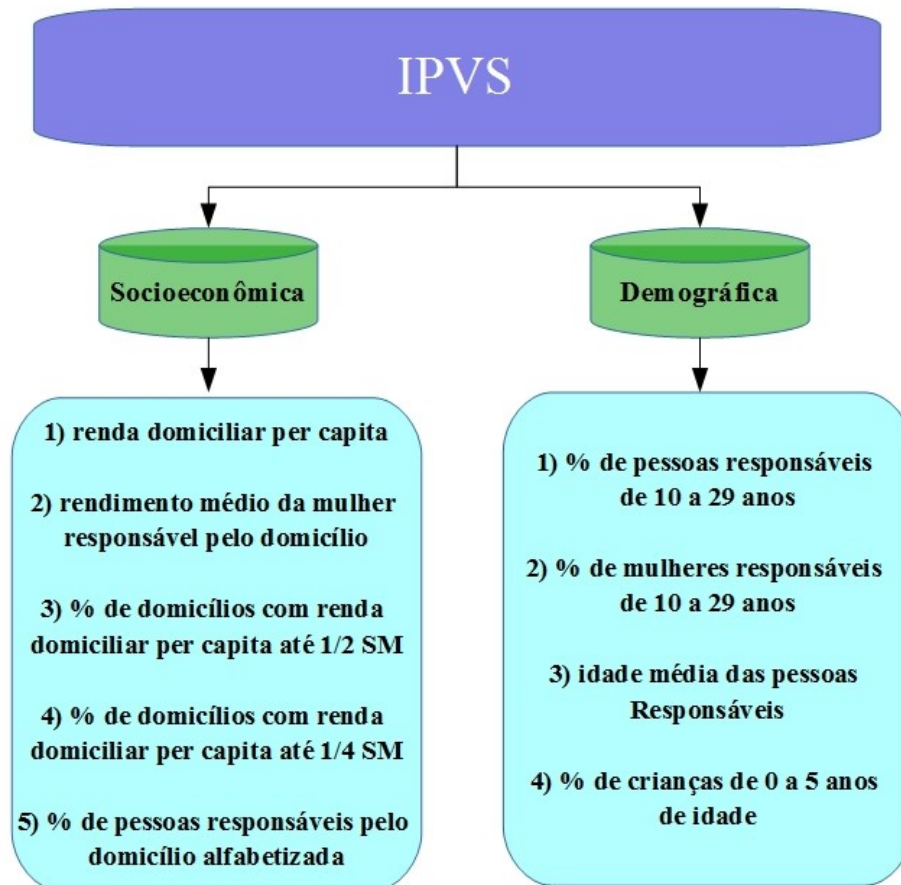
Quadro 9: Componente do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social - IPVS, conforme fundação SEADE

Componente do IPVS
% de pessoas responsáveis pelo domicílio, alfabetizadas
% de pessoas responsáveis de 10 a 29 anos
Idade média das pessoas responsáveis
% de crianças de 0 a 5 anos de idade
% de mulheres responsáveis de 10 a 29 anos
Renda domiciliar per capita
Rendimento médio da mulher responsável pelo domicílio
% de domicílios com renda domiciliar per capita de até 1/2 salário-mínimo
% de domicílios com renda domiciliar per capita de até 1/4 de salário-mínimo

Fonte: Fundação SEADE (2010)

Em decorrência desses parâmetros norteadores, o IPVS consiste em uma tipologia de situações de exposição à vulnerabilidade, agregando aos indicadores de renda outros referentes ao ciclo de vida familiar e escolaridade, no espaço intraurbano. Entre as questões investigadas pelo Censo Demográfico de 2010 em seu questionário básico, além das variáveis socioeconômicas (renda e condição de alfabetização), elegeram-se as relacionadas ao ciclo de vida familiar (presença de crianças menores, idade e gênero do chefe de família). Os componentes das duas dimensões do IPVS são apresentados na Figura 22, de forma resumida, segundo suas dimensões socioeconômicas e demográficas.

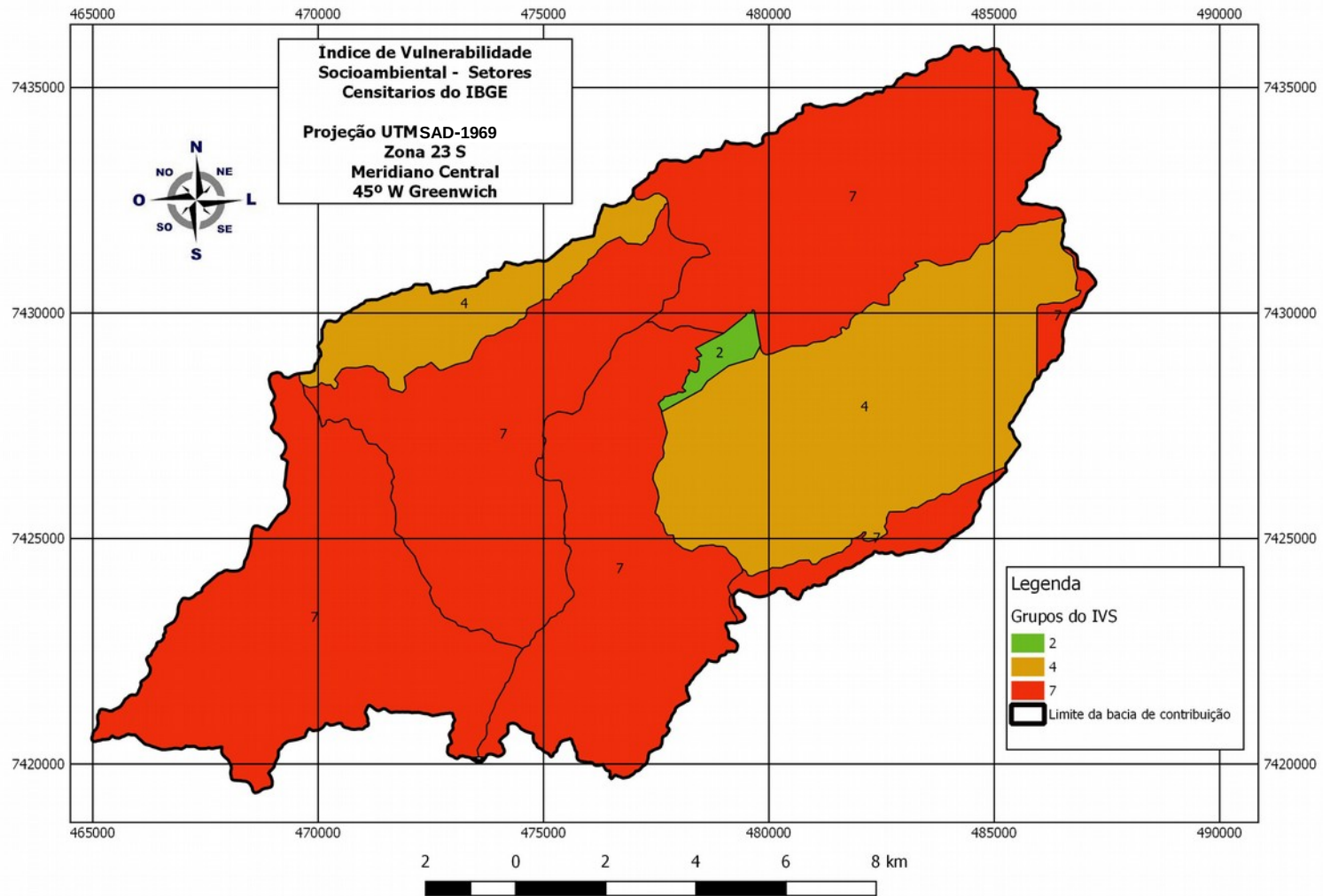
Figura 22: Quadro resumo das variáveis componentes do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social - IPVS, segundo dimensões socioeconômicas e demográficas



Fonte: Fundação SEADE (2010)

Para a elaboração do IVS da bacia hidrográfica do rio do Chapéu, foram utilizados os valores do IPVS 2010, codificados e espacializados por setor censitário, representados na Figura 23.

Figura 23. Mapa de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental - IVSA- setores censitários da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Adaptado da Fundação SEADE (2010).

A metodologia utilizada para avaliação do IPVS da área de estudo é a mesma que classifica os municípios do Estado de São Paulo em grupos de vulnerabilidade social a partir de uma combinação entre as dimensões demográfica e socioeconômica. Considerando um conjunto de variáveis, esse indicador permite identificar melhor os fatores específicos, que produzem a deterioração das condições de vida numa comunidade, auxiliando na definição de prioridades para o atendimento da população mais vulnerável. A classificação da vulnerabilidade socioambiental é apresentada no Quadro 10.

Quadro 10: Indicadores selecionado, segundo o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social - IPVS

Indicadores selecionados, segundo grupos do IPVS	
Grupo 1	Baixíssima vulnerabilidade
Grupo 2	Vulnerabilidade muito baixa
Grupo 3	Vulnerabilidade baixa
Grupo 4	Vulnerabilidade média
Grupo 5	Vulnerabilidade alta (setores censitários urbanos)
Grupo 6	Vulnerabilidade muito alta (aglomerados subnormais urbanos)
Grupo 7	Vulnerabilidade alta (rurais)

Fonte: Fundação SEADE (2010)

Cada valor atribuído a um dado setor censitário foi representado no Mapa de IVS, possibilitando, uma visão espacial e a comparação entre os padrões espaciais de vulnerabilidade de setores censitários diferentes em áreas diversas da bacia hidrográfica do rio do Chapéu, localizada no município de São Luiz do Paraitinga (SP).

3.2.7 Análise do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) da bacia

O mapeamento dos riscos potenciais, por meio de índices de vulnerabilidades ambientais e sociais, utilizando-se de técnicas de geoprocessamento, aliadas à normalização e ponderação de pesos, possibilita prognosticar a dinâmica natural em bacias hidrográficas, visando otimizar suas potencialidades, de forma integrada, para buscar o equilíbrio ambiental, econômico e social do local e do empreendimento.

Geralmente, a execução de álgebra de mapas emprega operações booleanas, com limiares nítidos e rígidos que, por sua vez, não representam os fenômenos naturais com todas as suas características. Os resultados obtidos sugerem que os métodos booleanos estão muito

mais sujeitos à propagação de erros em modelagens do que os equivalentes, mapas numéricos normalizados, que podem reduzir drasticamente a propagação de erros através de modelos lógicos, fornecendo informações confiáveis (BURROUGH; MCDONNELL, 1998).

Vários autores afirmam que um processo de decisão em um ambiente complexo normalmente envolve dados imprecisos e/ou incompletos, múltiplos critérios e vários agentes de decisão e, de modo geral, envolve múltiplos objetivos, que são conflitantes entre si. Esses critérios podem ser de natureza restritiva ou relativa e tomada de decisão é um esforço que busca resolver o dilema dos objetivos conflitantes, cuja presença impede a existência da solução ótima e conduz à procura da solução de melhor acordo. Assim, percebe-se que o processo de tomada de decisão é complexo, o que torna indispensável um tratamento qualificado e que justifica a utilização de métodos de apoio à decisão, entre estes o multicritério (CORSEUIL, 2006; GOMES; MOREIRA, 1998; SOARES 2004).

A análise multicriterial espacial representa uma aplicação especial das técnicas convencionais da análise multicriterial, dada a inserção da componente espacial dos dados. É um processo que combina e transforma dados espaciais (entrada) em um resultado decisório (saída). Em análise ambiental e social, ao se abordar o manejo de múltiplos recursos, tem-se a geração de problemas de grande vulto, dada a multiplicidade de critérios e os objetivos que as questões ambientais impõem a qualquer tipo de decisão a respeito do gerenciamento de recursos múltiplos. A metodologia de desenvolvimento de uma aplicação de análise multicritério requer a definição de determinados parâmetros, que são a ponderação dos critérios, a padronização ou normalização dos valores e um método de combinação dos critérios intervenientes (CORDÃO, 2009; SOARES, 2004).

A ponderação de critérios ou fatores refere-se à atribuição de pesos a cada fator contribuinte para um objetivo, o que equivale a determinar a importância relativa entre esses critérios. A forma de se quantificar a importância relativa de cada um dos critérios é uma das dificuldades muitas vezes encontradas num processo de apoio à decisão que envolve múltiplos critérios, além do fato de cada um deles possuir graus de importância variáveis para diferentes atores envolvidos no processo decisório. A análise multicriterial é a combinação de diferentes critérios em relação a importância relativa de cada um deles no processo de decisão, o que se alcança atribuindo-lhes um determinado peso (BURROUGH; MCDONNELL, 1998;

RAMOS, 2000).

A metodologia de comparação pareada para atribuição de pesos a critérios relativos ou fatores, utilizadas neste trabalho, foi proposta por Saaty (1977), a qual utiliza uma técnica denominada de Processo de Análise Hierárquica – AHP (Analytic Hierarchy Process). A utilização de ferramentas de suporte a decisão como AHP ajudam a organizar e estabelecer um modelo racional de combinação de dados. Assim, tal técnica vem sendo aplicada com êxito, por exemplo, em estudos de vulnerabilidade a erosão (DAI et al., 2001; MIARA; OKAFIORI, 2007, WU; WANG, 2007). De acordo com esses autores, o método AHP é eficiente por aplicar uma comparação par a par entre as variáveis, considerando assim as diferentes influências exercidas por cada uma das variáveis físicas aos processos erosivos dentro da bacia.

Uma escala de referência é necessária para que sejam estabelecidas as comparações pareadas para todos os fatores. Saaty 1977; Wind; Saaty, 1980 propôs uma escala que contém nove valores numéricos, com as respectivas definições, como mostrado no Quadro 11.

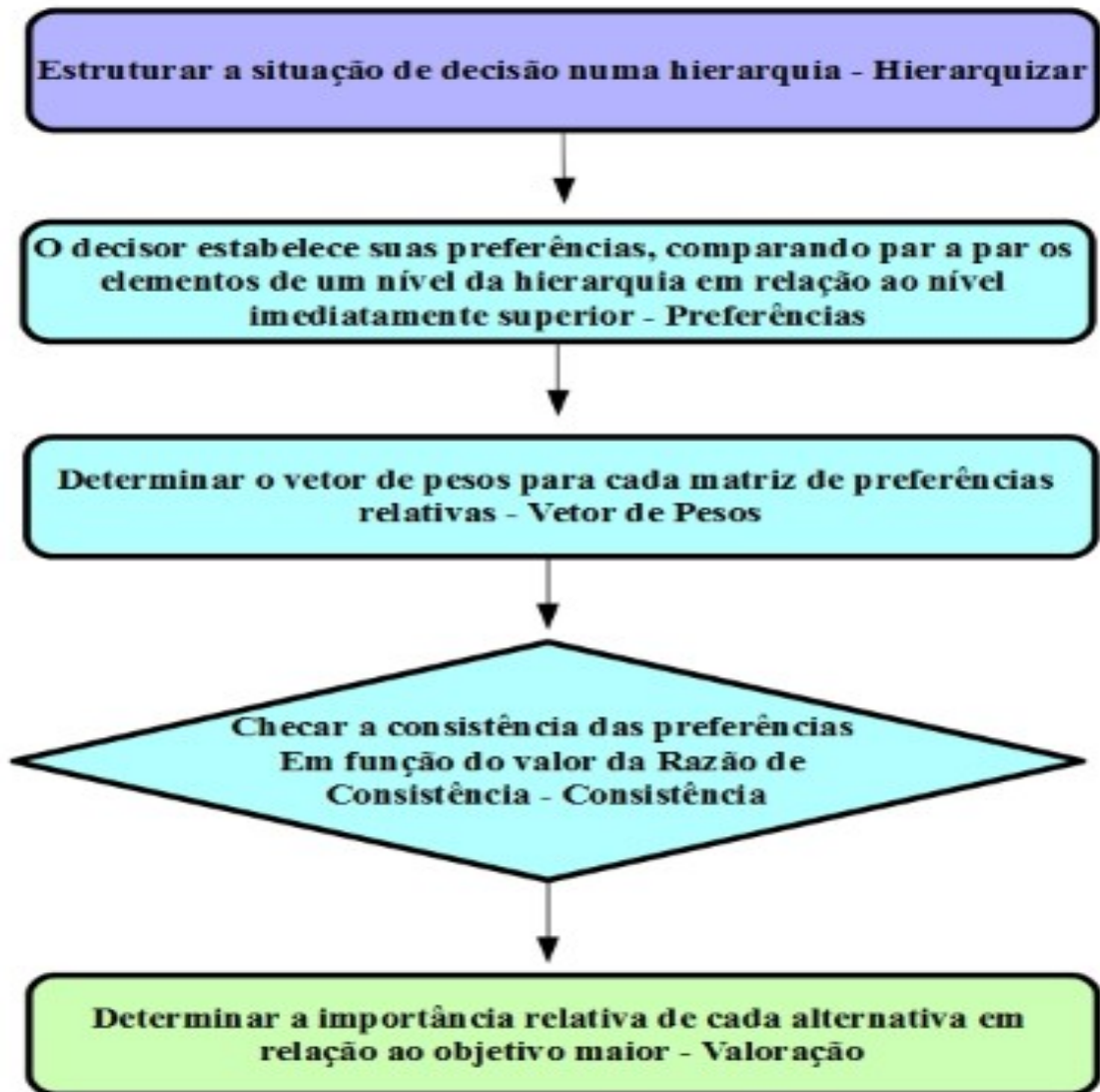
Quadro 11: Escala fundamental de Saaty 1977; Wind; Saaty, 1980 para comparação pareada – AHP

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma para a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições.

Fonte: Saaty 1977; Wind; Saaty, 1980

Segundo Azeredo et al. (2009) e Iañes; Cunha (2006), a aplicação do método AHP consiste em seguir ao menos quatro etapas nos níveis descritos na Figura 24, com intuito de estruturar os objetivos, atributos e alternativas em hierarquias; obter os dados do julgamento comparativo de cada par dos fatores de decisão em um determinado nível do grupo, verificando a consistência do julgamento atribuído; determinar as prioridades relativas do peso dos atributos de decisão em cada nível ou grupo e consolidar todos os pesos, propagando o efeito desses pesos na estrutura até o nível das alternativas. A recomendação da decisão é dada pela classificação das alternativas de decisão, ordenadas relativamente ao objetivo global.

Figura 24: Fluxo de trabalho de obtenção da Análise Hierárquica Pareada - AHP



Fonte: Adaptado de Schmidt (2003).

Para a obtenção dos mapas numéricos de IVFA, mapa numérico de IVS e mapa numérico de uso do solo, que deram origem ao mapa numérico de IVSA da área de estudo, foram ponderados valores referentes à influência de cada camada de informação na Vulnerabilidade Socioambiental, gerando-se um plano de informação numérico para cada camada. Esta técnica facilita a aplicação do método de sobreposição de mapas de índices e permite o processamento automatizado por meio da álgebra de mapas.

Os fatores de suscetibilidade foram hierarquizados e classificados conforme a

magnitude da sua influência na suscetibilidade socioambiental. Os valores atribuídos como indicadores quantitativos foram estabelecidos com base em processos de ponderação e de normalização dos fatores considerados na análise.

Como os fatores são qualitativos, ponderaram-se valores representados numa escala de 0 a 10, onde 0 (zero) significa nenhuma influência e 10 (dez), total influência, os quais foram distribuídos em 8 classes, sendo adotado o valor correspondente de cada classe na base 10.

Para o desenvolvimento desses mapas foram geradas três tabelas de aplicação de índices ponderados em relação ao IVS, IVFA e o mapa de Uso do Solo, conforme apresentado nas Tabelas 7 e 8 e no Quadro 12, respectivamente.

Tabela 7: Valores Normalizados das Classes do Mapa de Índice de Vulnerabilidade Física Ambiental – IVFA, da área de estudo, na base 10

VIII	VII	VI	V	IV	III	II	I
10	8,75	7,5	6,25	5	3,75	2,5	1,25

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 8: Valores Normalizados das Classes do Mapa de Índice de Vulnerabilidade Social - IVS, da área de estudo, na base 10

7	6	5	4	3	2	1
10	8,75	7,14	5,71	4,28	2,86	1,43

Fonte: Produção do próprio autor.

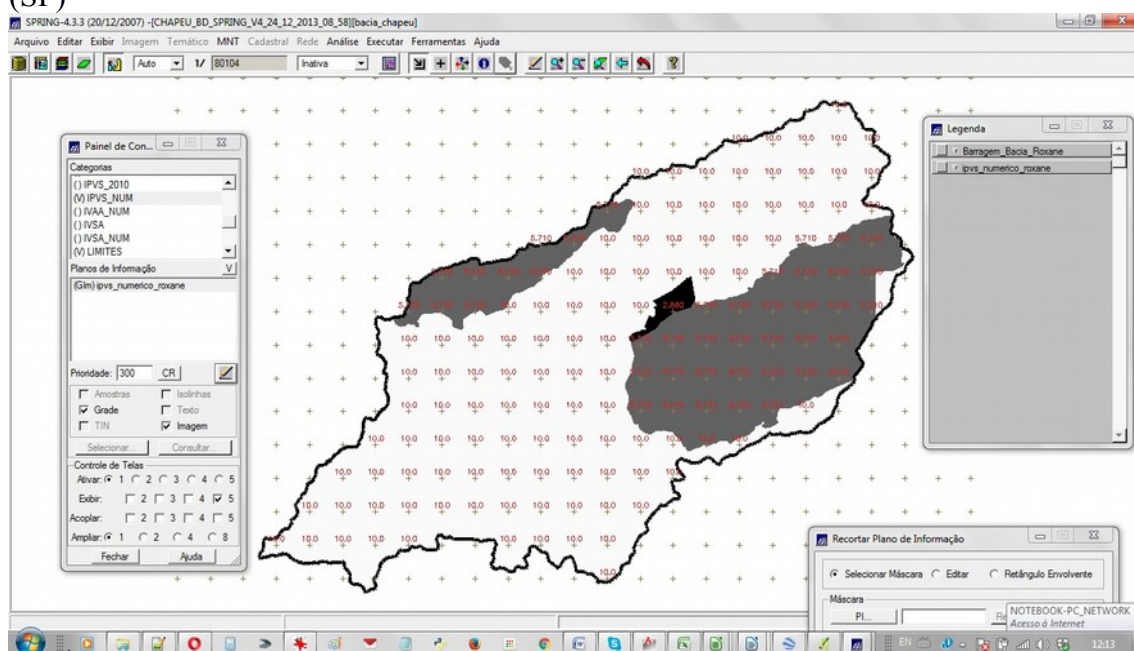
Quadro 12: Valores Normalizados das Classes de Uso do Solo, da área de estudo, na base 10

Vulnerabilidade	Característica	Valor de ponderação
Muito vulnerável	Área urbana; pasto degradado; solo exposto; corpos d'água; área degradada e queimada	10
Vulnerável	Reflorestamento cortado; pasto e agricultura	8
Vulnerabilidade média	Pasto sujo e reflorestamento	6
Baixa vulnerabilidade	-	4
Muito baixa vulnerabilidade ou nula	Mata ou capoeira e afloramento rochoso	2

Fonte: Adaptada de Ross, 1992.

