
DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO E TECNOLÓGICO PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA APLICADA AO PROCESSO DE ANÁLISE DE VIABILIDADE DE HIDRELÉTRICAS

- FRAG-RIO -

ETAPA 1

RELATÓRIO: ETAPA 1
CONVÊNIO FINEP / UFSC / UNIPAMPA
PROCESSO Nº 5.20204/2008-5
UFSC / UNIPAMPA – REF. 07408

MARÇO DE 2009

Ministério do
Meio Ambiente



RELATÓRIO FRAG-RIO

APRESENTAÇÃO DO RELATÓRIO E EQUIPE TÉCNICA

Este Relatório Técnico apresenta a descrição dos estudos técnicos desenvolvidos e previstos para a Etapa 1 do Plano de Trabalho da Encomenda Vertical de Projeto de Pesquisa constante do Convênio Referência 0374/08, celebrado entre a FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS – FINEP e a Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência – FATEC (como instituição convenente), tendo como instituições executoras a Universidade Federal de Santa Maria e a Universidade Federal do Pampa, e como instituição apoiadora, o CNPq no gerenciamento de bolsas. Este projeto visa o desenvolvimento metodológico e tecnológico para avaliação ambiental integrada aplicada ao processo de análise da viabilidade de hidrelétricas, tendo como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Médio e Alto Rio Uruguai, RS e SC. Este relatório compreende os estudos referentes ao Alto Rio Uruguai.

EQUIPE TÉCNICA

Função	Nome	Formação	Instituição
Coordenador Geral	Rafael Cabral Cruz	Oceanógrafo	UNIPAMPA
Coordenador – UFSM	Geraldo Lopes da Silveira	Engenheiro Civil	UFSM
Coordenador – UNIPAMPA	Ítalo Filippi Teixeira	Engenheiro Florestal	UNIPAMPA
Coordenadora Adjunta	Jussara Cabral Cruz	Engenheira Civil	UFSM
Professora	Ana Beatriz Souza de Deus	Engenheira Civil	UFSM
Professora	Andréa Valli Nummer	Geóloga	UFSM
Professor	Cláudio Vinícius de Senna Gastal Jr.	Biólogo	UNIPAMPA
Professora	Daniela Guzzon Sanagiotto	Engenheira Civil	UFSM
Professor	Flávio Luiz Foletto Eltz	Engenheiro Agrônomo	UFSM
Professor	Jefferson Marçal da Rocha	Economista	UNIPAMPA
Professor	José Luiz Silvério da Silva	Geólogo	UFSM
Professor	José Ricardo Inácio Ribeiro	Biólogo	UNIPAMPA
Professor	Mario Luiz Trevisan	Engenheiro Eletricista	UFSM
Professor	Talles Augusto Araujo	Engenheiro Civil	UFSM
Bolsista	Carlos Alberto Oliveira Irion	Engenheiro Civil	UNIPAMPA
Bolsista	Damáris Gonçalves Padilha	Engenheira Florestal	UFSM
Bolsista	Dionisio Saccol Sangoi	Geógrafo	UFSM
Bolsista	Edner Baumhardt	Engenheiro Florestal	UFSM
Bolsista	Rafael Costa Angrizani	Biólogo	UNIPAMPA
Bolsista	Sonia Conceição Assis de Oliveira	Bióloga	UNIPAMPA
Colaborador	Camila Ferreira Tamiosso	Engenheira Ambiental	UFSM
Colaborador	Elisandra Maziero	Engenheira Civil	UFSM
Colaborador	Fabio Silveira Vilella	Biólogo	SIMBIOTA
Colaborador	Leonidas Luiz V. Descovi	Geógrafo	UFSM

	Filho		
Colaborador	Mariana Faria-Corrêa	Bióloga	SIMBIOTA
Analista de TI	Luis Eduardo Vieira	Tecnólogo em Processamento de Dados	UNIPAMPA
Bolsista	Diego Alves Dellazzana	Acad. Ciências Biológicas	UNIPAMPA
Bolsista	Fabiana Perotto da Silva	Téc. em Geomática	UFSM
Bolsista	Franklin Ferreira Wenceslau	Acad. Gestão Ambiental	UNIPAMPA
Bolsista	Juliano do Prado Rodrigues	Acad. de Eng. Florestal	UNIPAMPA
Bolsista	Maicon Nattigal Silveira	Acad. de Física	UFSM
Bolsista	Mírian Gieseler Girelli	Acad. de Eng. Química	UFSM
Bolsista	Pedro Brites Pascotini	Acad de Agronomia	UFSM
Bolsista	Simone Ângela Gonzatti	Acad. de Eng. Florestal	UFSM
Bolsista	Stefânia Guees de Godói	Acad. Gestão Ambiental	UNIPAMPA
Colaborador	Adriano T. Antolini	Acad. de Eng. Florestal	UFSM
Colaborador	Calínca Barão de Avila	Acad. de Eng. Florestal	UFSM
Colaborador	Laura Hermes	Acad. de Eng. Civil	UFSM
Colaborador	Leonardo Pavanelo	Acad. de Eng. Florestal	UFSM
Colaborador	Luiz Fernando Silva de Godói	Acad. Gestão Ambiental	UNIPAMPA