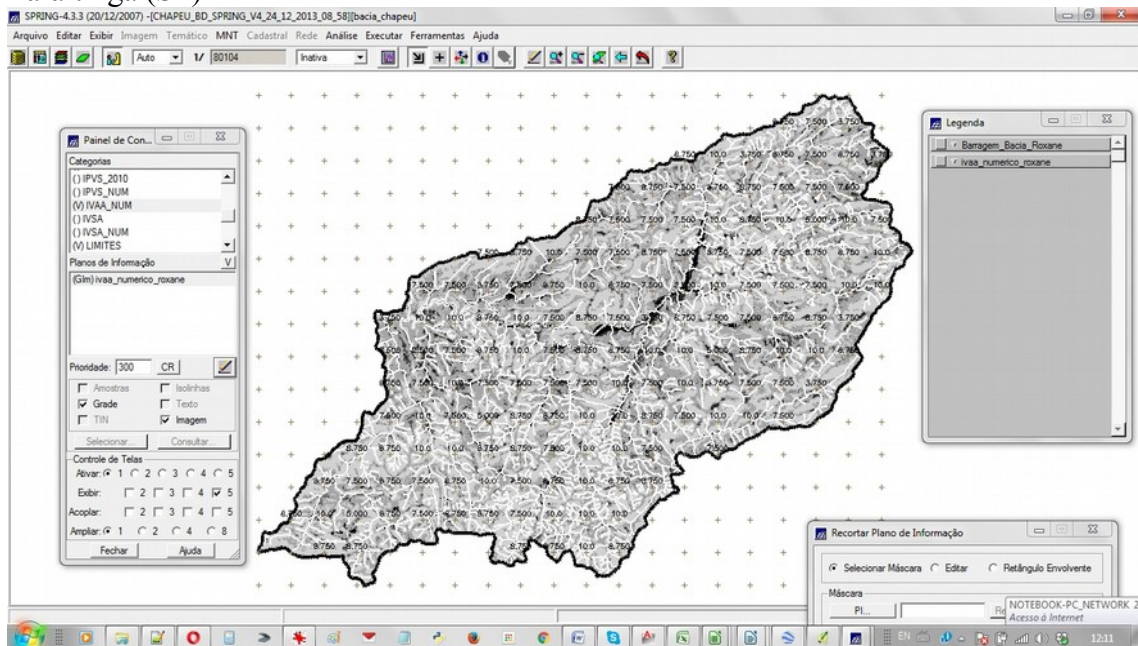
Com base nos dados anteriores foram gerados os mapas numéricos referentes ao mapa Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental (IVFA) e o mapa de Uso do Solo, conforme disposto nas Figuras 25, 26 e 27, respectivamente.

Figura 25: Mapa Numérico do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) da área de estudo, na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



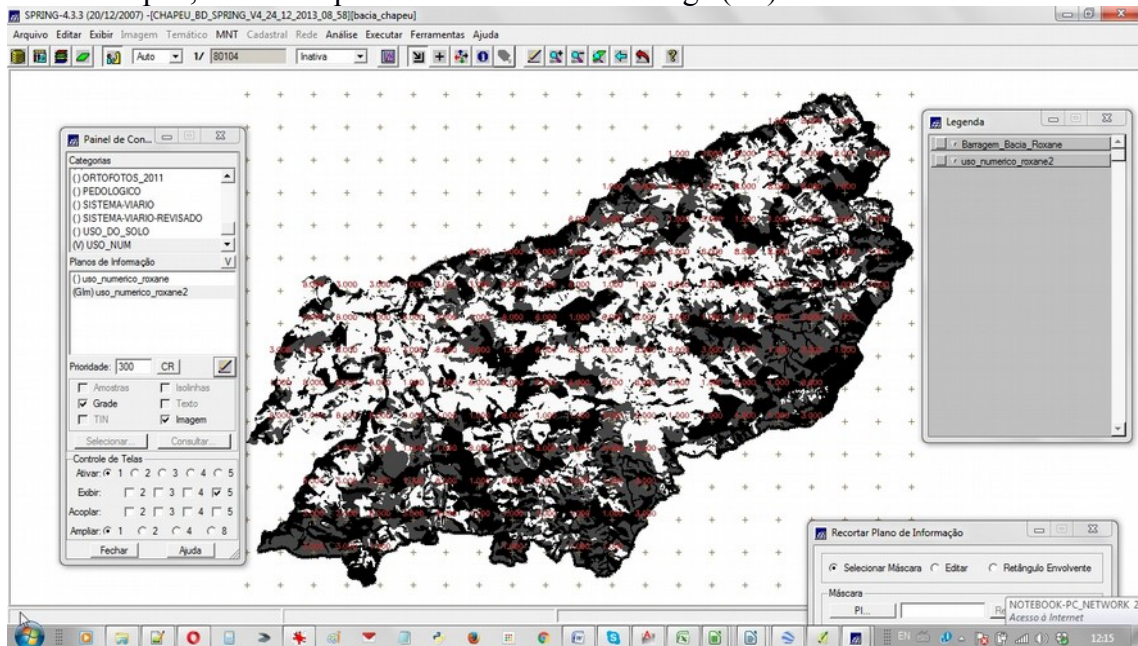
Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 26: Mapa Numérico do Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental (IVFA) da área de estudo, na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



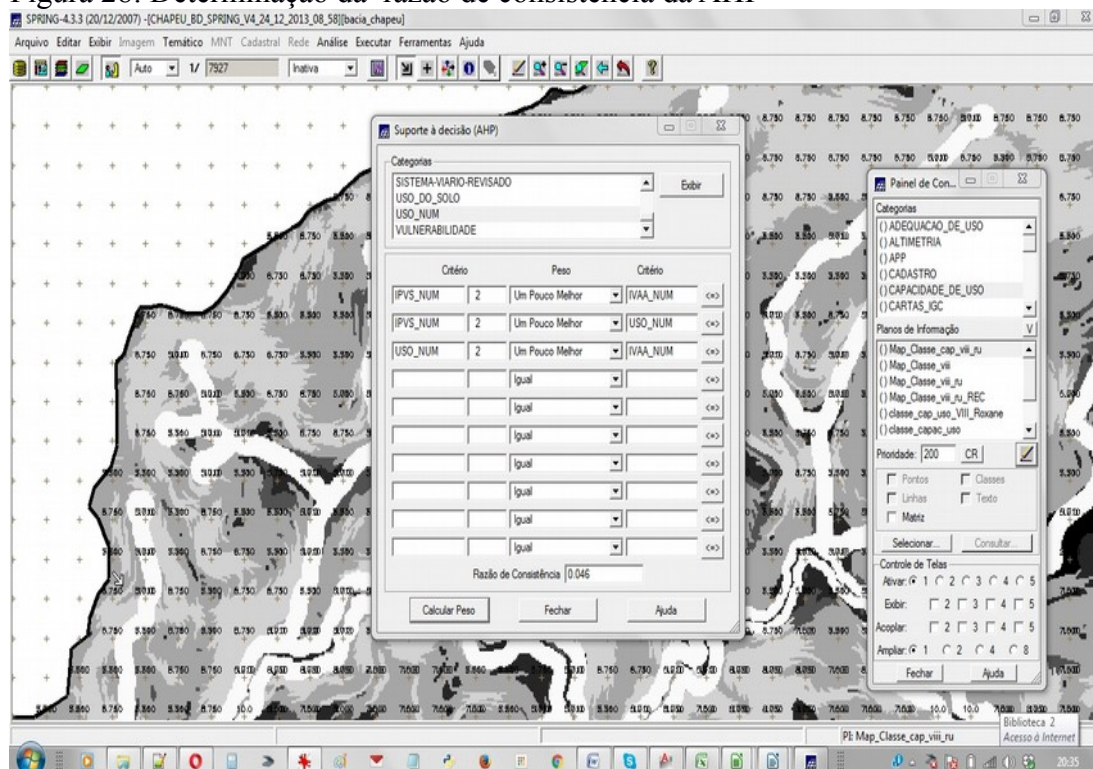
Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 27: Mapa Numérico do Uso do Solo da área de estudo, na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Após a geração dos produtos base na forma de matrizes numéricas (pesos ponderados e normalizados no intervalo 0 a 10), os dados foram processados com uso de uma ferramenta de suporte a decisão AHP – Analytical Hierarchy Process. O Método baseia-se na “Escala de Valores AHP para Comparação Pareada” como apresentado na Figura 28.

Figura 28: Determinação da razão de consistência da AHP



Fonte: Produção do próprio autor.

A matriz de comparação pareada e os respectivos pesos obtidos por meio da análise de suporte à decisão AHP no Sistema SPRING, ilustrada na Figura 29, onde observa-se, também, a razão de consistência no valor de 0,046, que de acordo com Câmara; Carvalho (2004) deve ser preferencialmente menor que 0,1 (menor que um décimo).

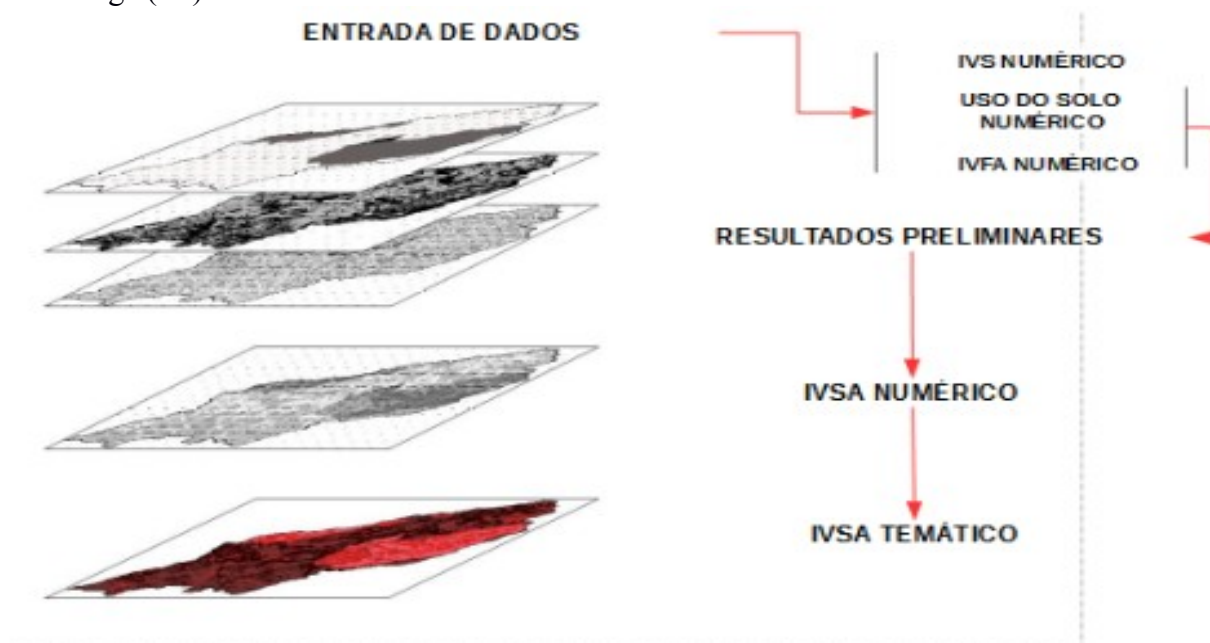
Para geração do mapa numérico de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) foram cruzados os mapas numéricos de Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental (IVFA), de Uso do Solo e do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) da área de influência da Central Hidrelétrica de Pequeno Porte, com as camadas de informação previamente ponderadas,

numérico e discretizado no intervalo (0 a 10), sendo obtidos por este método os valores de campos zonais das camadas a serem escalonadas em faixa numérica que corresponderão ao Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) da área de estudo.

Após esse procedimento ocorreu o fatiamento do mapa numérico de Indicadores de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) em intervalos de valores correspondentes às classes adotadas, conforme legenda do mapa que demonstra os respectivos grupos de Vulnerabilidade Socioambiental, mediante o cruzamento dos grupos de vulnerabilidade dos índices produzidos anteriormente. Como resultado desse processo obteve-se o mapa temático de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental da área de estudo, conforme disposto na Figura 29.

O mapa de Indicadores de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) consiste no zoneamento do território em diferentes níveis hierárquicos, que representam os diferentes graus de fragilidade socioambiental da área de estudo e permite definir quais áreas são mais frágeis e podem ser mais afetadas por mudanças da dinâmica natural existente.

Figura 29: Fluxo de trabalho para obter o mapa de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental da área de estudo, na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Produção do próprio autor.

Adequando os valores do IVS, IVAA e uso do solo ao peso exercido pela classe na composição do IVSA nos resultados da AHP, foram obtidos os valores apresentados na Tabela

9, demonstrando consistência de todas as ponderações realizadas.

Como resultado desse processo obteve-se o mapa temático de IVSA da área de estudo, porém, considerando que a sustentabilidade é o reverso da vulnerabilidade social e ambiental (HOGAN; MARANDOLA JR.; OJIMA, 2010) foi construído, também, o mapa de Sustentabilidade Socioambiental da área de estudo.

Tabela 9: Valores do IVS, IVFA e Uso do Solo, adequados ao peso exercido pela classe na composição do IVSA nos resultado da AHP

Índice de Vulnerabilidade Social (IVS)		Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental (IVAA)		Uso do Solo	
1	0,7928	I	0,245	Muito baixa vulnerabilidade ou nula	0,622
2	1,41856	II	0,49	Baixa vulnerabilidade	1,244
3	2,1288	III	0,735	Vulnerabilidade média	1,866
4	2,83216	IV	0,98	Vulnerável	2,488
5	3,54	V	1,225	Muito vulnerável	2,11
6	4,34	VI	1,47	-	-
7	4,96	VII	1,715	-	-
-	-	VII	1,96	-	-

Fonte: Produção do próprio autor

A partir da leitura dos resultados obtidos deve-se distinguir os padrões espaciais de distribuição de espaços vulneráveis e os possíveis encaminhamentos para garantir a sustentabilidade do empreendimento.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AVALIAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

A fragilidade física ou exposição se configura como um dos principais fatores que dão origem à condição de vulnerabilidade e, segundo Cardona (2004), o diagnóstico físico-ambiental pode auxiliar no entendimento dos mecanismos que atuam nas áreas naturais e antropizadas, permitindo orientar as atividades a serem desenvolvidas, de maneira a subsidiar ações preservacionistas e conservacionistas, evitando-se intervenções irreversíveis e conservando os recursos naturais da região.

Dessa forma, para a elaboração do IVFA, da área de estudo, buscou-se criar um modelo espacializado das vulnerabilidades físico-ambientais e sua influência no empreendimento.

A avaliação físico-ambiental da área de estudo se refere a área de contribuição da CGPP, que tem 18.764,56 ha, inseridos na bacia hidrográfica do rio do Chapéu no município de São Luiz do Paraitinga.

4.2 MAPA DE ÍNDICE DE VULNERABILIDADE FÍSICO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

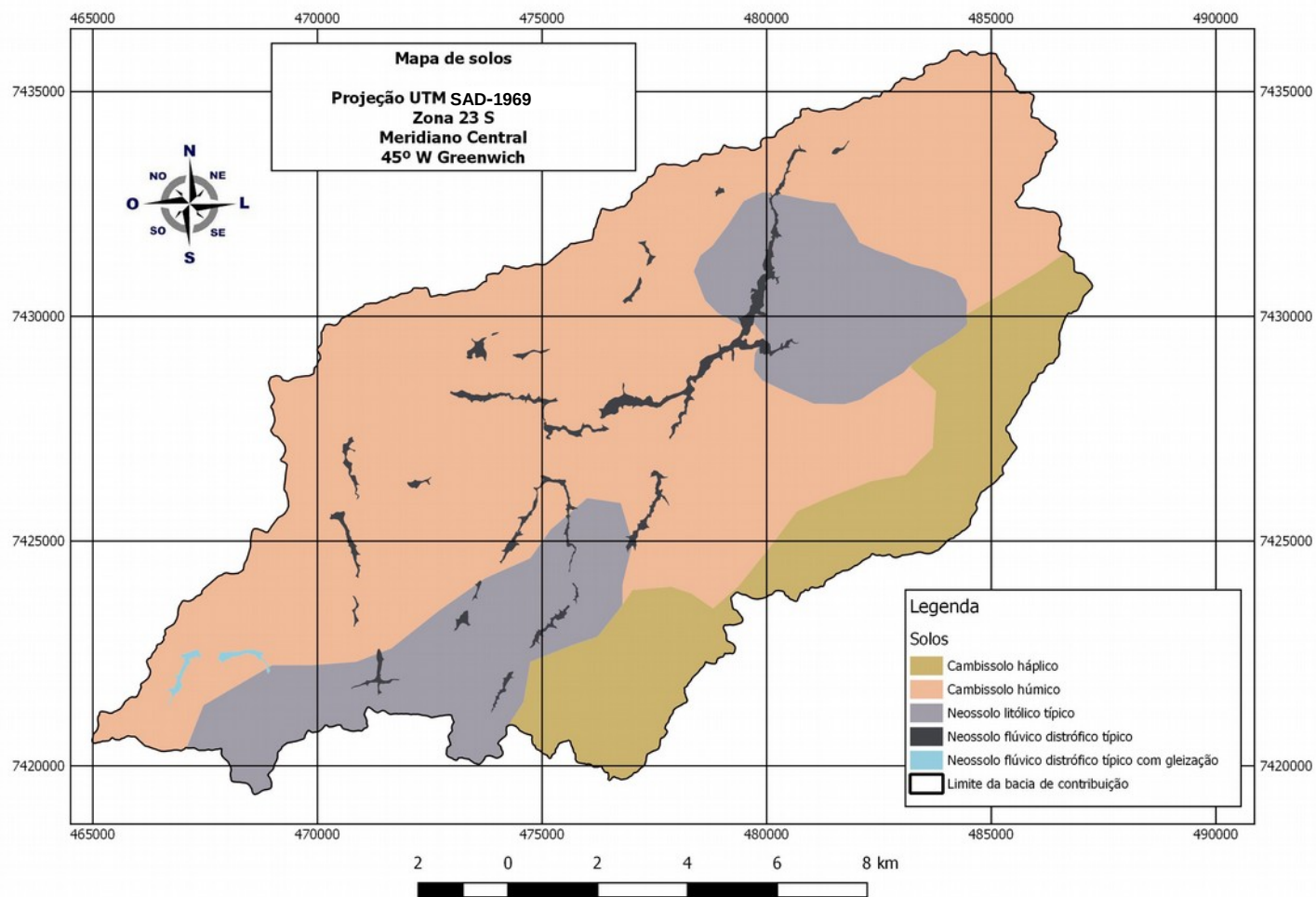
A vulnerabilidade ambiental pode ser entendida como o “status” de condições específicas dos ecossistemas ou segmento da paisagem, em análise, onde os graus de tolerância do meio físico natural (vulnerável ou estável) podem ter suas condições específicas de equilíbrio alteradas, ou por fatores de ordem natural ou provocada pela interferência antrópica.

4.2.1 Pedologia da área de estudo

De acordo com Trannin (2013), as classes de solo encontrados com maior predominância espacial, na área de estudo, são os cambissolos e os neossolos, como apresentado na Figura 30. Conforme Embrapa (1999), os Cambissolos apresentam textura média ou mais fina e ausência de grande desenvolvimento pedogenético. São solos com pequena profundidade, elevado teor de minerais primários (minerais herdados da rocha), presença significativa de fragmentos de rocha na massa do solo e outros indícios do intemperismo incipiente do solo. Os Neossolos são solos com pequeno desenvolvimento

pedogenético, caracterizado por pequena profundidade (rasos), por predomínio de areias quartzosas e/ou pela presença de camadas distintas, herdadas dos materiais de origem, sendo considerados solos jovens e pouco desenvolvidos estruturalmente, apresentando elevado grau de vulnerabilidade ambiental.

Figura 30. Mapa de Solos da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Trannin (2013).

No relatório de Trannin (2013), foram apresentados os percentuais das áreas ocupadas por cada classe de uso do solo da bacia do rio do Chapéu, apresentados na Tabela 10. Observa-se que o solo predominante é o Cambissolo Háptico Tb distrófico típico, que ocupa 1.1531,49 ha, relacionada, principalmente, ao relevo ondulado e forte ondulado, com declividades superiores a 12°. Em menor proporção, 2.960,37 ha, ocorre o Cambissolo Húmico Tb distrófico típico, que tem por característica, ser altamente ácido no horizonte B, sendo subdividido em: Cambissolos húmicos distróficos lépticos, que são solos com contato lítico entre 50 cm e 100 cm da superfície do solo e Cambissolos húmicos distróficos latossólicos, que apresentam o horizonte Bi com características morfológicas similares a do B latossólico, porém com espessura ou uma ou mais características físicas, químicas ou mineralógicas que não atendem aos requisitos do B latossólico, dentro de 150 cm da superfície do solo. Os Cambissolos húmicos Tb distróficos típicos, não se enquadram nas classes descritas anteriormente (EMBRAPA, 1999).

Tabela 10: Classes de solo da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)

Classes de Solo	Área (ha)	Área (%)
Cambissolo Háptico Tb distrófico típico	11531,4895	61,30
Cambissolo Húmico Tb distrófico típico	2960,3744	15,78
Neossolo Litólico distrófico típico	3858,0608	20,71
Neossolo Flúvico Tb distrófico típico	384,8636	2,05
Neossolo Flúvico Tb distrófico com gleização	29,7664	0,16
Total	18.764,5547	100,00

Fonte: Adaptado de Trannin (2013).

Na figura 31 são apresentados dois perfis de Cambissolo Húmico Tb distrófico Típico, que ocupa a maior parte da área de estudo. À esquerda sob plantio de eucalipto e à direita sob pastagem.

Figura 31: Perfis de Cambissolo Háplico Tb distrófico Típico (Cxbd), da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Trannin (2013).

No relatório de Trannin (2013), foi relatada a associação dos cambissolos háplicos e húmicos com neossolos litólicos. Os Neossolos abrangem um conjunto de solos jovens e em início de formação, com pequeno desenvolvimento e sem horizonte diagnóstico subsuperficial específico, como descrito por Anjos et al. (2012). Além disso, por comumente apresentarem contato saprolítico e lítico próximo à superfície, segundo Pedron et al. (2012) têm potencial agrícola limitado. No caso da área de estudo os Neossolos Litólicos, que se apresentam associados ao Cambissolos Háplicos e Húmicos, incidem nas áreas dissecadas, ocupando posição de encostas em relevos que variam desde suavemente ondulados, até montanhosos, ou mesmo escarpados (TRANNIN, 2013). De acordo com dados do Sistema brasileiro de classificação de solos da Embrapa (1999), ocasionalmente, esses solos podem ocupar áreas de relevo praticamente plano, mas comumente são solos rasos a muito rasos, não hidromórficos, pouco desenvolvidos, bem drenados, com pedregosidade e rochas na superfície. Possuem textura arenosa até siltosa e são moderadamente ácidos a praticamente neutros. A utilização agrícola desses solos é fortemente limitada, devido à deficiência de água, pedregosidade, presença de afloramentos rochosos, pouca profundidade e relevo acidentado.

De acordo com Trannin (2013) essa associação ocorre em áreas onde os processos de intemperismo agiram de forma branda na área de estudo, não proporcionando a mineralização da rocha e a pedogênese uniforme e ocorre em uma área de 3.858,06 ha da bacia. O Neossolo

Litólico é, portanto, um solo raso, e ocorre, geralmente, em condições de topografia acidentada e onde há afloramento de rochas, com profundidade em torno de 50 cm. O Neossolo Litólico distrófico típico, ocorre em áreas de maior altitude e relevo acidentado da bacia, com declividades entre 27° e 45°, podendo ocorrer exposição de rochas em associação com esse solo (Figura 32).

Esta autora verificou que nas regiões de terraços onde o material parental originado de sedimentos retarda a evolução do solo, ocorre, em 384,86 ha da área de estudo, o Neossolo Flúvico Tb distrófico típico. Os solos desta unidade de mapeamento ocorrem em áreas de relevo plano, com 2 a 3% de declividade. De acordo com dados do Sistema brasileiro de classificação de solos da Embrapa (1999) estes solos apresentam sequência de horizonte A-C, com o horizonte A, fraco ou moderadamente desenvolvido, com cor bruno escura. O horizonte C subjacente possui pequeno desenvolvimento genético, cores bruno amareladas, textura arenosa e estrutura fraca a moderada. Possuem formação a partir da sedimentação fluvial e distribuem-se principalmente ao longo dos rios de maior fluxo. Variam de muito profundos a medianamente profundos e têm textura variada, apresentando-se de moderada a imperfeitamente drenados, com acidez moderada a levemente alcalina.

Figura 32: A esquerda exposição de rocha, em associação com Neossolo Litólico e a direita perfil de Neossolo Flúvico Tb distrófico típico (RUbd), ambos da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Trannin (2013).

Conforme dados do Sistema brasileiro de classificação de solos da Embrapa (1999) a camada superficial destes solos geralmente mostra coloração bruno-acinzentada-escura e bruno muito escura. São solos de alta fertilidade natural, sendo inundados sazonalmente no período chuvoso. Originalmente, estes solos eram cobertos por vegetação de mata ciliar, mas em razão da disponibilidade hídrica e da boa fertilidade natural, esses solos vêm sendo sistematicamente ocupados por atividades agrícolas sazonais da bacia em que está inserida a área de estudo.

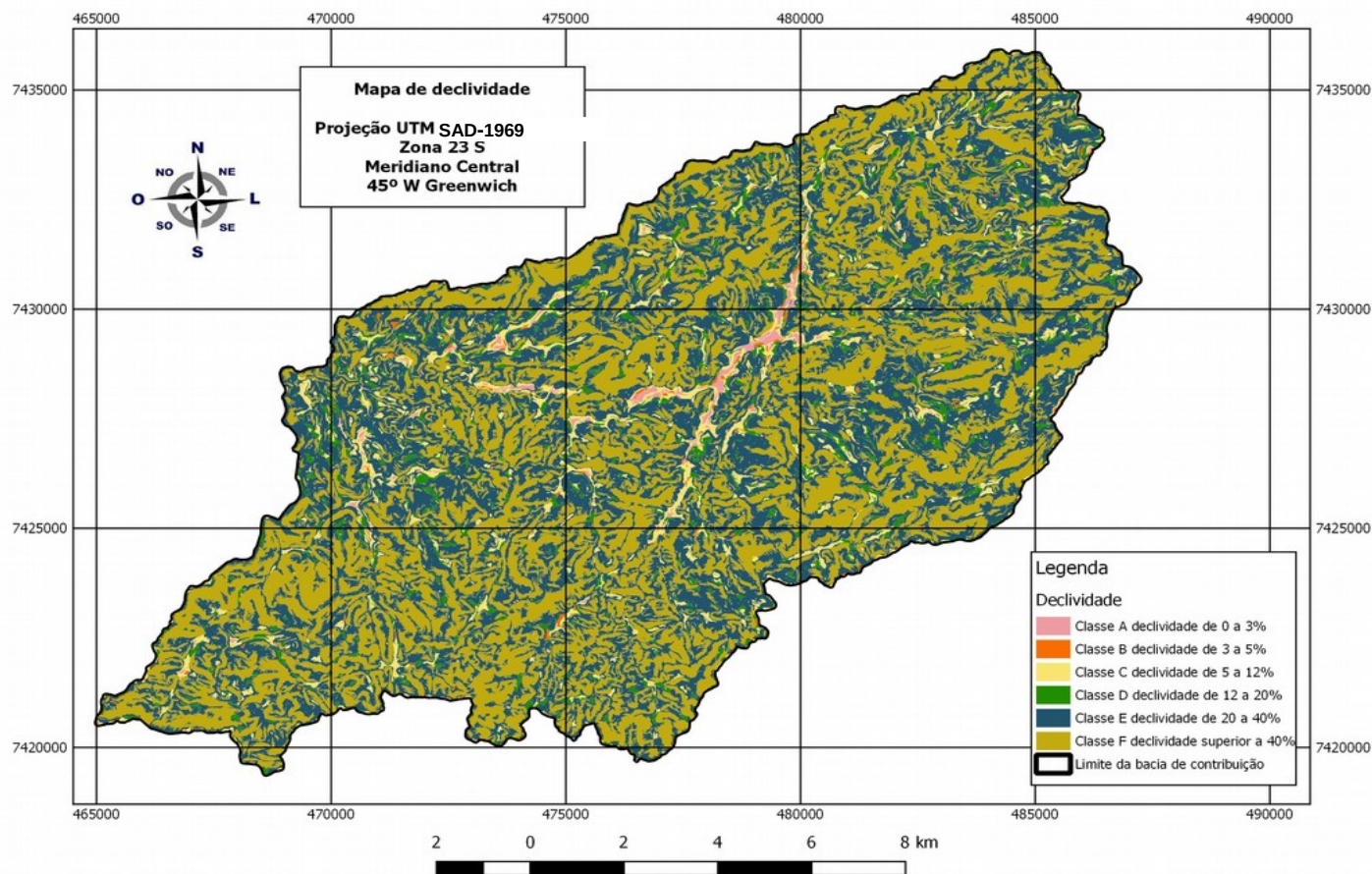
Segundo dados da Embrapa (1999) em função de suas características os Neossolos Flúvicos Tb distróficos típicos são solos com sérios impedimentos para a produção agrícola e florestal, com pequena profundidade e pedregosidade, que dificultam a penetração e a exploração de água e nutrientes pelas raízes de plantas. Apesar de ser comum sua utilização com pastagens, devido às suas limitações e fragilidade, o mais adequado seria a manutenção da vegetação nativa e proteção das nascentes encontradas nestes solos.

4.2.2 Declividade

No tocante às condições referentes à declividade encontrada no território da área de estudo, menciona-se inicialmente a sua importância por ser um fator limitante ao uso e ocupação da terra, além de ser parâmetro para a delimitação de áreas de preservação permanente.

A cada classe de declive cabem características específicas quanto ao escoamento das águas superficiais e também procedimentos específicos quanto ao uso, manejos e práticas de conservação. As classes de declividade presentes na área de estudo são apresentadas na Figura 33.

Figura 33: Mapa de Declividade da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Adaptado de Akarui (2013).

A Tabela 11 apresenta as áreas referentes a cada classe de declividade que são descritas a seguir.

Classe A (0-3%) - Compreende áreas planas ou quase planas (relevo plano), onde os desnivelamentos são muito pequeno e escoamento superficial (deflúvio) é lento ou muito lento. Esta classe não oferece dificuldade ao uso de máquinas agrícolas. A erosão hídrica não é significativa, exceto em vertentes muito longas e com solos altamente suscetíveis à erosão. Esta é a segunda classe menos dominante na área de estudo com 143,5825 ha (0,76%).

Classe B (3-6%) - Os terrenos desta classe têm declives suaves (relevo suave ondulado), onde geralmente o deflúvio é lento ou médio. Nessa classe o trabalho mecanizado usual é de fácil operação. Geralmente práticas simples de conservação do solo são suficientes (cultivo em nível ou plantio direto), exceto em solos erodíveis com comprimento de rampa muito longo. Esta é a classe menos representativa na área, com 93,43 ha (0,5%).

Tabela 11: Classes de Declividade da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)

Classe de Declividade	Área (ha)	Área %
Classe A declividade de 0 a 3%	143,5825	0,76
Classe B declividade de 3 a 5%	93,4275	0,49
Classe C declividade de 5 a 12%	975,4157	5,19
Classe D declividade de 12 a 20%	786,0800	4,18
Classe E declividade de 20 a 40%	8514,3200	45,34
Classe F declividade superior a 40%	8263,0700	44,04
Área total das classes	18764,5547	100,00

Fonte: Adaptado de Akarui (2013)

Classe C (6-12%) - A classe C engloba terrenos inclinados, em relevo geralmente ondulado o deflúvio é médio ou rápido. O declive normalmente não prejudica o uso de máquinas agrícolas. Em alguns casos a erosão hídrica pode ser controlada com práticas simples. Porém, normalmente são necessárias práticas complexas de conservação do solo

(terraceamento, plantio direto), para que seja cultivado intensamente. Essa classe está presente em 5,2% da área de estudo.

Classe D (12-20%) - Compreende terrenos inclinados em relevo ondulado. Geralmente o escoamento superficial é rápido para a grande maioria dos solos. O uso de máquinas agrícolas é parcialmente prejudicado. A erosão hídrica compromete o cultivo intenso. Essa classe está presente em 4,19 % da área de estudo.

Classe E, F (20-40% e >40%) - As classes E e F constituem terrenos muito inclinados a fortemente inclinados onde o escoamento superficial é muito rápido. Nestas classes a grande maioria dos solos, é extremamente susceptível à erosão, e os terrenos devem ser utilizados somente para cultivos perenes, pastagem, silvicultura, reserva de flora e fauna. Há sérios impedimentos ao uso, exigindo práticas muito complexas e devem ser mantidos, preferencialmente, como áreas de preservação ambiental. Essas são as classes mais representativas da área de estudo, com 16.777,39 ha, totalizando 89,41% da área de estudo.

A influência dessa variável no Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental da área de estudo pode ser observada na Figura 34, que demonstra a área referente a classe de declividade.

Figura 34: Declividade da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Akarui, 2013

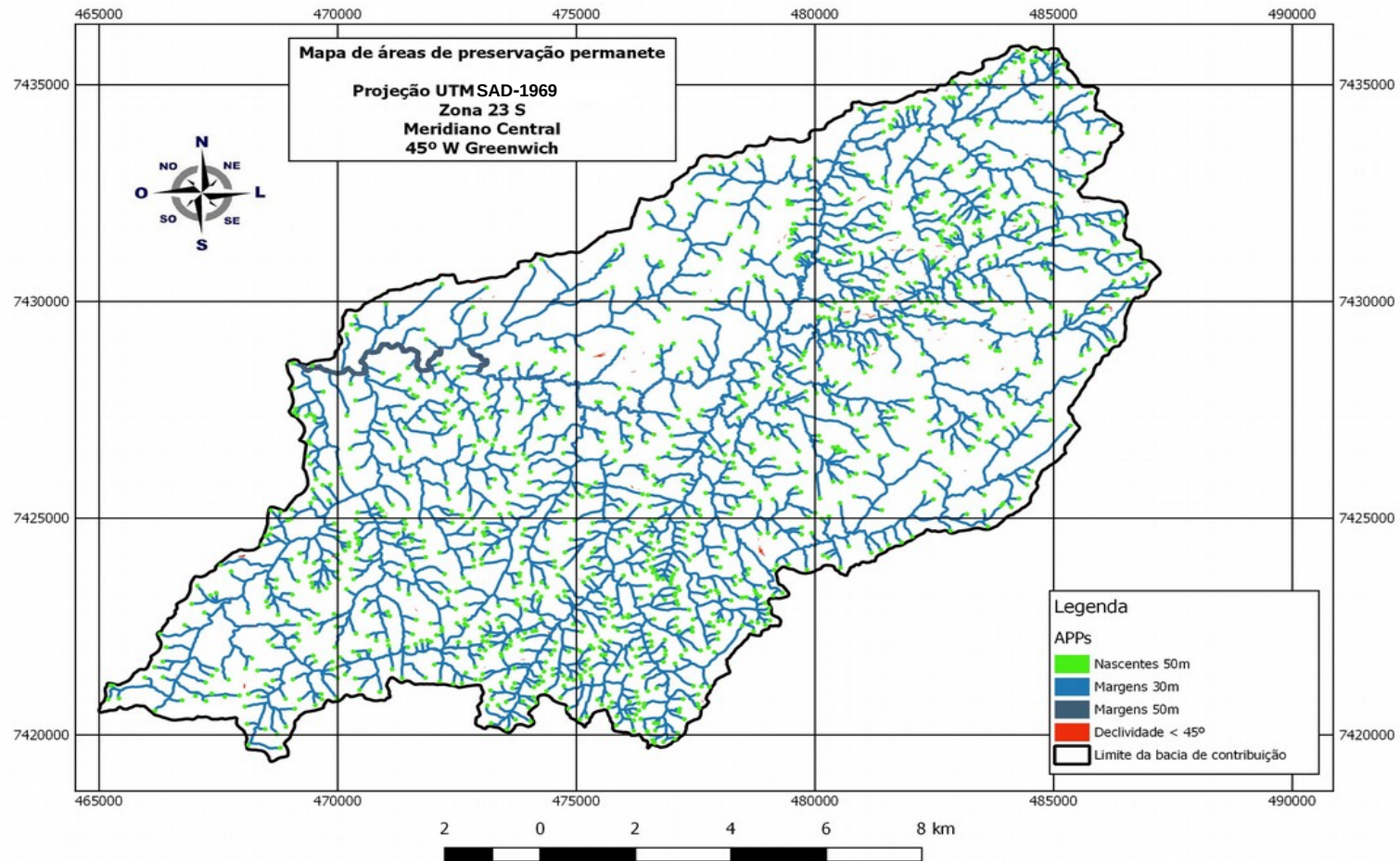
De acordo com o mapa de declividade da área de estudo destaca-se o alto grau de

vulnerabilidade ambiental associado às áreas montanhosas, condições limitantes que favorecem a manutenção da cobertura florestal nessas áreas, o que minimiza o risco à erosão relacionada aos fatores naturais. Observa-se que 89,41% do território possuem limitações topográficas em relação à declividade, a qual, quando associada a solos rasos e de baixa fertilidade, tornam-se vulneráveis a processos erosivos.

4.2.3 Área de Preservação Permanente – APP

Conforme disposto no Código Florestal, Lei Federal nº 12.651/2012, foram considerados, no mapeamento, as faixas de 30 ou 50 metros de APP correspondentes as margens de rios, dependendo da largura dos mesmos, e 50 metros no entorno de nascentes e declividades superiores a 45° (Figura 35).

Figura 35: Mapa da Área de Preservação Permanente - APP da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Adaptado de Akarui (2013).

Na tabela 12 são apresentadas as áreas referentes a cada classe de APP presente na área de estudo. Observa-se que 23,70% dessa área encontra-se em área de preservação permanente, sendo que as duas classes mais representativas são APP em margens de rios, com cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura, com 18,00% e as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água, ambos perenes, com 5,30% da área de estudo. Em consonância com o afirmado por Benjamin (2001), Kapos (1989), Santos et al. (2001) Soares et al. (2002), a proteção legal dessas áreas surge do reconhecimento e da importância da sociedade em manter a vegetação de determinadas áreas de uma bacia hidrográfica.

Tabela 12: Classes de APP presentes na área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)

Classes de APP	Área (ha)	%
Margens 30m	3.378,5032	18,00
Margens 50m	59,7814	0,32
APP < 45°	13,1213	0,07
Nascentes 50m	994,7817	5,30
Área total das classes	4.476,6915	23,70

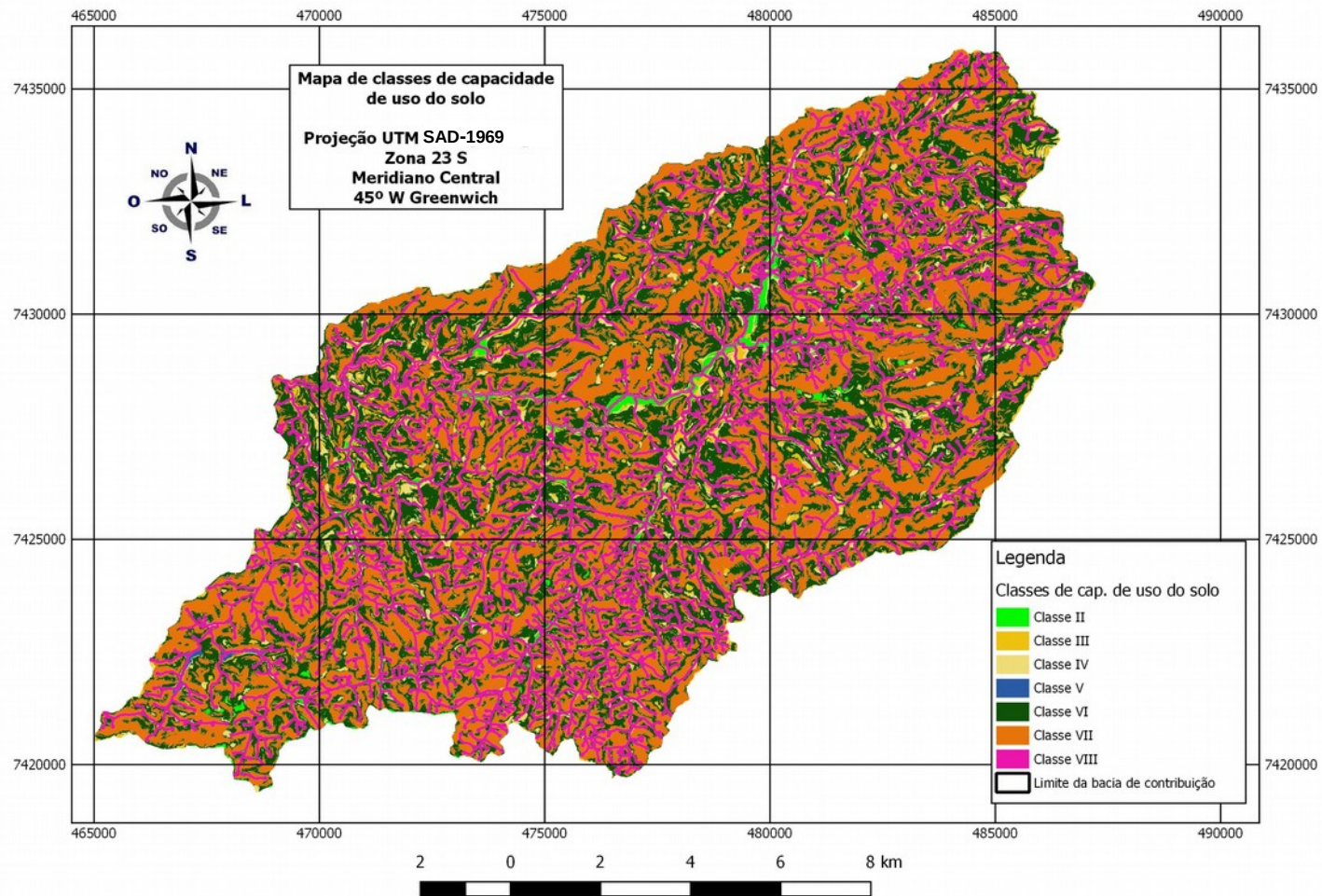
Fonte: Adaptado de Akarui, 2013

Os benefícios ambientais decorrentes da preservação/restauração das áreas de preservação permanente se estendem ao empreendimento da PCH proposto nesta mesma linha de raciocínio e, em conformidade com o descrito por Lima e Zákia (2004), se considerássemos a bacia hidrográfica em seu estado original preservado, seria possível verificar que “as matas ciliares ocupam as áreas mais dinâmicas da paisagem, tanto em termos hidrológicos, como ecológicos e geomorfológicos”, necessitando de maior atenção e compreensão dos seus fatores e suas inter-relações.

4.2.4 Mapa de Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental – IVFA

A espacialização dos dados de capacidade de uso da terra na área de estudo é demonstrada na Figura 36.

Figura 36: Mapa de Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Produção do próprio autor.

O Mapa de classes de capacidade de uso da terra, que indica o respectivo Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental da área de estudo, foi elaborado com base no sistema adaptado por Lepsch et al. (1983); Lepsch (1991). Nesse sistema, as características e as propriedades dos solos, declividade e fatores limitantes ao uso da terra são organizados em quatro categorias: grupos, classes, subclasses e unidade de restrição à capacidade de uso. Nesse estudo as análises se restringiram às classes, que são representadas por algarismos romanos (de I a VIII), identificadas pelo grau de limitação da capacidade de uso da terra, conforme Quadro 13.

Quadro 13: Restrições estabelecidas nas classes de capacidade de uso da terra

Classes	Limitações
I	Não apresenta nenhum grau de limitação ao uso agrícola
II	Consiste em terras cultiváveis que exigem uma ou mais práticas especiais para serem cultivadas de forma segura e permanente, com produção entre médias e elevadas das culturas anuais
III	Terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens ou silvicultura. Se cultivadas sem cuidados especiais estão sujeitas a riscos de depauperamento relacionados principalmente com culturas anuais, geralmente apresentam problemas complexos de conservação do solo
IV	Terras passíveis de utilização com culturas perenes, pastagens ou silvicultura, porém apresentam riscos ou limitações permanentes muito severas; quando usadas para culturas anuais, apresentam sérios problemas de conservação do solo
V	Terras planas ou com declives muito suaves, praticamente livres de erosão. Adaptadas para pastagens sem necessidade de práticas especiais de conservação do solo e cultiváveis apenas em casos especiais
VI	Terras adaptadas, em geral, para pastagens ou silvicultura, com problemas simples de conservação, cultiváveis apenas em alguns casos especiais com culturas protetoras do solo
VII	Terras com uso em pastagens, apresentando restrições mais severas que a classe anterior, sendo mais adaptadas à silvicultura; além de altamente susceptíveis à degradação, exigem práticas mais complexas de conservação do solo
VIII	Terras sem aptidão agrícola para cultivos, porém apropriadas para proteção e abrigo da flora e fauna silvestres, como ambiente para atividades de recreação e educação ambiental ou para fins de armazenamento de água

Fonte: Adaptado de Lepsch, 1983; Lepsch (1991)

Por meio da determinação das classes de capacidade de uso do solo para cada área estudo e a geração do mapa temático do IVFA, pode-se verificar como as propriedades dos diferentes tipos de solo, associado a sua declividade são determinantes na qualificação da classe de capacidade de uso do solo. Tal fato evidencia a importância do levantamento do meio físico, pois permite demonstrar a heterogeneidade existente nas diferentes áreas por meio da identificação destas classes. O uso indiscriminado das terras, sem levar em consideração as suas potencialidades e os graus de sensibilidade (fragilidade e/ou estabilidade) dos agroecossistemas é uma das principais causas da degradação dos solos, da erosão e da perda de sua capacidade produtiva.

No que diz respeito ao IVFA verifica-se o predomínio das classes VI e VII, seguido pelas classes VIII, em toda a extensão territorial da área de estudo, sendo que as classes II, III, IV e V são pouco representativas e a classe I inexistente ou não representativa (Tabela 13).

Tabela 13 Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental (IVFA) da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, em São Luiz do Paraitinga (SP)

Classe de Capacidade de Uso	Área em ha	Área em %	IVFA
I	-	-	Baixíssimo
II	173,0575	0,9	Muito baixo
III	407,1950	2,2	Baixo
IV	479,8625	2,6	Médio baixo
V	10.1275	0,1	Médio alto
VI	6375,6568	34,0	Alto
VII	6897,8989	36,7	Muito alto
VIII	4420,7565	23,7	Altíssimo
Área total	18757,9600	100,0	-

Fonte: Produção do próprio autor

Observou-se que 36,70%, da área de estudo, estão enquadrados na classe VII, 34,00% na classe VI e 23,7% na classe VIII, o que preconiza, alta vulnerabilidade ambiental, pois, as áreas VI são áreas com terras adaptadas para o uso de pastagens ou reflorestamento, a classe VII são áreas com terras adaptadas uso com pastagens, apresentando restrições mais severas que a classe anterior, sendo mais adaptadas à silvicultura; além de altamente susceptíveis à degradação, exigem práticas mais complexas de conservação do solo VIII são terras não apropriadas para o cultivo, pastagens ou reflorestamento, indicadas na legislação vigente, como áreas de preservação ambiental.

As classes de vulnerabilidade resultantes desta análise representam condições ambientais que apontam alta (34,00%) e muito alta (36,70%) vulnerabilidade ambiental e apresentam altos riscos a danos ambientais, algumas já comprometidas devido aos efeitos antropogênicos decorrentes, principalmente, de desmatamentos e ocupações desordenadas.

Considerando-se que os solos mais frequentes, na área de estudo, são classificados como Cambissolos e Neossolos e, com base no descrito por Ross (1997), que afirmam que esses tipos de solo associados a relevos íngremes e rochas de composição granítica resultam em um grau de fragilidade potencialmente alto, existe portanto, uma grande área vulnerável a processos erosivos agressivos. A vulnerabilidade física foi evidenciada pela remoção parcial dos horizontes superficiais dos solos, presença localizada de sulcos, ravinas e terracetes de pisoteio, principalmente, em áreas onde o pastoreio é intenso. O escoamento superficial pluvial é difuso, semiconcentrado e, por vezes, concentrado em canais, significando, nesse caso, uma distribuição bastante diferenciada da energia desses fluxos na superfície. Os processos erosivos são tanto mais intensos, quanto menor for proteção dada pela cobertura vegetal ao horizonte superficial do solo.

Observou-se, também, que a Classe VIII ocupa 23,7% do total da área de estudo e são consideradas de altíssima vulnerabilidade. De acordo com Santos et al. (2001) e Soares et al. (2002), essas áreas devem ser utilizadas como abrigo da flora e fauna silvestres, como ambiente para atividades de recreação e educação ambiental ou para fins de armazenamento de água.

Portanto, as análises mostraram que os sistemas naturais da área de estudo apresentam,

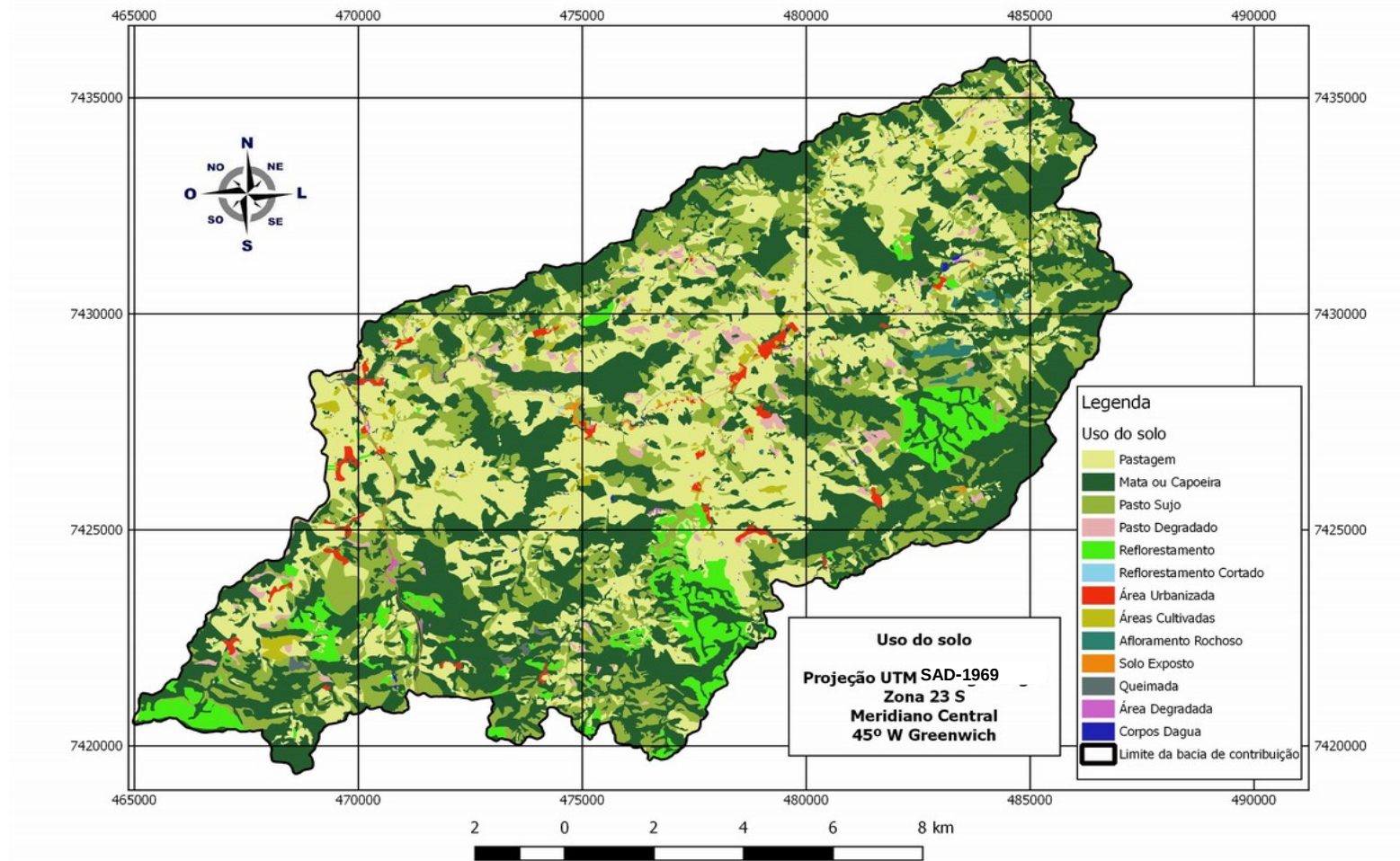
de forma significativa, áreas de alta, muito alta ou altíssima vulnerabilidade ambiental e, em razão disso, ainda que com baixa ocupação, essas áreas devem ser amparadas por legislação ambiental e os instrumentos de gestão que contribuam para o desenvolvimento econômico e social sejam compatibilizados com a preservação ambiental. Nesta análise, evidenciou-se que a ocupação, sem diretrizes apoiadas no conhecimento do meio físico, pode acarretar consequências danosas, com graves impactos ao meio ambiente e, conseqüentemente, na qualidade de vida da população.

4.3 ANÁLISE DO MAPA DE USO DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO

O solo é um recurso natural de alta importância social, econômica e ambiental. As práticas agrícolas inadequadas são responsáveis em grande parte pelo processo de erosão, contribuindo para a perda de solo e a baixa produtividade. A erosão resultante da ação do impacto da gota de chuva e da enxurrada sobre o solo, chamada de erosão hídrica é a principal forma de degradação dos solos.

O processo produtivo antrópico é um dos fatores condicionantes da cobertura do solo e, seu desenvolvimento, tende a provocar novas formas de uso/cobertura e, conseqüentemente, de nova organização do espaço físico do local. Os dados apresentados na Figura 37 e na Tabela 14 evidenciam que entre os usos e ocupação do solo, da área de estudo, a cobertura florestal é a que ocupa maior parte da bacia, 38,67%, porém, a pastagem corresponde a 32,11%, enquanto a área de uso agrícola ocupa 1,41% da área total.

Figura 37: Mapa de Uso do solo da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, em São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Adaptado da Akarui (2013).

Considerando o uso do solo na área de estudo, observa-se que a pastagem, a silvicultura e as atividades agrícolas, alteram os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais, como observado por Merten; Minella (2002), principalmente, quando mal manejados. Segundo estes autores, estas alterações podem ser avaliadas por meio do monitoramento da qualidade da água, considerando que, as chuvas precipitadas sobre as vertentes formarão o deflúvio superficial que carreará sedimentos e poluentes para a rede de drenagem. Desta forma, o rio é um integralizador dos fenômenos ocorrentes nas vertentes da bacia, que pode influenciar a quantidade e qualidade da água.

Tabela 14: Distribuição das classes de uso do solo, em hectares e porcentagem da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, em São Luiz do Paraitinga (SP)

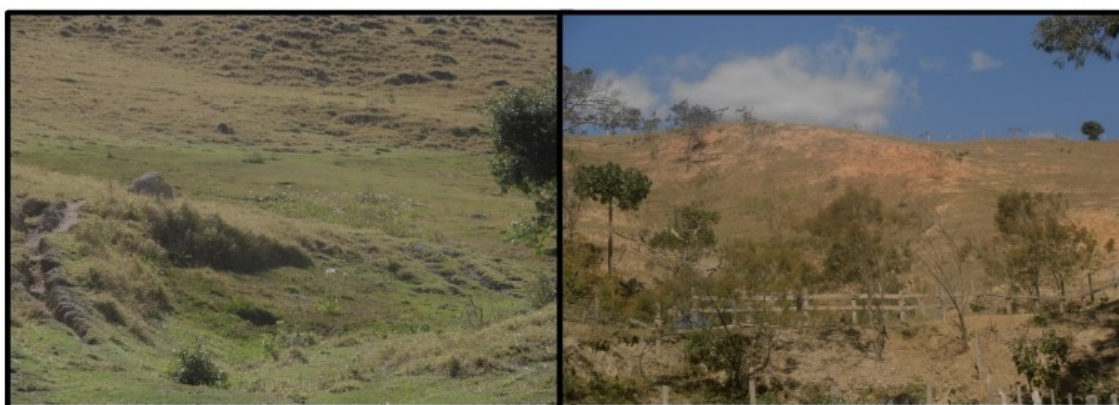
Classes	Área (ha)	Área (%)
Pastagem	6023,7028	32,10
Reflorestamento	872,0450	4,65
Mata ou capoeira	7255,3870	38,67
Pasto sujo	3708,1000	19,76
Pasto degradado	246,7180	1,31
Área urbanizada	185,0110	0,99
Áreas cultivadas	263,1040	1,40
Solo exposto	16,4920	0,09
Corpos d'água	46,4500	0,25
Reflorestamento cortado	3,8941	0,02
Área degradada	37,1740	0,20
Afloramento rochoso	84,6052	0,45
Queimada	21,8904	0,12
Áreas total das classes	18764,5547	100,00

Fonte: Produção do próprio autor

A pastagem é a classe de uso do solo que encontra-se em maior proporção, com representatividade de 32,10%, além de 19,76% de pasto sujo e 1,32% de pasto degradado. O cultivo dessas gramíneas está relacionada com a pecuária, que é uma das principais atividades presentes no local. Os maiores problemas observados neste sistema são o uso inadequado do

solo agrícola e, quando isso não ocorre é a ausência de manejo adequado do sistema produtivo aliado à ausência de práticas de conservação do solo, em função da declividade da área, que contribuem para ocorrência de processos erosivos em algumas áreas, resultando em empobrecimento e perda de solo e assoreamento dos corpos hídricos. Outro problema encontrado está relacionado com o manejo é o pisoteio intenso de animais, devido à possibilidade de compactação superficial, com conseqüente redução da aeração e infiltração de água (Figura 38).

Figura 38: Pastagem na área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



O levantamento realizado para área de estudo revelou que 38,66% da área é coberta por vegetação nativa, portanto, essas áreas apresentam um grau de proteção do solo bem mais significativo, sendo que as variações dependerão dos espaçamentos entre as coberturas de vegetação de porte arbóreo, de cobertura herbácea e de arbórea rarefeita encontradas na classe capoeira. De acordo com o Plano de Manejo (2011) elaborado no Parque Estadual da Serra no Mar – Núcleo Santa Virgínia pelo Governo do Estado de São Paulo, os remanescentes aqui situados apresentam alto valor de importância representativa no bioma Mata Atlântica, mais especificamente da Floresta Ombrófila Densa Montana e Floresta Ombrófila Mista, além de ser a cobertura que estabelece o maior grau de proteção da superfície, seja pelas copas que interceptam os impactos diretos das gotas de chuva ou pela proteção da serrapilheira ao solo.

Considerando as classes de uso e ocupação do solo como características de atividades antrópicas ou não, e obtendo o percentual das APP por essas classes, foi possível estabelecer

os valores de ocupação das APP em cada tipo de uso do solo. Portanto, tornou-se possível o entendimento do quadro de uso e ocupação do solo presente em cada um dos tipos de APP. A Tabela 15 apresentam os resultados deste cruzamento.

Tabela 15: Uso o solo em APP na área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, em São Luiz do Paraitinga (SP)

Classes de uso do solo	Área (ha)	% de APP na área de estudo	% da classe em APP
Pastagem	1215,6729	6,48	27,33
Reflorestamento	89,5667	0,48	2,01
Mata ou Capoeira	2085,3704	11,11	46,89
Pasto Sujo	849,2646	4,53	19,09
Pasto Degradado	34,7359	0,19	0,78
Área Urbanizada	76,0562	0,41	1,71
Área cultivada	74,2298	0,40	1,67
Solo Exposto	1,8133	0,01	0,04
Reflorestamento Cortado	1,1719	0,01	0,03
Área Degradada	13,6053	0,07	0,31
Afloramento Rochoso	3,5157	0,02	0,08
Queimada	2,6890	0,01	0,06
Área total das classes	4447,6915	23,70	100,00

Fonte: Produção do próprio autor.

As áreas de APP encontram-se, em mais de 50%, desprovidas de vegetação nativa. Foram observados que 47,20% das APP da área de estudo encontra-se recobertas com pastagem, que compreendem as áreas cobertas por gramíneas, plantas graminóides, arbustos e árvores dispersas, onde a pastagem foi sendo introduzida artificialmente com plantações de forrageiras, sendo que, a atividade mais frequente associada a esta forma de uso e ocupação do solo é a criação extensiva de gado. Observa-se, também, que 19,09% da área de pastagem em APP se refere a pasto sujo, ou seja, áreas de pastagens que em função do se desuso encontra-se em fase de regeneração com vegetação nativa em estágio primário e secundário de regeneração e, temos 13,6053 ha, que corresponde a 0,31% da área de APP, com um alto nível

de degradação, caracterizado pela presença de pasto degradado. Observamos, também, que em 89,5667 ha (2,01%) da área de APP encontra-se reflorestada com espécies exóticas, ou seja, eucalipto, sendo que em 1,1719 ha dessa área encontramos reflorestamento cortado. Em 74,2298 ha (1,67%) encontramos APP recobertas com cultura anual e/ou permanente. Em 3,5157 ha (0,08%) da bacia encontramos afloramentos rochosos, geralmente, associados com Neossolo Litólico. Observamos que as áreas de escarpas são compostas por afloramentos de rochas com uma fina camada de solo, quando sujeitas a intempéries são susceptíveis ao escorregamentos.

As áreas urbanas compreendem o Distrito de Catuçaba, perímetro urbano existente na área de estudo, e demais áreas edificadas.

Observa-se que apesar da importância, e de serem preservadas por lei, as matas ciliares vêm sendo alvo das atividades antrópicas, diante dos interesses conflitantes de uso e ocupação do solo, ocasionando a sua supressão, principalmente, ao longo dos cursos d'água.

A degradação dos solos representa um prejuízo socioeconômico para as gerações atual e futuras, pois além de provocar queda na fertilidade, suas características estruturais podem se alterar tornando-se pouco interessantes para a finalidade e manejo ao qual se destina. Somado a isso, há a consequente degradação dos mananciais hídricos pelo assoreamento de rios, erosão e má drenagem, o que desequilibra o sistema e o torna insustentável tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. Por fim, a biodiversidade também é afetada por esse processo de degradação do solo, o que ocasiona a perda de resiliência do sistema.

A atividade humana no sentido de modificar um sistema natural pode representar tanto melhora, quanto conservação ou diminuição de sua capacidade produtiva. Ou seja, a alteração de uma área não significa necessariamente sua degradação, da mesma forma que a degradação não significa necessariamente que foi causada por atividade humana. Entretanto, se essa alteração realizada por determinado manejo vier acompanhada de processos que levam à perda de capacidade produtiva do sistema, considera-se que as áreas estão sendo degradadas.

Um dos maiores problemas na área de pecuária tem sido a degradação de pastagens, provocando queda na capacidade de suporte, elevação dos custos de produção de carne e leite, descapitalização dos produtores e aumento da pressão por novos desmatamentos. Daí a importância da escolha de métodos de conservação e manejo mais adequados ao sistema.

A partir da geração dos dados cartográficos, foi possível verificar que atualmente a

pastagem, principal cultura presente na área de estudo, não atende as expectativas conservacionistas, apresentando manejo inadequado, o que contribui para a erodibilidade, aumentando a vulnerabilidade local.

O processo erosivo, na área de estudo, é observado pelo processo evolutivo de perda do vigor, da produtividade, da capacidade de recuperação natural para sustentar os níveis de produção, assim como, de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais.

O potencial produtivo de uma dada forrageira e o estado de degradação da pastagem pode ser avaliado pela observação de algumas características, presentes na área de estudo, tais como a baixa disponibilidade de forragem; a baixa capacidade de rebrota, ou seja, a produção de material vegetal não reage à vedação prolongada, mesmo sob condições climáticas favoráveis; a cobertura vegetal inadequada, observada, principalmente, pela presença de áreas sem vegetação; a presença de espécies invasoras e pragas e; a compactação do solo combinado com sinais de erosão e de deficiências minerais.

As práticas de manejo favoráveis ao controle da erosão são aquelas que melhoram a capacidade de infiltração da água no solo, diminuem o escoamento superficial, favorecem a formação de agregados e reduzem o impacto das gotas da chuva. O processo de erosão é muito mais influenciado pelo manejo do solo, muitas vezes inadequado podendo acarretar em uma exaustão do solo, que por outro fator, sendo de extrema importância uma detalhada discussão relativa ao manejo do solo e da cultura. O melhor manejo do solo pode ser definido como o mais intensivo e produtivo uso pelo qual a terra é capaz de produzir sem causar erosão, ou seja, o uso em acordo com a sua aptidão ou capacidade. Nesse contexto, aparece a importância da cobertura vegetal, que atua na redução do processo erosivo por meio da proteção direta contra o impacto das gotas de chuva; dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; decomposição das raízes das plantas, formando canalículos, aumentando a infiltração da água; melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando a capacidade de retenção de água; e diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

4.4 ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIAL DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de São Luiz do Paraitinga, onde encontra-se a área de estudo desse trabalho, apresentou o Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) de 0,697, no ano de

2010, o que posiciona o município na faixa média de IDHM (entre 0,600 e 0,699). A dimensão que mais contribuiu para o IDHM foi a longevidade, com índice de 0,826, seguida pela renda, com índice de 0,691, e de educação, cujo índice é de 0,593. A evolução do IDH-M de Educação, Longevidade e renda, do município, nos anos de 1991, 2000 e 2010, encontram-se na Tabela 16. Com isso, a cidade ocupa a 1995^a posição entre os 5.565 municípios do Brasil e 402^a posição entre os municípios do Estado de São Paulo, segundo dados do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

Tabela 16: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), de Educação, Longevidade e Renda, de 1991, 2000 e 2010, do município de São Luiz do Paraitinga (SP)

Ano	Educação	Longevidade	Renda
1991	0,235	0,711	0,570
2000	0,391	0,745	0,652
2010	0,593	0,826	0,691

Fonte: PNUD (2013)

Um dos fatores que determinam a vulnerabilidade social de uma determinada região é a renda. O Índice de GINI de distribuição do rendimento é um indicador que mede o grau de desigualdade existente na distribuição de indivíduos segundo a renda domiciliar per capita. Seu valor varia de 0, quando não há desigualdade (a renda domiciliar per capita de todos os indivíduos têm o mesmo valor), a 1, quando a desigualdade é máxima (apenas um indivíduo detém toda a renda). A principal fonte de dados é a Pesquisa Nacional por amostras de Domicílios – PNAD, do IBGE. A relevância do indicador para o desenvolvimento sustentável está relacionada com o grau da distribuição de rendimentos, para saber se a sociedade é equitativa nesse sentido, uma vez que o combate à desigualdade é um dos elementos fundamentais para a redução da pobreza (IBGE, 2012).

A renda per capita média do município passou de R\$ 463,62, em 2000, para R\$ 590,68, em 2010, enquanto que a taxa de crescimento anual foi de 2,45% entre os anos de 2000 a 2010. A proporção entre ricos e pobres variou de 22,90% em 2000, para 9,16%, em 2010, sendo que a evolução da desigualdade, conforme o Índice de GINI, passou de 0,53, em 2000 para 0,48, em 2010 (Tabela 17).

Tabela 17 Índice de GINI da renda domiciliar per capita de São Luiz do Paraitinga (SP)

Índice GINI		
1991	2000	2010
0,5046	0,5381	0,4836

Fonte: Brasil (2015)

A evolução do índice GINI no município está representada na tabela 17 e indica o grau de concentração de renda de um determinado grupo. Outro índice social avaliado foi o Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS) que é um indicador desenvolvido com base no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e exprime sinteticamente um conjunto de dimensões para mensurar as condições de vida da população, onde consideram-se as dimensões riqueza, longevidade e escolaridade, de forma a caracterizar a posição de dada unidade territorial de acordo com sua situação em cada dimensão e também dentro de uma tipologia elaborada a partir da combinação dessas dimensões (Fundação SEADE, 2012).

Na edição de 2012 do Índice Paulista de Responsabilidade Social – IPRS, São Luís do Paraitinga classificou-se no Grupo 4, que agrega os municípios com baixos níveis de riqueza e escolaridade e alto índice de longevidade, conforme disposto na Tabela 18.

Tabela 18: Classificação do município de São Luiz do Paraitinga (SP) no Índice Paulista de Responsabilidade Social – IPRS

Município	Dimensões do IPRS					
	Riqueza Municipal		Longevidade		Escolaridade	
	Valor	Categoria	Valor	Categoria	Valor	Categoria
São Luiz do Paraitinga	24	Baixo	70	Alto	51	Baixo

Fonte: Adaptado da Fundação SEADE (2012)

A partir dos resultados das análises dos dados do IPRS, observa-se que o município

onde se localiza a área de estudo, na dimensão do IPRS – Riqueza Municipal, está na posição 623^a do Estado de São Paulo no censo 2012, ficando abaixo do nível médio estadual, e retrocedeu nesse ranking em consequência do desempenho dos indicadores de riqueza no período.

O município reduziu, também, o nível do indicador sintético da dimensão Longevidade, bem como piorou sua posição relativa nesse ranking, de 36^a para 274^a, pois, ocorreu um aumento na taxa de mortalidade infantil e na taxa de mortalidade perinatal. Na dimensão Escolaridade o município realizou avanços nesta dimensão, somando pontos nesse escore no período, e melhorando sua posição no ranking de 582^a para 451^a, embora seu índice seja inferior à média estadual. Esse resultado está atrelado ao aumento da taxa de atendimento escolar de crianças de 4 e 5 anos e o aumento do número de alunos, do 5º e 9º ano do ensino fundamental da rede pública, que atingiram o nível adequado nas provas de língua portuguesa e matemática ter elevado.

O município teve seus indicadores agregados de riqueza e longevidade, diminuídos, em oposição ao melhor desempenho na escolaridade. Em termos de dimensões sociais, o nível de longevidade é igual à média do Estado, porém o de escolaridade está abaixo do valor médio estadual.

Considerando os resultados apresentados no IPRS, a vulnerabilidade social, que segundo Cutter; Mitchell; Scott (2000) e Laska; Morrow (2006) é o conceito que traduz a propensão da população para os impactos negativos dos perigos e desastres, aumentou na área de estudo. Para compreender melhor a vulnerabilidade social usou-se a expressão geográfica de Índice de Vulnerabilidade Social que é um mapa que representa os extremos da distribuição estatística dos resultados do índice (normalmente superior ou inferior a média padrão) e ilustra as áreas que tem níveis relativamente elevados de vulnerabilidade social, assim como as que tem níveis relativamente baixos.

O Mapa de Índice de Vulnerabilidade Social gerado nesse trabalho teve como base o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS que se baseia em dois pressupostos, ou seja, a compreensão de que as múltiplas dimensões da pobreza precisam ser consideradas em um estudo sobre vulnerabilidade social e a consideração de que a segregação espacial é um fenômeno presente nos centros urbanos paulistas e que contribui decisivamente para a permanência dos padrões de desigualdade social que os caracteriza.

Os dados do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) em 2010, sobre as condições de vida dos habitantes do Município, indicou a renda domiciliar média de R\$ 1.444,00, mas em 29,1% dos domicílios, a renda não ultrapassou a quantia de meio salário-mínimo per capita. A média de idade dos chefes de domicílio (masculino) foi de 50 anos e somente 11,2% possuíam menos de 30 anos. Os índices também apresentaram que entre as mulheres com até 30 anos, 10,9% eram responsáveis pelo domicílio.

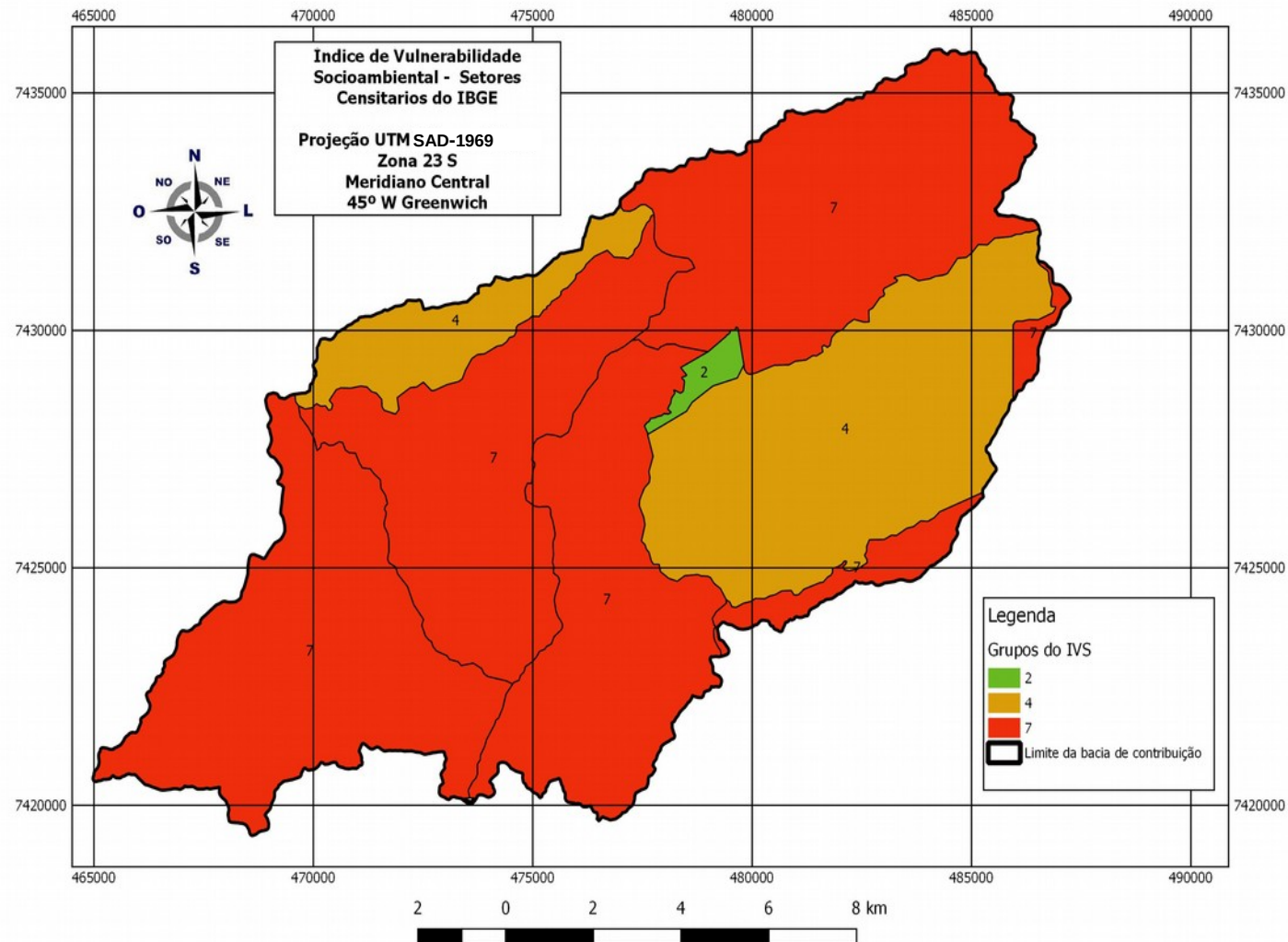
O maior contingente de vulnerabilidade, encontra-se nos setores rurais, cujo rendimento nominal médio dos domicílios foi de R\$ 1.048, sendo que em 39,5% deles a renda não ultrapassava meio salário-mínimo per capita. A idade média dos responsáveis pelos domicílios foi de 51 anos, e apenas 9,1% possuem menos de 30 anos. Entre as mulheres que são chefes de domicílios, apenas 8,9% tem menos de 30 anos.

A vulnerabilidade social pode ser entendida como o grau de fragilidade e desamparo institucional da população em relação ao Estado. É expressa pelo Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS), que considera em seu cálculo os componentes socioeconômicos e demográficos, dividindo a população de cada município em sete grupos, que são:

- Grupo I: Nenhuma Vulnerabilidade;
- Grupo II: Vulnerabilidade Muito Baixa;
- Grupo III: Vulnerabilidade Baixa;
- Grupo IV: Média Vulnerabilidade;
- Grupo V: Alta Vulnerabilidade;
- Grupo VI: Vulnerabilidade Muito Alta;
- Grupo VII: Alta Vulnerabilidade.

O resultado do Índice de Vulnerabilidade Social – IVS da área de estudo está disposta na Figura 39, que apresenta a relação entre as categorias do IVS e a quantidade de setores censitários que se enquadram em cada uma das categorias definidas.

Figura 39: Mapa de Índice de Vulnerabilidade Social da área de estudo, localizado na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, em São Luiz em Paraitinga (SP)



Fonte: Adaptado da Fundação SEADE, 2010

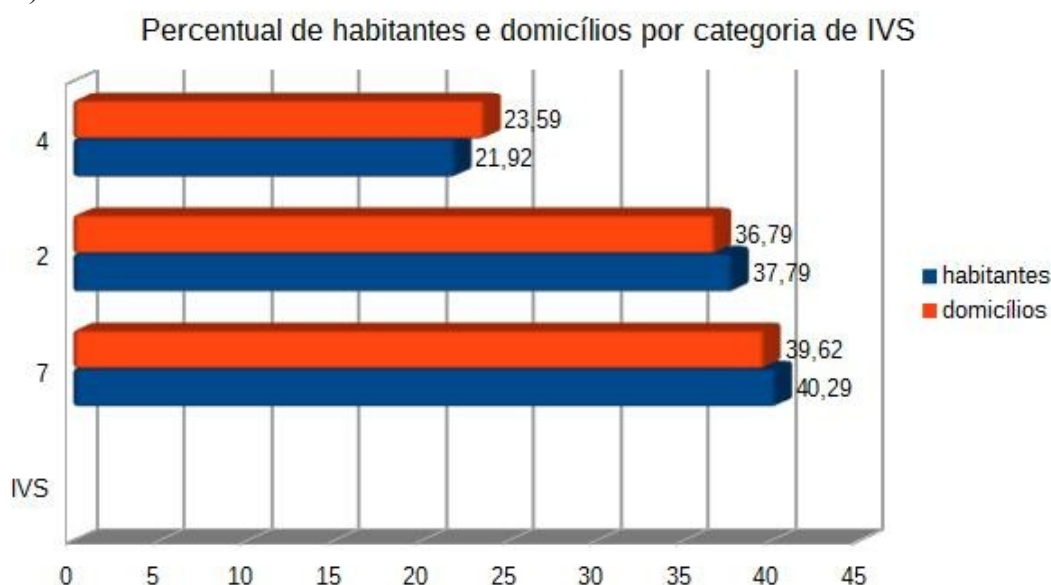
Os oito setores censitários, conforme figura 39, foram classificados em três grupos: Grupo 2 – vulnerabilidade muito baixa; Grupo 4 – vulnerabilidade média; Grupo 7 – setores censitários rurais de alta ou muito alta vulnerabilidade.

Conforme observado na Figura 46 o Índice de Vulnerabilidade Social – IVS na área de estudo temos dois setores censitários no grupo 2, caracterizando média vulnerabilidade com presença de famílias jovens urbanos e rurais não especiais e subnormais; um grupo censitário com índice de vulnerabilidade 4, no entorno e no núcleo urbano do distrito de Catuçaba, a qual possui abastecimento de água das residências oriundo da rede geral, tendo também a presença da atividade do comércio, que busca dinamizar a economia local, com presença de famílias adultas e idosas em núcleo urbano não especiais e subnormais, o que determina vulnerabilidade média e; cinco setores censitários com presença de famílias idosas, adultas e jovens em setores rurais, o que caracteriza uma vulnerabilidade alta, portanto, classificada como grupo 7.

A partir da visualização detalhada das características socioespaciais da área de estudo foi possível obter o perfil de vulnerabilidade à pobreza, criando-se assim uma agregação do indicador para cada setor censitário e fazer uma análise de cada uma dessas dimensões no Índice de Vulnerabilidade Social existente.

A Figura 40 apresenta a relação entre o número de habitantes e domicílios e a categoria de vulnerabilidade social, ou seja, o IVS.

Figura 40: Percentual de habitantes e domicílio por categoria de IVS na área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Adaptado da Fundação SEADE, 2010

A análise dos dados observados em relação ao percentual de habitantes e domicílio por categoria de IVS na área de estudo. Observa-se que aproximadamente 40% dos habitantes residem em domicílios nos setores censitários com valor de IVS 7, que se caracteriza por alta vulnerabilidade social e, em uma leitura mais criteriosa observa-se que mais de dois terços dos domicílios (63,21%) encontram-se em categoria de média e baixa vulnerabilidade o que representa 62,21% dos habitantes da área de estudo. Trata-se de um significativo contingente populacional que se encontram em condições de vulnerabilidade social abaixo do ideal.

4.4.1 Análise das dimensões (fatores) da vulnerabilidade social

As variáveis relativas a dimensão socioeconômica envolve o acesso à educação e a renda. A variável educação condiciona os aspectos socioeconômicos, já que, quanto maior o tempo de estudos, maiores são a renda e a qualidade de vida e, conseqüentemente, maior será a expectativa de vida do indivíduo. Além disso, acesso à formação e à informação pode definir a maneira como um indivíduo lida com o risco, visto que pouca educação pode limitar a habilidade de lidar com as situações perigosas e dificultar medidas de recuperação e

adaptação.

Os cinco setores censitários com piores indicadores educacionais, da área de estudo, se encontram nas áreas com índice de vulnerabilidade social com valor 7, portanto, observa-se que os setores com maior vulnerabilidade social também apresentam os piores indicadores quanto à educação (cf. planilha geral do IVS – Apêndice), justificando este indicador como importante fator responsável pela maior fragilidade social. Os setores com menores vulnerabilidades quanto à educação se concentram nas proximidades do distrito de Catuçaba, núcleo urbano que encontra-se na área de estudo.

A outra variável socioeconômica se refere a renda per capita dos habitantes do local. No caso da área de estudo a renda per Capita média é de $\frac{1}{2}$ salário-mínimo, sendo que o menor valor é de, aproximadamente, $\frac{1}{4}$ do salário-mínimo vigente refere-se ao setor censitário de valor de vulnerabilidade igual a 7.

As variáveis relativas a dimensão demográfica corresponde ao ciclo de vida familiar (presença de crianças menores, idade e gênero do chefe de família). No que tange à distribuição espacial, nota-se que há maior presença de idosos nos setores censitários localizados em áreas correspondendo a bairros com melhores condições socioeconômicas e/ou de infraestrutura. Isso se explica pelo fato de que, em regiões com melhores condições de qualidade de vida, a expectativa de vida tende a aumentar e a presença de idosos também segue essa tendência.

A presença numerosa de jovens entre 10 e 19 anos, característica marcante das regiões rurais, pode se configurar como um importante fator de vulnerabilidade, pois, são indivíduos ainda fora da idade para o trabalho, o que aumenta a vulnerabilidade econômica da família

Mesmo entre os jovens em idade produtiva, as regiões socialmente mais vulneráveis, como as áreas rurais, detêm índices altos de desemprego, notadamente entre os mais jovens, tornando-os mais vulneráveis. Outro aspecto a ser levado em conta é que, entre os mais jovens das classes sociais mais vulnerabilizadas, o índice de maternidade precoce é elevado, tornando mães e filhos indivíduos mais susceptíveis, tanto do ponto de vista social, quanto no que tange aos problemas ambientais.(cf. os setores com maiores índices de presença de jovens na planilha geral do IVS – concentram-se nos grupos de maior vulnerabilidade).

O Índice de Vulnerabilidade Social da área de estudo, produzido com base na análise dos fatores de vulnerabilidade e da definição dos grupos de vulnerabilidade social, apresenta os resultados a seguir expressos, de acordo com os respectivos grupos.

4.4.2 A geografia do IVS

O grupo 7 apresenta os setores censitários com os maiores índices de vulnerabilidade social aos perigos naturais, em razão das gravíssimas condições de sua população quanto aos acesso a serviços públicos, como a educação, quanto a presença de jovens e crianças e, principalmente, quanto à forma de moradia e acesso à infraestrutura. De acordo com mapa de Índice de Vulnerabilidade Social – IVS, o grupo 7 apresenta cinco setores censitários (62,5% do total), perfazendo uma população de 1045 habitantes (40,3 % do total) em condições de muito alta vulnerabilidade social, habitando 366 domicílios (39,6 % do total), de acordo com o IVS. No espaço ocupado por esses setores censitários, o rendimento nominal médio dos domicílios era de R\$ 1.048 e em 39,5% deles a renda não ultrapassava meio salário-mínimo per capita. Com relação aos indicadores demográficos, a idade média dos responsáveis pelos domicílios era de 51 anos e aqueles com menos de 30 anos representavam 9,1%. Dentre as mulheres chefes de domicílios 8,9% tinham até 30 anos, e a parcela de crianças com menos de seis anos equivalia a 7,1% do total da população desse grupo.

O grupo 4 apresenta o único setor censitário com características urbanas na área de estudo e apresenta Sustentabilidade Social Média. Detém um universo populacional de 568 habitantes (21,9 % do total), ocupando 218 domicílios (36,8 % do total). Nesse setor, concentram-se famílias jovens, com forte presença de chefes jovens (com menos de 30 anos) e de crianças pequenas e está espacialmente associada a regiões com melhores condições de infraestrutura e habitação, o que nessas circunstâncias, se configura como setores cujas condições estruturais e socioeconômicas possibilitaram aumento na expectativa de vida. No espaço ocupado por esses setores censitários, o rendimento nominal médio dos domicílios era de meio salário-mínimo per capita até R\$1.409,00. Com relação aos indicadores demográficos, a idade média dos responsáveis pelos domicílios era de 54 anos. Dentre as mulheres chefes de domicílios 8,5% tinham até 30 anos, e a parcela de crianças com menos de seis anos equivalia a 6,0% do total da população desse grupo.

O Grupo 2 apresenta dois setores censitários com vulnerabilidade muito baixa e abrange os setores censitários que se classificam em segundo lugar, no Estado, em termos da dimensão socioeconômica (média ou alta). Nessas áreas, concentram-se, em média, as famílias mais velhas. Esse grupo totaliza dois setores censitários (25% do total) que englobam um contingente populacional de 979 habitantes (37,8% do total), ocupando 340 domicílios (36,8% do total). No espaço ocupado por esses setores censitários, o rendimento nominal médio dos domicílios é de meio até dois salários-mínimos per capita. Com relação aos indicadores demográficos, a idade média dos responsáveis pelos domicílios era de 49 anos. Dentre as mulheres chefes de domicílios 18% tinham até 30 anos, e a parcela de crianças com menos de seis anos equivalia a 8,3% do total da população desse grupo.

Com base nas análises anteriores, pode-se concluir que, no conjunto de 8 setores censitários que formam a área de estudo, dois setores (25%) apresentaram vulnerabilidade social muito baixa, um setor censitário, com características urbanas, que detêm a maior densidade demográfica da bacia, porém, com melhor acesso a serviços públicos (educação, saúde, segurança, saneamento básico, entre outros) o que resulta em um índice de vulnerabilidade social média. Isso corresponde a um contingente populacional de 568 habitantes ou aproximadamente 21,9% da população total da bacia. Temos, também, cinco setores censitários (62,5%) com alta vulnerabilidade social. Esses dados mostram uma parcela significativa das desigualdades socioespaciais da área de estudo, refletindo um relevante contingente populacional que detêm graves problemas sociais, representados por analfabetismo e/ou poucos anos de estudos formais, carências no acesso a serviços públicos (educação, saúde, segurança, saneamento básico, entre outros), pela idade e sexo do responsável e pela presença de crianças com idade até quatro anos.

Para essa avaliação na dimensão socioeconômica, considerou-se que níveis baixos de renda definem a situação de pobreza, enquanto a escassez de fontes de rendimentos seguros e regulares delimita conjunturas concretas de riscos à pobreza. Entre os riscos mais elevados, destacam-se o desemprego e a inserção precária no mercado de trabalho que, além da irregularidade dos rendimentos, deixa grandes contingentes de trabalhadores excluídos dos benefícios disponíveis àqueles inseridos de forma regular no mercado de trabalho. O montante de renda obtido pela família foi expresso pela renda do chefe do domicílio.

Já o poder de geração e manutenção regular de renda foi medido por meio do nível de escolaridade do responsável pelo domicílio – anos de estudo e acesso à educação básica. Tendo em vista que a baixa instrução de um indivíduo potencializa seu risco de uma inserção mais precária no mercado de trabalho e acarreta maior probabilidade de experimentar situações de desemprego, considerou-se que um indicador de escolaridade seria adequado para tal medição. Assim, setores censitários que concentram parcelas expressivas de chefes de família com baixa renda e/ou pouca escolaridade podem ser associados a condições vulneráveis à pobreza.

A dimensão relacionada ao ciclo de vida das famílias foi expressa pela idade do responsável e a presença de crianças com idade até quatro anos. Diferentemente da dimensão socioeconômica, não há relação imediata entre pobreza e ciclo de vida. Mesmo assim, o ciclo de vida tende a atuar como um fator que potencializa o risco à pobreza.

A vulnerabilidade social traduz, segundo Cutter (2000) e Laska; Morrow (2006) a propensão da população para os impactos negativos e ajuda na compreensão da distribuição dos riscos e perdas potenciais, ou seja, a relação existente entre as populações vulneráveis e os ambientes naturais vulneráveis.

O mapa de índice de vulnerabilidade social – IVS é uma expressão geográfica que representa os extremos de uma distribuição estatística dos resultados do índice (normalmente inferior e superior a um desvio padrão médio). Deste modo, o mapa do IVS ilustra as áreas e seus índices de vulnerabilidade social mais alto, bem como, os locais com índices de vulnerabilidade social mais baixo.

Em sociedades baseadas em economia de mercado, Carneiro e Veiga (2004) entendem que a pobreza representa a primeira aproximação da maior exposição a riscos, principalmente em contextos em que famílias pobres não contam com uma rede pública de proteção social (acesso a bens e serviços básicos que viabilizem melhores oportunidades para enfrentar as adversidades). A ausência de recursos materiais alimentará outras fragilidades, tais como, baixa escolarização, condições precárias de saúde e de nutrição, moradias precárias em locais ambientalmente degradados e condições sanitárias inadequadas (necessidades insatisfeitas).

Vale destacar que segundo Ministério do Meio Ambiente, Brasil (2008), a análise

socioeconômica deve buscar parâmetros e critérios que identifique as formas diferenciadas de ocupação do território. Nesse sentido, a síntese dos estudos socioeconômicos deverá gerar uma regionalização capaz de delimitar subespaços para os quais possam ser definidos programas e ações públicas e privadas mais adequados às suas especificidades, colaborando para um planejamento eficaz do território, visando diminuir as desigualdades sociais locais.

É importante salientar que o IVS gerado neste estudo reflete as condições de vulnerabilidade social da população local concernente a 2010 e que não se almejou acompanhar ou monitorar o fenômeno ao longo do tempo, buscando identificar ciclos ou tendências. Não obstante, de acordo com os dados criados nesta pesquisa, pode-se empreender a análise do IVS futuramente utilizando os dados previstos para o censo demográfico de 2020, possibilitando-se efetivar-se um comparativo temporal.

Destaca-se também que o IVS deve ser visto como uma ferramenta que identifica o local e o quantitativo da população mais vulnerável socialmente em um determinado período de tempo, não se extraindo informações sobre as causas dessa situação ou às formas de superá-la, mas sendo um instrumento que permite indicar regiões prioritárias para a prática de ações de superação da vulnerabilidade social.

4.5 MAPA DE ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

A integração ou sobreposição dos mapas produzidos com base no Índice de Vulnerabilidade Social – IVS, no Índice de Vulnerabilidade Físico Ambiental – IVFA e no Uso do Solo, possibilitou a identificação e localização dos espaços onde ocorre coincidência de riscos e vulnerabilidades – sociais e ambientais – resultando no Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA da área de estudo, representado graficamente pelo Mapa de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental.

O mapa de IVSA representa a espacialização das classes de prioridade para Índice de Vulnerabilidade Socioambiental como disposto na Tabela 19.

Tabela 19: Classificação numérica do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)

Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA		
1	Muito Baixa	0-1,43
2	Baixa	1,43-2,86
3	Média Baixa	2,86-4,28
4	Média	4,28-5,71
5	Média a Alta	5,71-7,14
6	Alta	7,14-8,75
7	Muito Alta	8,75-10

Fonte: Produção do próprio autor

Na Figura 41, apresenta-se a representação espacial dos resultados obtidos no que se refere à vulnerabilidade socioambiental da área de estudo e sua graduação esquemática nos valores de 1 a 7. Os resultados indicam como principais fatores de vulnerabilidade socioambiental as condições relativas ao menor desenvolvimento social e econômico e ao uso inadequado do solo, inclusive, com influência pelo manejo inadequado das pastagens. Os setores censitários com vulnerabilidade elevada ou muito elevada aparecem na área da bacia, com economia predominantemente rural, ainda que mitigada, em alguns casos, pela sua associação ao turismo rural.

Na literatura que trata de vulnerabilidade já está consagrada a contribuição das geotecnologias e do seu potencial para a modelagem de aspectos físicos e socioeconômicos, para a prevenção, mitigação e enfrentamento de manifestações de riscos, sejam eles naturais, tecnológicos ou mistos. Os resultados apresentados são coerentes com as realidades socioambientais das áreas de estudo e indicam como fatores de vulnerabilidade socioambiental as condições econômicas e a alta vulnerabilidade físico-ambiental e social.

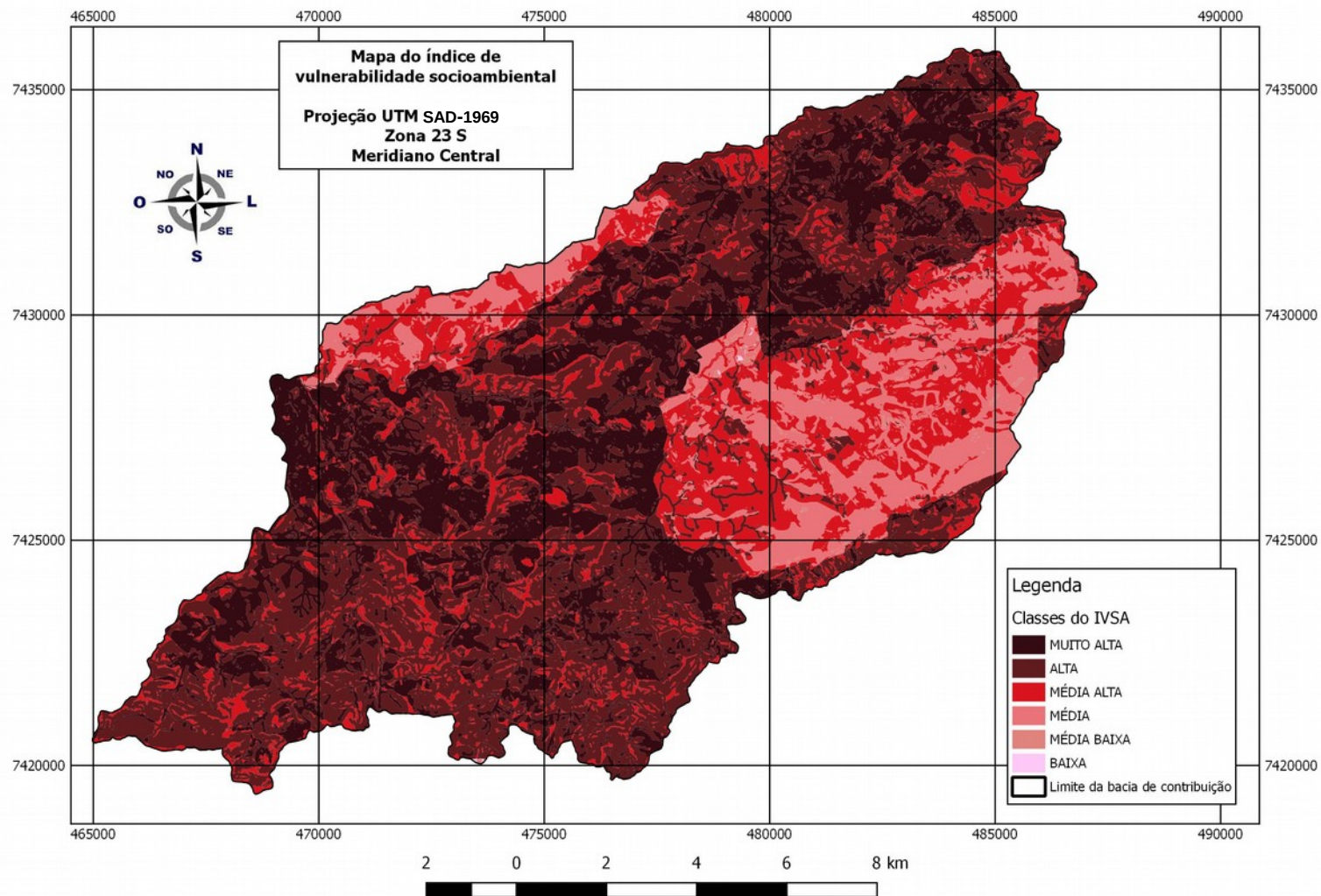
Esse contexto conduz à reflexão da premissa de que a vulnerabilidade verificada na área de estudo delinea-se a partir de uma conjunção de fatores e resultaria de um agregado de

condições, em várias dimensões, que, acionadas em conjunto, ou mesmo de maneira individual, tornar-se-iam elementos capazes de aumentar a capacidade de resposta aos efeitos de fenômenos (estruturais ou conjunturais) que afetam as condições de bem-estar do Homem.

Considerando o exposto acima, a vulnerabilidade, nesse caso, refere-se à exposição das populações e à dinâmica ambiental da região, como resultante de um conjunto de aspectos que, ainda que se refiram imediatamente ao ambiente, o recoloca na perspectiva da dupla face, ou seja, das populações e da relação com o ambiente.

Portanto, a vulnerabilidade local é representada pelas propriedades físicas de seu ambiente e, também, por fatores sociais e a capacidade de qualquer sistema para lidar com a exposição e/ou sensibilidade depende, por sua vez, do grau que ele pode explorar e da capacidade de adaptação.

Figura 41: Mapa temático do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Produção do próprio autor.

Os resultados dos dados tabulares referentes às respectivas classes de prioridade expressos em hectares e percentagem da distribuição da vulnerabilidade socioambiental, da área de estudo, está demonstrada na Tabela 20.

Tabela 20 Distribuição em área e percentagem das classes de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental na área de estudo

Classe IVSA	Área ha	Área %
IVSA Muito Alta	5511,3550	29,3711
IVSA Alta	7063,7672	37,6442
IVSA Média a Alta	3891,2725	20,7374
IVSA Média	2233,4475	11,9025
IVSA Média Baixa	55,9725	0,2983
IVSA Baixa	8,7400	0,0466
IVSA Muito Baixa	-	-
Área total das classes	18764,5547	100,00

Fonte: Produção do próprio autor

Os índices de vulnerabilidade socioambiental, encontrados são significativos, pois, observa-se que em 29,37% da área de estudo a vulnerabilidade é classificada como muito alto, o que representa fragilidade nas dimensões sociais e ambientais. Esse índice indica dimensões socioeconômicas baixa com ciclo de vida familiar composta por famílias idosas, adultas e jovens em setores rurais. Espaços com fortes carências de infraestrutura urbana, condições precárias de habitação, carências graves no nível de educação (anos de estudo, analfabetismo), presença numerosa de jovens e/ou idosos. Podemos salientar que, de acordo com Almeida (2010), o acesso à educação condiciona vários aspectos socioeconômicos, pois quanto maior o tempo de estudos tende a serem maiores a renda, a qualidade e a expectativa de vida do indivíduo.. Além disso, uma formação adequada pode definir a maneira como um indivíduo lida com o risco e os fatores de redução de bem-estar, visto que pouca educação pode limitar a habilidade de enfrentar as situações perigosas e dificultar medidas de recuperação e adaptação

Em relação as vulnerabilidades ambientais apresentam terras impróprias para culturas, pastagens ou reflorestamento, embora tenham certo valor para abrigo da vida silvestre e recreação. São terras, geralmente, de superfície muito irregular, pedregosas, arenosas, declivosas e erodíveis. Podem apresentar, também, terras próprias para pastagem e reflorestamento, quando utilizadas com extremo cuidado para prevenir a erosão. Indica, também, o uso inadequado do solo agrícola, seja pelo desenvolvimento de atividades agropecuárias em desacordo com a capacidade do uso do solo ou devido ao uso inadequado das áreas de preservação permanente.

Observa-se, também, que 37,64% da área de estudo tem alta vulnerabilidade, o que representa na área social famílias jovens residentes em aglomerados subnormais; espaços com moderadas a altas condições de carências de infraestrutura urbana (abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, coleta de lixo, domicílios sem banheiro), condições precárias de habitação (características físicas da habitação e densidade de moradores), carências graves no nível de educação (anos de estudo, analfabetismo), presença de jovens. Além disso, observa-se, famílias jovens residentes em aglomerados subnormais; espaços com carências de infraestrutura urbana (abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, coleta de lixo, domicílios sem banheiro), condições precaríssimas de habitação (características físicas da habitação e densidade de moradores), carências graves no nível de educação (anos de estudo, analfabetismo), presença numerosa de jovens. Na área ambiental, observa-se, terras com limitações tão severas quanto a degradação que são impróprias para cultivos, por isso pastagens e reflorestamento são os usos recomendados.

Verifica-se, por exemplo, que as áreas com maior prevalência de setores censitários contendo população qualificada na condição de alta vulnerabilidade social se sucedem nos locais atinentes ao sistema ambiental que tem média e/ou alta vulnerabilidade ambiental. Uma possível explicação para isto é que estes lugares, via de regra, são mais acessíveis à população de menor renda por tratar-se de locais mais desvalorizados pelo mercado imobiliário, por serem pouco propícios à ocupação devido às características de risco ambiental e à falta de infraestrutura.

Com registro de alta vulnerabilidade socioambiental, configurada a partir da materialização no território da ocorrência integrada da vulnerabilidade ambiental e social. Salienta-se que não é por acaso que as áreas de risco e degradação ambiental também são, na

maioria das vezes, áreas de pobreza e privação social. De fato, há uma tendência de os grupos de alta vulnerabilidade social residir em locais com más condições urbanísticas, sanitárias e em situações de risco ambiental, como, por exemplo, terrenos próximos de cursos d'água e em locais com elevada declividade.

Em contrapartida, no distrito de Catuçaba e em seu entorno, de modo geral, possuem um processo de urbanização em consolidação, sendo áreas mais aptas do ponto de vista ambiental, além de comportarem um padrão de ocupação onde sobressaem as condições de média alta e média vulnerabilidade socioambiental, dentro da realidade da área de estudo. Temos como características sociais moderadas a baixas condições de carências de infraestrutura urbana (abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, coleta de lixo, domicílios sem banheiro), alguma precariedade de habitação (características físicas da habitação e densidade de moradores), carências moderadas no nível de educação (anos de estudo, analfabetismo), presença de jovens e idosos. Em relação as condições físico-ambientais temos áreas com média e média alta vulnerabilidade que é potencializada pelo alto adensamento populacional da área, que tem características urbanas.

Outras duas áreas com características de média alta e média vulnerabilidade socioambiental presentes na área de estudo se caracterizam por estarem recobertas por vegetação nativa ou capoeira, o que diminui a vulnerabilidade antrópica da área, que mesmo apresentando alta vulnerabilidade social tem o seu índice final amenizado pelo uso do solo. Essas áreas com média alta e média vulnerabilidade socioambiental representam 32,64% da área de estudo e parte dela encontra-se no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Santa Virgínia.

Verifica-se que as áreas de IVSA média baixa e baixa representa, apenas, 0,35% da área de estudo e ocorrem de forma irregular e tem características sociais de vulnerabilidade muito baixa (IVS 2). Em relação as características físico-ambientais são áreas com menor vulnerabilidade e uso adequado do solo agrícola que muitas vezes está caracterizado pela presença de áreas de regeneração em face ao abandono da atividade produtiva e/ou uso da propriedade para fins turísticos.

O mapa de vulnerabilidade socioambiental representa um importante recurso para o processo de tomada de decisão ao indicar espacialmente as condições socioeconômicas da população, associando-as a dinâmica dos sistemas naturais, permitindo determinar quais os

possíveis impactos socioambientais podem afetar, direta ou indiretamente.

A Tabela 21 representa ordem de pesos no resultado do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA, onde pode-se observar que o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVS e uso do solo são os fatores que tem maior influência na vulnerabilidade socioambiental da área de estudo.

Tabela 21: Ordem de pesos no resultado do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA, da área de estudo, localizada na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)

Ondem de Pesos	Variáveis
4,93	IVS
3,11	Uso do Solo
2,815003	IVS
2,488	Uso do Solo
1,96	IVFA
1,866	Uso do Solo
1,715	IVFA
1,47	IVFA
1,40998	IVS
1,225	IVFA
0,98	IVFA
0,753	IVFA
0,622	Uso do Solo
0,49	IVFA

Fonte: Produção do próprio autor

Observa-se, através dos resultados alcançados por meio da análise espacial da área de estudo, que 51,6% dos ambientes com maior vulnerabilidade socioambientais, apontados nesta pesquisa, tem estreita correlação com a susceptibilidade social e o uso do solo. Essa interseção permite comprovar as hipóteses levantadas nesta investigação, que associam a fragilidade do ambiente, à vulnerabilidade da sociedade, juntamente ao uso e ocupação inadequados da terra na incidência dos riscos socioambientais.

Na ordem de pesos no resultado do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA, o fator social (alta vulnerabilidade social) é o mais relevante, pois, como colocado por Confalonieri (2001), a vulnerabilidade relaciona-se à exposição de indivíduos ou grupos ao estresse (mudanças inesperadas e rupturas nos sistemas de vida) resultante de mudanças socioambientais. Ou seja, é algo inerente a uma população determinada, e varia de acordo com suas possibilidades políticas, culturais, sociais e econômicas e as causas responsáveis pela geração de vulnerabilidades são os processos econômicos, demográficos e políticos, que afetam a destinação e distribuição de recursos entre os diferentes grupos sociais.

A população de baixa renda é vulnerável socialmente aos perigos ambientais e tecnológicos. No momento em que há locais de moradias com considerável vulnerabilidade social e intensa dinâmica ambiental, há a produção dos denominados “Territórios de Risco” (ALMEIDA, 2010; DOBERS, 2009; ESTEVES, 2011; FREITAS, 2014). Portanto, a diminuição da vulnerabilidade é vista, neste aspecto, como um fator no aumento da sustentabilidade, acreditando-se que dotar as populações de capacidade de resposta a situações adversas a que são expostas (riscos sociais ou ambientais), resultará na melhoria de sua qualidade de vida e de sua inserção social.

A segunda variável que mais influência na vulnerabilidade local é antrópica, pois, se refere ao uso do solo. Neste caso a vulnerabilidade ambiental é fruto da relação entre o meio físico-ambiental e a ação da sociedade que, conforme já colocado por Santos (2007), que ao discutir o conceito de vulnerabilidade, argumenta que o ambiente, é formado de sistemas que podem ser descritos como um conjunto de elementos que mantêm relações entre si e quando ocorre perturbação no equilíbrio desses sistemas, as reações do meio podem ser bastante diferentes considerando as características locais naturais e da ocupação humana.

Neste contexto, é importante ressaltar as práticas de manejo, conservação das águas de superfície, reposição das matas ciliares e retiradas de solo superficial. Pois, com isso, as condições naturais destes mananciais podem ser modificadas, pois o transporte de sedimentos em suspensão e de fundo resultará na alteração da qualidade da água e, em assoreamento, diminuindo a vida útil dos reservatórios.

Portanto, observa-se que a ocupação desordenada das terras, o crescimento demográfico e a escassez de terras férteis, determinam a necessidade de se gerar fundamentações,

estratégias, atividades e diretrizes que proporcionem aptidão dos ecossistemas com sistemas de ocupação, capazes de certificar produções sustentáveis em longo prazo. Consequentemente deve-se moldar o uso dos recursos naturais, de forma a aumentar e melhorar as condições econômicas e o progresso social da população afetado por esses processos danosos. Não obstante, para a utilização permanente, sustentável e eficiente desse meio ambiente, devem-se caracterizar as circunscrições físicas, biológicas e espaciais para a sua ocupação, identificando-se as possíveis sensibilidades dos ecossistemas ao impacto ambientais futuros.

A terceira variável que influência na Vulnerabilidade Socioambiental da área de estudo é o índice de vulnerabilidade físico-ambiental que demonstra a fragilidade física da área de estudo, determinado através da capacidade de uso da terra, portanto, desde que o uso do solo seja adequado a essa capacidade e que sejam respeitadas as restrições impostas pelo meio físico, os impactos ao meio podem ser controlados. Nessa visão, a vulnerabilidade ambiental representa o grau de suscetibilidade natural de um ambiente, ou a um impacto provocado por um uso qualquer (TAGLIANI, 2003). No âmbito do desenvolvimento da região é preciso desenvolver atividades que suportem as condições do meio físico e que não agridam o ecossistema presente. Portanto, o desenvolvimento de qualquer atividade, para ser sustentável, deve ser orientadas para uma utilização integrada com o meio, de acordo com a capacidade de suporte físico do ecossistema em que se encontram.

Os resultados dão indicações da preponderância dos fatores econômicos e sociais na diferenciação territorial da vulnerabilidade, distinguindo regiões com diferentes graus de vulnerabilidade socioambiental, ou seja, com populações e territórios mais ou menos providos de condições para o enfrentamento e recuperação de manifestações de riscos, sejam eles naturais, tecnológicos ou mistos. No caso da área de estudo, os contrastes sociais, embora minimizados em algumas áreas, ainda se fazem presentes nos itens relativos a deficiências na educação e taxas de pobreza.

Comparando os resultados obtidos nesse trabalho com os dados do Diagnóstico Participativo para geração de subsídios para elaboração do Plano Diretor de Recomposição Florestal da Bacia do Projeto de Recuperação físico-ambiental da Bacia do Rio do Chapéu no município de São Luiz do Paraitinga: geração e análise de dados, elaboração de projetos executivos e implantação de projetos modelo em APP, construído em parceria entre a

AKARUI, a Prefeitura Municipal de São Luiz do Paraitinga, a Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo (CATI/EDR de Pindamonhangaba), a Secretaria do Meio Ambiente, a Universidade de Taubaté (Departamento de Agronomia e Ciências Ambientais) e o IPABHi, observa-se que a comunidade local compreende a fragilidade do local, pois, criaram diretrizes comunitárias que passaram a ser denominadas “Agenda 21 da bacia hidrográfica do rio do Chapéu” e deverão orientar o planejamento e as políticas públicas do território municipal.

Neste documento eles reconhecem que as políticas públicas de conservação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio do Chapéu deverão permear, de forma integrada e articulada, todas as questões ambientais, sociais, econômicas e culturais do território e deverão garantir sempre a participação efetiva da comunidade em todas as fases de sua implantação, garantindo o direito à informação, à educação, à colaboração, de forma planejada e sustentável. Para a população local o estudo da paisagem é um meio de se obter consciência do espaço, é a possibilidade de ter a compreensão de um conjunto heterogêneo de formas naturais e artificiais.

Neste documento, também, é enfatizado a sensibilidade do povo com as questões de preservação dos recursos hídricos; na priorização de ações de recuperação das APPs do rio do Chapéu, bem como da implementação de políticas de saneamento que hoje causam poluição dos cursos d’água e a necessidade de se investir em políticas de conservação do solo. O referido documento, ressalta, ainda, a necessidade urgente de investimentos na zona rural, para valorizar o homem do campo e estimular atividades produtivas, utilizando-se de formas sustentáveis de se permanecer no campo. Ficou destacado, nesse documento, a necessidade de se garantir à comunidade o direito à informação, à educação e à participação nas decisões políticas, por meio de Conselhos, reuniões, associações ou grupos.

4.6 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO E O SISTEMA DE GERAÇÃO EM CENTRAIS DE ENERGIA HIDRELÉTRICA DE PEQUENO PORTE

A noção de vulnerabilidade geralmente é definida como uma situação em que estão presentes três elementos: exposição ao risco, incapacidade de reação e dificuldade de adaptação diante da materialização do risco (MOSER, 1998). O conceito de vulnerabilidade é aplicado a diversas áreas do conhecimento, e neste trabalho, ressalta-se ao conhecimento de três áreas, sendo a primeira a vulnerabilidade social que é analisada em relação a indivíduos,

famílias ou grupos sociais (KAZTMAN, 2001); a outra, a vulnerabilidade ambiental que é discutida em termos territoriais (regiões, ecossistemas) (ALVES 2005; CUTTER, 1996) e o impacto antrópico ao meio ambiente caracterizado pelo uso do solo. A interface, portanto, dessas áreas, poderia ser definida como a vulnerabilidade socioambiental, que seria a integração entre as duas dimensões – a social e a ambiental e os impactos antrópicos ao meio (OJIMA; MARANDOLA, 2011).

Uma visão de consenso é que o aproveitamento dos recursos hídricos para geração elétrica está diretamente ligado à sua compatibilização com o desenvolvimento da região na qual se insere e à mitigação dos impactos sociais e ambientais causados. Como decorrência, é necessária a integração entre os diversos agentes e interesses envolvidos, o que deve ser procurado desde as primeiras fases do projeto, tendo em vista os pressupostos de um desenvolvimento sustentável, face as condicionantes socioambientais.

Além disso, as empresas, públicas ou privadas, que desenvolvem a atividade de produção de energia elétrica tem que atender as condicionantes internacionais e globais, decorrentes dos compromissos firmados nos acordos internacionais assinados pelo país e que acarretam proteção aos aspectos da biodiversidade, de patrimônio cultural ou étnico, bem como algumas diretrizes existentes em instituições internacionais de financiamento. Temos, também, os instrumentos legais, as condicionantes para obtenção de financiamento internacional entre outros.

No caso de sistemas hidrelétricos, inclusive em centrais geradoras de pequeno porte, como afirmado por Müller (1995), os impactos ambientais e sociais devem ser mitigadas, desde a fase inicial de projeto, pois, as alterações socioambientais iniciam-se com o desvio do curso d'água, quando necessário, e o enchimento do reservatório, quando ocorre a submersão de partes dos sistemas bióticos, abióticos e sociais da área de influência direta do empreendimento, Outro grupo de impactos surge com a formação do reservatório, prolongando-se durante os primeiros tempos de estabilização física e biológica do novo ambiente. Os efeitos são observados a montante e a jusante, incluindo aqueles relacionados com outros cursos d'água, usados para acelerar o enchimento e para suprir o fluxo do rio represado a jusante. Nesse período, os impactos têm maior relevância nos aspectos naturais, físicos e bióticos.

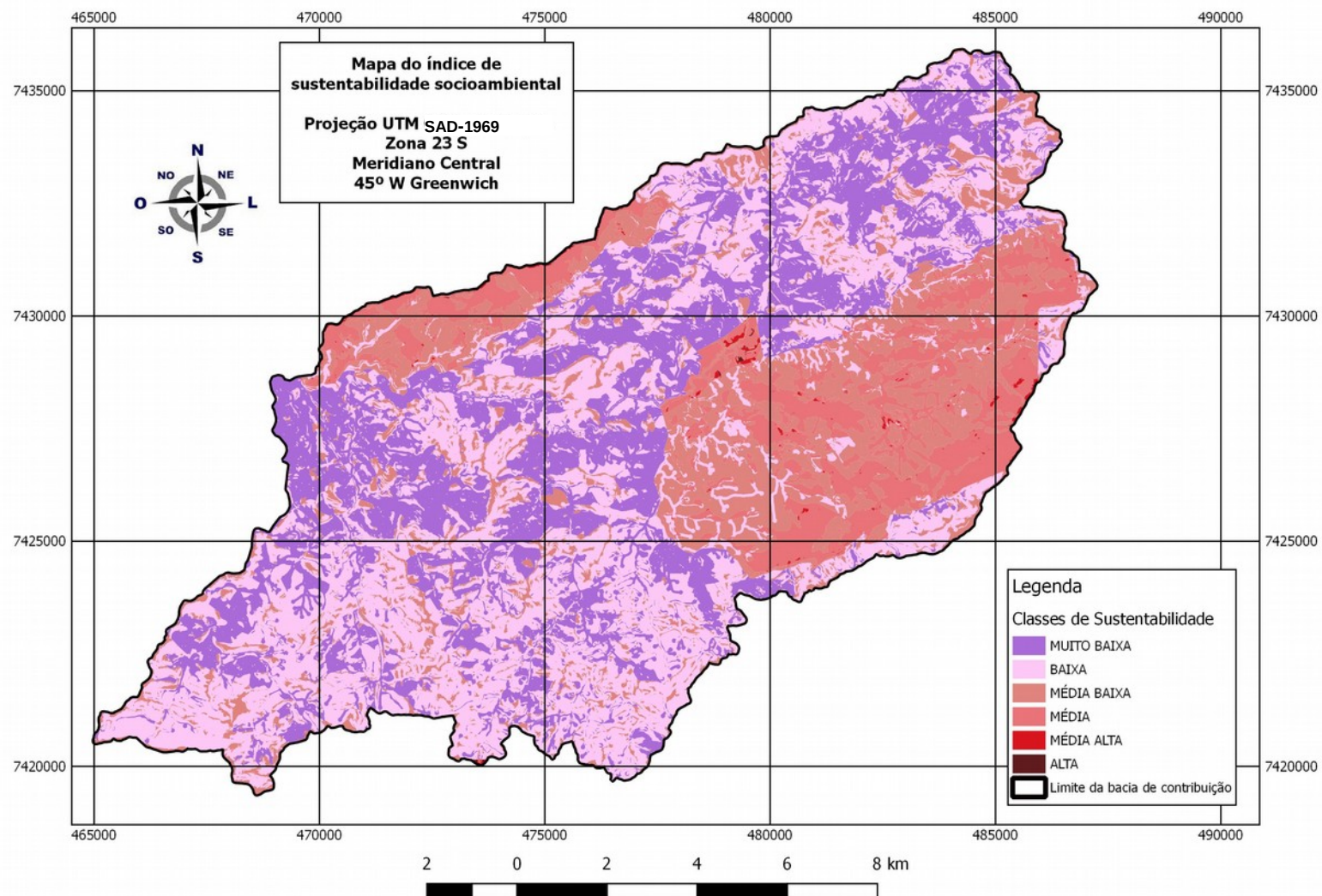
Durante a fase de operação observa-se alguns novos e contínuos impactos que não são

restritos ao espaço físico inundado, pois, a mudança, no curso d'água, causa alterações a montante e jusante do empreendimento. Avaliar a qualidade social e ambiental é fazer um juízo de valor sobre o estado dos atributos do meio em relação à sua influência ou à sua capacidade de atender às condições necessárias para a vida num determinado espaço e tempo. Quem compreende esse conceito, sabe que não pode interpretar qualidade ambiental de um determinado ambiente de forma limitada ou reducionista e que não pode adotar uma visão puramente econômica, social ou de preservação do meio físico-ambiental. Uma visão que considere apenas um aspecto é reduzida porque não leva em consideração o sistema, a organização, a heterogeneidade ou a complexidade do lugar. Não considera a dinâmica de funcionamento do espaço.

Observa-se, pelo mapa do IVSA, a alta vulnerabilidade da área de estudo que podem ser potencializados em função dos impactos no meio físico, decorrentes do planejamento, construção e operação de centrais geradoras de pequeno porte, portanto, se faz necessário a identificação desses impactos e a geração de programas e medidas que possam ser utilizadas para mitigar os impactos ou compensar a população direta ou indiretamente envolvida pelo projeto pelos danos causados.

Para atender as premissas propostas no Plano de Energia 2030 – EPE – Brasil (2007), cumprir os atuais objetivos da política energética de ajustar o setor energético aos padrões de bem-estar de uma sociedade e atender as quatro dimensões sobre as quais se baseia o paradigma do desenvolvimento sustentável, ou seja, o desenvolvimento econômico, a equidade social, preservação do meio ambiente, e políticas públicas adequadas, deve-se buscar, de forma efetiva, a mitigação da vulnerabilidade socioambiental da área de influência indireta do empreendimento. No caso específico da central hidrelétrica de pequeno porte hipotética, proposta neste trabalho, podemos verificar a necessidade de ações a serem desenvolvidas durante todo o processo de implantação e operação do empreendimento, com intuito de reverter a insustentabilidade da área de influência, que é demonstrada na Figura 42.

Figura 42: Mapa de Sustentabilidade da área de estudo, localizada na na bacia hidrográfica do rio do Chapéu, no município de São Luiz do Paraitinga (SP)



Fonte: Produção do próprio autor

Segundo o proposto pela EPE – Brasil (2007), a avaliação dos impactos ambientais deve contemplar a identificação das alterações desfavoráveis e a identificação das ações que evitem a ocorrência total ou parcial dos impactos (controle), das ações que reduzam as consequências dos impactos (mitigação) e das ações que compensem os impactos, quando a reparação é impossível, portanto, avaliando vulnerabilidade da área de estudo e, buscando alternativas para mitigar essas vulnerabilidades e melhorar a sustentabilidade, da área de estudo, que encontra-se em 24,56% muito baixa, 28,59% baixa, 27,66 média baixa e 18,45% média, caracterizando a insustentabilidade socioambiental. Para reverter esses dados, pode-se propor algumas ações que podem ser implementadas.

O setor de energia elétrica é desenvolvido por meio de políticas que geralmente pretendem demonstrar que os investimentos objetivam o crescimento econômico e a melhoria das condições de vida da população. As dimensões sociais, físico-ambientais e antrópicas despertam preocupações, pois a geração de energia elétrica causam alterações no ecossistema para atendimento da demanda básica da população causando impactos socioambientais (Borges, 2012; Brasil, 2012).

Com intuito de minimizar os impactos no meio físico, decorrentes da construção e operação de CGPP podemos propor ações voltadas para a conservação dos recursos hídricos, envolvendo a comunidade local com intuito de fomentar uma melhoria socioambiental local. Essas ações devem estar previstas na elaboração de Estudos de Viabilidade e Projeto Básico, conforme diretrizes da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. O estudo detalhado da área de estudo é necessária para reconhecer as vulnerabilidades da área a determinados fatores de pressão ambiental e contribuir para a sustentabilidade através da mitigação dos impactos socioambientais locais, considerando o valor econômico desses impactos e auxiliar na priorização de investimentos.

Com isso pode-se verificar que em função das políticas públicas nacionais e internacionais, as empresas precisam buscar, através da gestão sustentável, práticas conscientes para minimizar os impactos de ordem ambiental, social e econômico, visando aumento da eficiência produtiva e comprometimento com a sociedade no longo prazo. Estas práticas adicionam melhorias na imagem da empresa e trazem valor para a marca, além de benefícios econômicos, pois, segundo Silva; Quelhas (2006), o desempenho financeiro, precisa assegurar a lucratividade da empresa, medindo os resultados do negócio e quais as

necessidades para crescer ou continuar crescendo, avaliando se seus empreendimentos são viáveis ou se suas atividades são economicamente sustentáveis.

O conceito de sustentabilidade ainda está em construção e as formas de mensurá-la encontram-se em diferentes estágios e utilizam diferentes formatos, criando desta forma vários indicadores a partir das realidades a serem analisadas. No entanto, nem sempre os resultados encontrados apontam para um quadro positivo de sustentabilidade.

Considerando-se a realidade local, deve-se estudar os fatores de (in)sustentabilidade da área de estudo buscando a identificação das vulnerabilidades a que estão expostas estas populações, localidades ou regiões estudadas, dependendo do enfoque e da análise do contexto objeto do estudo, sendo, portanto a vulnerabilidade o reverso da sustentabilidade.

A partir da compreensão acerca da sustentabilidade, este trabalho buscou analisar, comparativamente, a vulnerabilidade e a sustentabilidade socioambiental da área de estudo, por meio da geração do mapa de Índice de Vulnerabilidade Socioambiental e do mapa de Índice de Sustentabilidade Socioambiental.

Mediante a contextualização e caracterização acima citadas, estabeleceu-se um conjunto de índices de vulnerabilidade que retrataram a realidade socioambiental da área de estudo. Desta forma, este trabalho apresentou fatores que devem ser considerados ao se aplicar indicadores para análises de vulnerabilidade, das áreas de influência indireta de CGPP, a partir das configurações dos cenários de sustentabilidade propostos pela literatura atual.

Os mapas de índice de vulnerabilidade e sustentabilidade socioambiental local são importantes quando se quer conhecer a realidade da região dentro do quadro geral. No entanto, para se entender as distintas realidades, é imprescindível aproximar o foco, conhecer as características sociais, antrópicas e físico-ambientais e a forma como estas interagem, inserindo-as no contexto global.

Desta forma, foi possível entender que cada região possui especificidades, necessitando de projetos e de políticas diferenciadas, uma vez que a vulnerabilidade, por ser local, também deve ser considerada de forma individualizada para que possa ser mitigada, tratando-se os pontos críticos dentro de cada cenário abordado e, principalmente, contribuindo, desse modo, para minimizar os impactos na qualidade de vida da população, buscando a sustentabilidade local e, conseqüentemente, do empreendimento.

CAPÍTULO 5

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo deste trabalho foi identificar fatores socioambientais relacionados à implantação e geração energética em usinas hidrelétricas de pequeno porte – PCH e CGH, tendo a bacia hidrográfica do rio do Chapéu, localizada no município de São Luiz do Paraitinga, como área de estudo de caso para compreensão das inter-relações das vulnerabilidades socioambientais.

A hipótese principal da tese foi a de que há uma sobreposição da vulnerabilidade social com a vulnerabilidade ambiental, ou seja, há coincidência entre os espaços físicos ambientais susceptíveis e os espaços que apresentam as comunidades mais vulneráveis do ponto de vista de seus indicadores sociais, econômicos e de acesso a serviços e infraestrutura urbana e que são agravados pelo uso do solo.

Esse contexto de sobreposição de vulnerabilidades em espaços específicos, passa, também, pela sobreposição da dimensão antrópica, associadas à forma como a comunidade utiliza o recurso natural, no caso o solo, em função da dinâmica de produção econômica da população local.

Portanto, a operacionalização do conceito de vulnerabilidade pode ser útil na identificação de espaços prioritários para investimentos que possam melhorar as condições sociais e ambientais da área de influência de usinas hidrelétricas de pequeno porte. Assim, o emprego do conceito de vulnerabilidade e a sua operacionalização podem auxiliar a tomada de decisões que possibilitem a melhoria da sustentabilidade local.

A metodologia de operacionalização desse conceito se baseia na tentativa de sua mensuração da viabilizada, pela sobreposição de três variáveis específicas de vulnerabilidade: a vulnerabilidade físico-ambiental, a vulnerabilidade social e, uma terceira variável antrópica, o uso do solo.

O Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA, resultado final deste trabalho, longe de deter uma metodologia ideal para a representação das vulnerabilidades globais de uma determinada comunidade, prescinde de refinamentos que pressupõem mais tempo de pesquisa sobre alternativas de operacionalização desse conceito, a incorporação de outras variáveis de avaliação da vulnerabilidade, além de acesso a outras fontes de dados.

Mesmo assim, considera-se a metodologia empregada como suficiente para subsidiar, ao

mesmo tempo, a realização de novas pesquisas sobre a temática e no direcionamento de investimentos prioritários nos espaços identificados como de maior vulnerabilidade socioambiental. Além disso, o IVSA pode ser utilizado de forma complementar a outras tipologias de indicadores socioambientais e auxiliar numa análise mais consubstanciada dos problemas das metrópoles brasileiras, não exclusivamente.

Quanto à operacionalização do conceito de vulnerabilidade neste trabalho, pode-se concluir que, de acordo com os indicadores elaborados para área de estudo, há a necessidade premente de investimentos na área social e ambiental, em busca da melhoria da sustentabilidade local.

Pode-se concluir, também, que o resultado final desta pesquisa, o Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental da área de estudo, confirma a hipótese principal desta tese, ao demonstrar a coincidência entre os espaços de maior vulnerabilidade físico-ambiental e os espaços que detêm os mais altos indicadores de vulnerabilidade social, agravados pelas atividades antrópicas desenvolvidas na região e seu impacto no uso do solo.

Em relação ao processo de licenciamento ambiental de CGPP, é imprescindível que o planejamento energético integre sua elaboração ao horizonte maior do planejamento socioeconômico e ambiental, norteando-a por princípios éticos que almejem o real benefício de toda a sociedade, e o incentivo ainda maior às pesquisas e desenvolvimento de tecnologias voltadas para o uso de fontes energéticas renováveis, bem como a programas de mitigação da vulnerabilidade socioambiental da área de influência, direta e indireta, dos sistemas hidrelétricos de pequeno porte.

Isso, no entanto, exigiria a revisão da política de licenciamento e de ciência e tecnologia, um conhecimento mais profundo sobre os índices de vulnerabilidade socioambiental desses empreendimentos a fim de focar os problemas de modo mais preciso e, principalmente, a mudança da lógica governamental e empresarial de priorizar a sustentabilidade do empreendimento e incentivar a sua adoção, através do planejamento indicativo.

Por fim, é urgente a busca de um novo estilo de vida, alternativo ao atual e que seja calcado em novas relações socioambientais que possibilitem a construção de um caminho menos energointensivo e, conseqüentemente, menos degradante.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBUD, O. A. **Transformações recentes da matriz brasileira de geração de energia elétrica: causas e impactos principais**. 2010.

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Ateliê Editorial, 2003.

ADGER, W. N., S. AGRAWALA, M.M.Q. MIRZA, C. CONDE, K. O'BRIEN, J. PULHIN, R. PULWARTY, B. SMIT, K. TAKAHASHI. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. **Climate change**, v. 200, 2007.

AKARUI, **Análise Físico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio do Chapéu, São Luiz do Paraitinga**, SP. São Luiz do Paraitinga. SP, 2013. Disponível em <www.akarui.org.br/sites/default/atlas.pdf>. Acesso em: 26.jan.2014.

AKELLA, A. K.; SAINI, R. P.; SHARMA, Mahendra Pal. Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems. **Renewable Energy**, v. 34, n. 2, p. 390-396, 2009.

ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho**. Região metropolitana de Fortaleza, Ceará, 2010.

ALVES, H. P. F. **Vulnerabilidade Socioambiental na Metrópole Paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais**. Revista Brasileira de Estudos da População. São Paulo – SP, v.3, n° 1, p. 43-59, 2005.

ALVES, J. E. D. População, desenvolvimento e sustentabilidade: perspectivas para a CIPD pós-2014. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 31, n. 1, p. 219-230, 2014.

ANDRADE, J.S. **Pequenas Centrais Hidrelétricas: análise das causas que impedem a rápida implantação de um programa de PCH no Brasil**, 2007.

ANJOS, L.H.C.; JACOMINE, P.K.T.; SANTOS, H.G.; OLIVEIRA, V.A. & OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. In: KER, C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R. & VIDAL-TORRADO, P. *Pedologia: Fundamentos*. 1 ed. Viçosa; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012.

ARDIZZON, G.; CAVAZZINI, G.; PAVESI, G. A new generation of small hydro and pumped-hydro power plants: advances and future challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 31, p. 746-761, 2014.

ASHLEY, P. A.; e LUZ, A. C. N. **Políticas públicas e objetivos de desenvolvimento sustentável: relatório de estudos de casos a partir do modelo política, ambiente integral e**

sociedade: modelo PAIS v. 2.0. Série Estudos em EcoPolíticas. Universidade Federal Fluminense/Núcleo de Estudos em EcoPolíticas e EConsCiencias, 2015. Disponível em: <www.ecopoliticas.uff.br>. Acesso em: 01.out.2016.

AUGUSTO FILHO, O. **Carta de Risco de Escorregamentos Quantificada em Ambiente de SIG como Subsídio para Planos de Seguro em Áreas Urbanas: um ensaio em Caraguatatuba (SP).** Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Unesp, Rio Claro, Tese de Doutorado,195p., 2001

AZEREDO, J.S.; PAULA JUNIOR, G.G.; SANTOS, R.B.O.; BARRETO, D.N.S. & GONÇALVES, T.J.M. **Utilização do método de análise hierárquica (AHP) para a seleção de um sistema integrado de gestão (ERP).** XXIX Encontro Nacional de Engenharia da Produção. Salvador (BH), 2009.

AZEVEDO, P. C.. **Paraitinga no meu tempo.** São Paulo: Sangirardi, 1986.

BENEJAM, L., SAURA-MAS, S., BARDINA, M., SOLÀ, C., MUNNÉ, A. AND GARCÍA-BERTHOU, E. Ecological impacts of small hydropower plants on headwater stream fish: From individual to community effects. © **Ecology of Freshwater Fish**, vol. 25, n. 2, p. 295-306, 2016.

BENEJAM, L. et al. Ecological impacts of small hydropower plants on headwater stream fish: from individual to community effects. **Ecology of Freshwater Fish**, 2014.

BENJAMIN, A. H. Introdução à lei do sistema nacional de unidades de conservação. **Direito ambiental das áreas protegidas—o regime jurídico das unidades de conservação**, p. 276-316, 2001.

BERGA, L. The Role of Hydropower in Climate Change Mitigation and Adaptation: A Review. **Engineering**, v. 2, n. 3, p. 313-318, 2016.

BERMANN, C.; VEIGA, JRC da; ROCHA, G. S. **A repotenciação de usinas hidrelétricas como alternativa para o aumento da oferta de energia no Brasil com proteção ambiental**, 2004.

BERRY, J.K. **Fundamental operations computer-assisted map analysis.** International Journal of Geographic Information Systems, v. 2, p.119-136, 1987.

BERRY, J.K. **A mathematical structure for analyzing maps.** Environmental Management, v. 11, n.3, p.317-325, 1987.

BERRY, J.K.; TOMLIN, C.D. **Cartographic modeling: computer-assisted analysis of spatially defined neighborhoods.** In: CONFERENCE ON ENERGY RESOURCE MANAGEMENT, 1982, Vienna. Proceedings...Virginia: American Planning Association, 1982.

BIGGS, E. M. et al. Sustainable development and the water–energy–food nexus: A perspective on livelihoods. **Environmental Science & Policy**, v. 54, p. 389-397, 2015.

BIRKMANN, J.; WISNER, B. **Measuring the Un-Measurable: The Challenge of Vulnerability**. Bonn (Alemanha): UNU-EHS, 2006.

BLAIKIE, P. et al. At risk. **Natural hazards, people's vulnerability and disasters**, 1994.

BLANCO, C.J. C; SECRETAN, Y.; MESQUITA, A. L. A. Decision support system for micro-hydro power plants in the Amazon region under a sustainable development perspective. **Energy for sustainable development**, v. 12, n. 3, p. 25-33, 2008.

BOGARDI, J. J. Foreword. In: BIRKMANN, J.; WISNER, B. **Measuring the UnMeasurable: The Challenge of Vulnerability**. Bonn (Alemanha): UNU-EHS, 2006.

BOGARDI, J. J. Hazards, risks and vulnerabilities in a changing environment: the unexpected onslaught on human security? **Global Environmental hazards**. v. 14, n. 4, dez. p. 361-365, 2004.

BOHLE, H. G. Land degradation and human security. In: PLATE, E. (ed.) **Environment and human security. Contributions to a workshop in Bonn**. Bonn, 2002.

BÖHRINGER, C.; JOCHEM, P. EP. Measuring the immeasurable – *A survey of sustainability indices*. **Ecological economics**, v. 63, n. 1, p. 1-8, 2007.

BORGES, R.R.; MEIRA, R.L. **Impactos socioambientais de Pequenas Centrais Hidrelétricas e Estudo de Caso PCH – Queluz – SP e Lavrinhas – SP no Rio Paraíba do Sul**. Cadernos UniFOA, edição especial, p. 23 – 35, 2009.

BRASIL. Legislação. Lei nº 13.360, de 17 de novembro de 2016. Altera a Lei nº 5.655, de 20 de maio de 1971, a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, a Lei nº 12.111, de 9 de dezembro de 2009, a Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013, a Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, a Lei nº 9.491, de 9 de setembro de 1997, a Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, a Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007, a Lei nº 12.767, de 27 de dezembro de 2012, a Lei nº 13.334, de 13 de setembro de 2016, a Lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015, a Lei nº 11.909, de 4 de março de 2009, e a Lei nº 13.203, de 8 de dezembro de 2015; e dá outras providências. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13360.htm#art9>. Acesso em: 01.dez.2016.

_____. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024** / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2015.

_____. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2024, Vol. 1, 2015

_____. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Relatório Brasil IASC 2013**. 2013. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/2013_100.pdf>. Acesso em: 08.maio.2014.

_____. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. **Novo Código Florestal Brasileiro**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 12.jun.2014.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico – IBGE, 2010. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=310940>>. Acesso em: 22.out.2013.

_____. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2019. Rio de Janeiro, 2010.

_____. Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental Departamento de Licenciamento e Avaliação Ambiental. **Manifestação sobre o Estudo elaborado pelo Banco Mundial**. Parecer nº001/2008. Brasília, 2008.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030** / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. - Brasília: MME: EPE, 2007.

_____. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2007/2016, Vol. 1. 2007.

_____. Resolução CONAMA Nº 279/2001 - “**Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental**” - Data da legislação: 27/06/2001 – Publicação DOU nº 125, de 29/06/2001, págs. 165-166, 2001.

_____. Legislação. Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. **Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica**, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9427cons.htm>. Acesso em: 05.fev.2016.

BROWN, H. S., JONG, M., & LEVY, D. L. Building institutions based on information disclosure: lessons from GRI's sustainability reporting. **Journal of cleaner production**, v. 17, n. 6, p. 571-580, 2009.

BURIAN, P. P. et al. **Do estudo de impacto ambiental à avaliação ambiental estratégica: ambivalências do processo de licenciamento ambiental do setor elétrico**, 2006.

BURROUGH, P.A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of Geographical Information**

Systems, Oxford University Press, Nova York, 1998.

CABRAL, L. et al. **Panorama do setor de energia elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Memória da Eletricidade, 1988.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. “**Análise Espacial de Eventos.**” In: Análise Espacial de Dados Geográficos. Editores Técnicos Suzana Druck - [et al.]. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2004.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J.C.P. “**SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling**”. Computers and Graphics, vol.15 , n.6, July 1996, pp.13-22, 1996.

CÂMARA, G; MEDEIROS, C. B; CASANOVA, M. A; HEMERLY, A. MAGALHÃES, G. (c) **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Escola de Computação. SBC, 1996.

CÂMARA, G. Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos. **São José dos Campos**, v. 264, 1995.

CANDIANI, G. et al. Estudo de caso: Aspectos socioambientais da Pequena Central Hidrelétrica (PCH)-QUELUZ-SP, na bacia do rio Paraíba do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 25, p. 98-119, 2013.

CANOTILHO, J. G.; LEITE, J. R. M. **Direito Constitucional Ambiental Brasileiro**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

CARDONA, O. D. **The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management**. In: BANKOFF, G.; FRERKS, G.; HILHORST, D.;eds. Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People. London: Earthscan, 2004.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. In: **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. Rio de Janeiro: UFRJ, Vol. 28-2, p. 11-30, 2005.

CATELANI, C. S.; BATISTA, G. T.; TARGA, M. S.; DIAS, N. W. **Determination of priority areas for the re-establishment of forest cover, based on the use of geotechnologies**. *Revista Ambiente & Água*, 7(3), 113-126, 2012.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA (CEPAGRI). Clima dos Municípios Paulistas: São Luís do Paraitinga. s.d. Disponível em: <<http://www.cepagri.unicamp.br/index.html>>. Acesso em: 10 jan.2016.

COMISSÃO NACIONAL PARA A CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – CNUDS 2011. **Documento de Contribuição Brasileira à Conferência Rio+20**. Disponível em: <<http://hotsite.mma.gov.br/rio20/wp->

[content/uploads/BRASIL_Rio_20_portugues.pdf](#), Acesso em: 01.out.2016.

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS – CDBD. A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens. **Rio de Janeiro: CBDB**, 2011.

CONFALONIERI, U. E. C. Global environmental change and health in Brazil: review of the present situation and proposal for indicators for monitoring these effects. in: Hogan, H.J and M.T. **Tolmasquim. Human Dimensionsof Global Environmental Change – Brazilian Perspectives**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2001.

CORDÃO, M. J. de S. **Modelagem e otimização da disposição espacial de unidades de reservação em redes de distribuição de água utilizando geotecnologias**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2009.

CORDEIRO, J.P.S.; AMARAL, S.; FREITAS, U.M.; CÂMARA, G. **Álgebra de Geo-Campos e Suas Aplicações**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1996. Anais, São José dos Campos, INPE, 1996. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/people/gilberto>> Acesso em: 05.mai.2016.

CORSEUIL, C. W. **Técnicas de geoprocessamento e de análise de Multicritérios na adequação de uso das terras**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu, 2006.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos. INPE, 1996.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia: introdução**. Editora Hucitec, Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

CUNHA, J. M. P. **Novas metrópoles paulistas: população, vulnerabilidade e segregação**. Campinas, SP: NEPO/UNICAMP, 2006.

CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 93, p. 59-69, 2011.

CUTTER, S. L. et al. **Social vulnerability to climate variability hazards: a review of the literature**. Final Report to Oxfam America, v. 5, 2009.

CUTTER, S. L. **The vulnerability of science and the science of vulnerability**. Annals of the Association of American Geographers, v. 93, n. 1, p. 1-12, 2003.

CUTTER, S.; MITCHELL, J; SCOTT, M. **Revealing the Vulnerability of People and Places: A case study of Georgetown County, South Carolina**. Annals of the Association of American Geographers. n° 90, v. 4, p. 713-737, 2000. Disponível em:

<<http://webra.cas.sc.edu/hvri/docs/gtown.pdf>>. Acesso em: 22.out.2013.

CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in human geography**, v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996.

CUTTER, S. L. **Living with risk: the geography of technological hazards**. London: Edward Arnold, 1993.

DA SILVA, I. R. V.; DA VEIGA JUNIOR, C. L. Sustentabilidade e fraternidade: algumas reflexões a partir da proposta de um direito ambiental planetário. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 15, 2011.

DA SILVA PAZ, V. P.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

DA VEIGA, J. E. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. Editora Garamond, 2005.

DACHER, J. M.; SEVERGNINI, K.; BARBISAN, A. O. ENERGIA HIDRELÉTRICA: PRINCIPAL FONTE ENERGÉTICA DO PAÍS E A UHE FOZ DO CHAPECÓ. **Tecnológica**, v. 1, n. 1, 2014.

DAI, F.C.; LEE, C.F.; ZHANG, X.H. **GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a casestudy**. **Engineering Geology**, v. 61, n. 4, p. 257-271, 2001.

DANTAS, E.; COSTA, M. C. L. (Orgs.) **Vulnerabilidades socioambiental na Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

DARZÉ, A. S. S. P. **A questão ambiental como um fator de desestímulo ao investimento no setor privado de geração de energia hidrelétrica no Brasil**. Salvador. Dissertação de Mestrado em Administração, Universidade Federal da Bahia, 2002.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba**. Tese de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento. UFPR. Curitiba – PR, 2004.

DIAS, N.W.; BATISTA, G. T.; CATELANI, C. S. **A Enchente de São Luis do Paraitinga: Evidências de sua Dimensão Obtidas a Partir de dados orbitais**. In Proceeding of Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, Brazil, 30 April-5 May2011, 2011.

DINCER, I. Renewable energy and sustainable development: a crucial review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 4, n. 2, p. 157-175, 2000.

DOBERS P, HALME M. **Editorial corporate social responsibility and developing countries**. *Corp Soc Responsib Environ Mgmt*. 16:237–249. doi:10.1002/csr.212, 2009.

EASTMAN, J.R. Idrisi for Windows-User's Guide Clark University. **Worcester, Massachusetts**, p. 398, 1995.

EDENHOFER, O. et al. (Ed.). **Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge University Press, 2011.

EMBRAPA, Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. **EMBRAPA Produção de Informação, Brasília**, p. 16, 1999.

ESTEVES, C. J. O. Risco e Vulnerabilidade Socioambiental: aspectos conceituais. Cadernos IPARDES, v. 1, nº 2, p. 62-79, jul./dez. 2011. Disponível em: <<http://www.ipardes.pr.gov.br/ojs/index.php/cadernoipardes/article/view/421/353>>. Acesso em: 09.mar.2014.

FASOL, K. H.. A short history of hydropower control. **IEEE control systems**, v. 22, n. 4, p. 68-76, 2002.

FREITAS, M. I. C; CUNHA, L. **Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil**. Revista Brasileira de Gestão Urbana, nº 1, v. 5, p. 15-31. 2013.

FUNDAÇÃO CHRISTIANO ROSA (FCR). Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul: UGRHI 02 2009-2012. Piquete: FCR, dez. 2009. 325 p. Disponível em: <http://www.comiteps.sp.gov.br/docs/27_01_2010_plano_e_bacias_2009_2012.pdf>. Acesso em: 24.nov.2010.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS – SEADE. Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS. **Espaços e dimensões da pobreza nos municípios do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://indices-ilp.al.sp.gov.br/view/index.php?prodCod=2>>. Acesso em: 12.mar.2015.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS – SEADE. **Índice Paulista de Responsabilidade Social**. SP, 2012. Disponível em: <<http://indices-ilp.al.sp.gov.br/view/index.php?prodCod=1>>. Acesso em: 12 jul. 2014.

GALLAGHER, A.J. et al. Evolved for extinction: the cost and conservation implications of specialization in hammerhead sharks. **BioScience**, v. 64, n. 7, p. 619-624, 2014.

GALVÃO, J.; BERMANN, C. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. **estudos avançados**, v. 29, n. 84, p. 43-68, 2015.

GARCIA, Y. M.. O código florestal brasileiro e suas alterações no Congresso nacional. **Geografia em Atos (Online)**, v. 1, n. 12, 2012.

GARCÍA-TORNEL, F. C. Algunas cuestiones sobre geografía de los riesgos. **Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona**, v. 1, n. 10, p. 15, 1997.

GOMES, L. F. M.; MOREIRA, A. M. M. “**Da informação à tomada de decisão: agregando valor através dos métodos multicritérios**”. RECITEC, Recife, v. 2, n. 2, pp. 117 – 139. 1998. Disponível em: <www.fundaj.gov.br/rtec/res/res-001.html>. Acesso em: 08 set. 2011.

GUIMARÃES, R.; FONTOURA, Y. Desenvolvimento sustentável na Rio+ 20: discursos, avanços, retrocessos e novas perspectivas. **Cadernos EBAPE. BR**, v. 10, n. 3, p. 508-532, 2012.

HÁK, T.; JANOUŠKOVÁ, S.; MOLDAN, B. Sustainable Development Goals: A need for relevant indicators. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 565-573, 2016.

HART, S. L., & MILSTEIN, M. B. (2004). Criando valor sustentável. **RAE executivo**, v. 3, n. 2, p. 65-79, 2004.

HARVEY, A., BROWN, A., HETTIARACHI, P., INVERSIN, A. **Micro-Hydro Design Manual: a guide to small-scale water power schemes**. Intermediate Technology Publications, 1993.

HOGAN, D. J. A relação entre população e ambiente: desafios para a demografia. **População e meio ambiente: debates e desafios**. São Paulo: Senac, p. 21-52, 2000.

HOGAN, D. J.; MARANDOLA JR, E; OJIMA, R. **População e Ambiente: Desafios à Sustentabilidade**. São Paulo: Blucher, 2010.

IAÑES, M. M. & CUNHA, C. B. **Uma metodologia para a seleção de um provedor logístico**. Revista Produção. v.16, n.3, p. 394-412, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados: Cidade.2010**. Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>> Acesso em: 20.jan.2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice de Desenvolvimento Sustentável 2012**. IBGE, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/default_2012.shtm. Acesso em: 21.jan.2013.

IEA/OECD. **Secure Sustainable Together – 2016** – Executive Summary. OECD/IEA, Paris, 2016.

IEA/OECD. **World Energy Outlook – 2014** – Executive Summary. OECD/IEA, Paris, 2014.

IHA – INTERNATIONAL HYDROPOWER ASSOCIATION, **The Role of hydropower in the Sustainable Development**, London, 2003.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual de Obtenção de Terras e Perícia Judicial**. Brasília, DF. 123p. 2006.

INMET **Instituto Nacional de Meteorologia**, 2016. Disponível no site: <www.inmet.gov.br/portal>. Acesso em 16.set.2016.

INPE. **SPRING. Sistema para processamento de Informações georreferenciadas**. São José dos Campos, SP, 2005. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>>. Acesso em: 10.fev.2014.

IPCC. **Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, Cambridge University Press, 2012.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Carta Geotécnica do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000**. São Paulo. (Publicação, 2089). Vol I e II., 22 p, 1994.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Mapeamento de risco 2010 – Caraguatatuba. Parecer Técnico no 18578/301. São Paulo, 2010.

KAPOS, V Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. **Journal of tropical ecology**, v. 5, n. 02, p. 173-185, 1989.

KAREKEZI, S., S. McDABE, B. BOARDMAN, J. KIMANI. Energy, poverty, and development. **Global Energy Assessment–Toward a Sustainable Future (Cambridge University Press, 2013)**, p. 151-190, 2012.

KATZMAN, R. **Seduced and abandoned: the social isolation of the urban poor**. Cepal Review, v. 75, p.163-180, 2001.

KELMAN, J. et al. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil/Agência Nacional de Energia Elétrica**. Technical report, Brasília: ANEEL, 2005.

KOIFMAN, S. 2001. Electric power generation and transmission: the impact on indigenous peoples in Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. 2, p. 413-423, 2001.

LABUSCHAGNE, C., BRENT, A. C., & VAN ERCK, R. P. G. Assessing the sustainability performances of industries. **Journal of cleaner production**, v. 13, n. 4, p. 373-385, 2005.

LASKA, S.; MORROW, B. H. Social vulnerabilities and Hurricane Katrina: an unnatural disaster in New Orleans. **Marine technology society journal**, v. 40, n. 4, p. 16-26, 2006.

LEPSCH, I. F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D. & ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação das terras no sistema de capacidade de uso**. 4. aprox. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.

LIMA, W. P. e ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia de Matas Ciliares**. In: Matas Ciliares – Conservação e Recuperação. Rodrigues e Leitão Filho 2. ed. 1 reimpr. São Paulo. EDUSP/FAPESP: p. 33 – 44, 2004.

LORENZO, H. C. de: O Setor Emético Brasileiro: Reavaliando o Passado e Discutindo o Futuro. **Centro Universitário de Araraquara/UNIARA, São Paulo, 2002**. Disponível no site: <<http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/eletrabras/biblioteca/setoreletrico.htm>>. Acesso em: 04.out.2015.

MACEDO, E.; OGURA, A. Ministério do meio ambiente. Secretaria de políticas para o desenvolvimento sustentável. **Programa zoneamento ecológico-econômico: diretrizes metodológicas para o zoneamento ecológico-econômico do Brasil. 3ª edição revisada. Brasília: MMA/SDS, p. 131, 2006**.

MARANDOLA JR., E. Tangenciando a vulnerabilidade. In: HOGAN, D.; MARANDOLA JR., E. (orgs.) **População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais**. Campinas: Nepo.Unicamp, 2009.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D.J. As dimensões da vulnerabilidade. **São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 1, p. 33-43, 2006.

MARIOTONI, C.A., BADANHAN, L.F. **Técnica de gestão ambiental aplicada ao planejamento de hidrelétricas**. UNICAMP-Univ. Estadual de Campinas, 2001.

MARTÍN-DUQUE JF, GARCÍA JC, URQUÍ LC. Geoheritage information for geoconservation and geotourism through the categorization of landforms in a Karstic landscape. A case study from Covalagua and Las Tuerces (Palencia, Spain). **Geoheritage**, v. 4, n. 1-2, p. 93-108, 2012.

MELO, A. B. C.; CAVALCANTI, IF de A.; SOUZA, P. P. Zona de convergência intertropical do Atlântico. **Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de textos, 2009**.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, out./dez. 2002.

MIARA, M. A.; OKA-FIORI, C.. Análise por múltiplos critérios para a definição de níveis de fragilidade potencial – um estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Cará-cará, Ponta Grossa/PR. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 13, 2007.

MME. ELETROBRÁS. **Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. ELETROBRAS, 2000.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

MORIN, E. **La nature humaine: le paradigme perdu**. Seuil, 1973.

MOSER, G. **Psicologia ambiental**. *Estudos de Psicologia*, 3(1), 121-130, 1998.

MULLER, A. C. Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento. In: **Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento**. Makron Books, 1995.

NASCIMENTO, E. P. Os conflitos na sociedade moderna: uma introdução conceitual. **Marcel Bursztyn, A difícil sustentabilidade: política energética e conflitos ambientais, Garamond, Rio de Janeiro, 2001.**

NASIR, B. A.. Design considerations of micro-hydro-electric power plant. **Energy Procedia**, v. 50, p. 19-29, 2014.

NERY, C. V. M., BRAGA, F. L., MOREIRA, A. A., & FERNANDES, F. H. S. Aplicação do **Novo Código Florestal na Avaliação das Áreas de Preservação Permanente em Topo de Morro na Sub-Bacia do Rio Canoas no Município de Montes Claros/MG**. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6(6), 1673-1688, 2014.

OJIMA, R.; MARANDOLA JR, E. Indicadores e políticas públicas de adaptação às mudanças climáticas: vulnerabilidade, população e urbanização. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 18, p. 16-24, 2011.

OLIVEIRA, R.; ZHOURI, A. Desenvolvimento, conflitos sociais e violência no Brasil rural: o caso das usinas hidrelétricas. **Ambiente & sociedade**, v. 10, n. 2, p. 119-135, 2007.

OMENA, L. A.; SOUZA, R. R. de; SOARES, M. José. N. (2013), O papel dos biocombustíveis na nova configuração geopolítica. **Revista de Geopolítica**, v. 4, n. 1, p. 79-97, 2016.

PAISH, O. Small hydro power: technology and current status. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 6, n. 6, p. 537-556, 2002.

PAO H-T, FU H-C. Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 25, p. 381-392, 2013.

PEDRON, F.A.; AZEVEDO, A.C. & DALMOLIN, R.S.D. **Alteração mineralógica de Neossolos em uma clima-litossequência no Planalto do Rio Grande do Sul**. *Ciência Rural*, v. 42, n. 3, p. 451-458, 2012.

PEREIRA, C. L.; DO NASCIMENTO, E. P. Luta em torno do Parque Estadual Cristalino (MT): qual a natureza do conflito? **Ciências Sociais**, v. 41, n. 2, 2010.

PETRONE, P. **A região de São Luiz do Paraitinga**. Revista Brasileira de Geografia. v.1, n, 3, p. 3-99, 1959.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. Brasília: PNUD/ONU, 2013. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>> . Acesso em: 05 ago. 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LUIS DO PARAITINGA. **Plano diretor do Município**. Lei Complementar nº 1.347 de 07 de Janeiro de 2010, 2010.

RAMOS, R. A. R. **Localização Industrial – Um Modelo Espacial para o Nordeste de Portugal**. Dissertação de Doutorado. Universidade do Minho. Braga, Portugal. 2000.

REBELO, F. **Geografia física e riscos naturais**. Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2010.

ROSS J. L. S. **Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities**. Revista do Departamento de Geografia, 2012.

ROSS, J. L. S. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. FFLCH-USP, 1997.

SAATY, T. L. A. **Scaling method for priorities in hierarchical structures**. *Journal of mathematical psychology*, 15, p. 234-281, 1977.

SACHDEV, H. S.; AKELLA, A. K.; KUMAR, N.. Analysis and evaluation of small hydropower plants: A bibliographical survey. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 51, p. 1013-1022, 2015.

SAES, A. M.: **Light vs. CBEE: Energia Elétrica na Formação da Indústria Brasileira, 1900 – 1920**, 2012. Disponível em: <http://www.ub.edu/geocrit/Simposio/cSaes_Light.pdf>. Acesso em: 01.maio.2016.

SALOMÃO, FX de T. et al. **Controle e prevenção dos processos erosivos. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 229-267, 1999.

SANTOS, J. R. C. C. **A cultura como protagonista do processo de reconstrução da cidade de São Luiz do Paraitinga/SP**. 2015. Tese (Doutorado em História Social) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8138/tde11042016-105654/>>. Acesso em: 20.nov.2016.

SANTOS, R. F., (org.) **Vulnerabilidade Ambiental desastres naturais ou fenômenos induzidos**. MMA, Brasília, 192p, 2007.

SANTOS, C. M. P. **O reencantamento das cidades: tempo e espaço na memória do patrimônio cultural de São Luiz do Paraitinga/SP**, 2006.

SANTOS, A. R. Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, Viçosa, MG. **Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, Viçosa, MG**, 2001.

SANTOS, J. E., Nogueira, F., Pires, J. S. R., Obara, A. T., & Pires, A. M. Z. C. R. . The value of the Ecological Station of Jatai's ecosystem services and natural capital. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 2, p. 171-190, 2001.

SCHAEFFER, R. O futuro da energia elétrica no Brasil. **Mudanças climáticas–informações e reflexões para um jornalismo contextualizado**, v. 11, 2008. Disponível em: <www.engeletrica.com.br/wordpress/2010/02/.../o-futuro-da-energia-eletrica-no-brasil>. Acesso em: 02.Set.2014.

SCHOLTEN, D; BOSAMAN, R. (2013), The geopolitics of renewables: a mere shift or landslide in energy dependencies?. In: **12th Political Science Conference Politicologenetmaal, Ghent, Belgium, 30-31 May 2013**, 2013. Disponível em: <<http://www.drift.eur.nl/wp-content/uploads/2013/11/Scholten-and-Bosman-2013-Geopolitics-of-Renewables.pdf>>. Acesso em: 14.nov.2015.

SCHWARTZ, F., PEGALLAPATI, R., SHAHIDEHPOUR, M. **Small hydro as green power**. In: Proceedings of IEEE power engineering society general meeting. Vol. 2, p. 2050–57, 2005.

SILVA, L. J. **Avaliação do mercado potencial das reduções certificadas de emissões para as pequenas centrais hidrelétricas outorgadas e inventariadas no Brasil**, 2015.

SILVA, L. S. A.; QUELHAS, O. L. G. **Sustainable development and consequences for equity costs in public companies**. *Gestão & Produção*, v. 13, n. 3, p. 385-395, 2006.

SILVA NETO, B. **Desenvolvimento sustentável: uma abordagem baseada em sistemas dissipativos**. *Ambiente e Sociedade*, v. 11, n. 1, p. 15-31, 2008.

SILVEIRA M. Interface entre saúde e meio ambiente: aspectos da saúde na Avaliação de Impacto Ambiental de empreendimentos. **Anais do V Encontro Nacional da Anppas; Florianópolis [internet]**, p. 4-7, 2010. Disponível em: <[://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT4-270-187-20100903230338.pdf](http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT4-270-187-20100903230338.pdf)>. Acesso em: 05.ago.2015.

SILVIUS, A.J.G. SCHIPPER, R. A maturity model for integrating sustainability in projects and project management. In: **24th World Congress of the International Project Management Association**. IPMA Istanbul, 2010.

SOARES, V. P.; MOREIRA, A. A.; RIBEIRO, J. C.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. **Avaliação das áreas de uso indevido da terra em uma microbacia no município de**

Viçosa, MG, através de fotografias aéreas e Sistemas de Informação Geográfica. Revista *Árvore*, v. 26, n. 2, p. 243-251, 2002.

SOARES, S. R. “**Análise Multicritério e Gestão Ambiental**” In: Curso de Gestão Ambiental. Editores: PHILIPPI JR, A., ROMÉRO, M. de A., BRUNA, G. C. Barueri, SP: Manole, 2004.

SOTCHAVA, V. O estudo de Geossistemas.(trad. CAF Monteiro e DA Romariz) Métodos em Questão n°. 16. **IGEOG-USP: São Paulo**, 1977.

TAGLIANI, C. R. A; **Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 8, 05-10 abril 2003, Belo Horizonte. Anais Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2003.

TIAGO FILHO, G. L.; GALHARDO, C. R; FERRARI, J. T. A evolução histórica do conceito das pequenas centrais hidrelétricas no Brasil. V **Simpósio Brasileiro Sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas**, p. 2-8, 2006.

TOMLIN, C.D.; BERRY, J.K. **A mathematical structure for cartographic modeling in environmental analysis.** In: ANNUAL SYMPOSIUM PROCEEDINGS, AMERICAN CONGRESS ON SURVEYING MAPPING, 39., 1979. Proceedings. Gaithersburg: ACSM, p. 269-284, 1979.

TOMLIM, C.D. **Geographic information systems and cartographic modeling.** Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1990. TOMLIN, C.D. Cartographic modeling. In: MAGUIRE, D.; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D. (Eds) Geographic information systems: principles and applications. London: Longman, p.361-374, 1991.

TRANNIN, I. C. B. Levantamento pedológico da bacia hidrográfica do rio do Chapéu, município de São Luiz do Paraitinga (SP). In: **Atlas – Análise Físico Ambiental da bacia hidrográfica do rio do Chapéu – São Luiz do Paraitinga/SP**, p. 44, 2013.

TRICART, J. Ecodinâmica. In: **Série recursos naturais e meio ambiente.** SUPREN/IBGE, 1977.

TRICART, J. et al. **La eco-geografía y la ordenación del medio natural.** Anagrama, 1982.

UNESCO. UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CUTURAL ORGANIZATION. **Declaração sobre o Direito ao Desenvolvimento**, 1986. Disponível em: <<http://www.dhnet.org.br/direitos/sip/onu/bmestar/dec86.htm>>. Acesso em: 01.fev.2016.

UNESCO. UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CUTURAL ORGANIZATION (UNESCO). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2016** – disponível em <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/post-2015-development->

[agenda/unesco-and-sustainable-development-goals/](#)> . Acesso em: 08.mar.2016.

VEIGA, J. E. **Cidades Imaginárias – O Brasil é menos urbano do que se calcula**. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

VENTURA FILHO, A. O Brasil no contexto energético mundial. **São Paulo: NAIPPE, USP**, 2009.

VERDE, P. F.; DA SILVA SCHICCHI, M. C.. São Luiz do Paraitinga: da reconstrução Pós-enchente às Políticas de Prevenção e Conservação Urbana. **Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, v. 13, n. 1, p. 25, 2013.

VOGEL, C.; O'BRIEN, K. **Vulnerability and global environmental change: rhetoric and reality**. v. 13, p. 1-8, 2004.

WESTIN, F. F.; DOS SANTOS, M. A.; MARTINS, I. D. Hydropower expansion and analysis of the use of strategic and integrated environmental assessment tools in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 37, p. 750-761, 2014.

WHITE, S. R. et al. Autonomic healing of polymer composites. **Nature**, v. 409, n. 6822, p. 794-797, 2001.

WHITE LA. Energy and the evolution of culture. **American Anthropologist**, v. 45, n. 3, p. 335-356, 1943.

WIND, Y.; SAATY, T. L. **Marketing applications of the analytic hierarchy process**. Management science, v. 26, n. 7, p. 641-658, 1980.

WOLLMANN, L. M.; BASTOS, L. C. **Novo código florestal e reserva legal em propriedades rurais do município de Porto Alegre/RS**. Ciência Rural, v. 45, n. 3, p. 412417, 2015.

WU, Q.; WANG, M. **A framework for risk assessment on soil erosion by water using an integrated and systematic approach**. Journal of Hydrology, v. 337, p. 11-21, 2007.

YÜKSEK, Ö.; KAYGUSUZ, K. Small hydropower plants as a new and renewable energy source. **Energy Sources, Part B**, v. 1, n. 3, p. 279-290, 2006.

YÜKSEL, I. Water development for hydroelectric in southeastern Anatolia project (GAP) in Turkey. **Renewable energy**, v. 39, n. 1, p. 17-23, 2012.

ZUCHERATO, B.; CUNHA, L.; DE FREITAS, M. I. C. Os desastres em áreas de fronteira: pesquisa hemerográfica na cidade da Guarda. In: **Espaços de fronteira, territórios de esperança: paisagens e patrimônios, permanências e mobilidades**. p. 95-107, 2014.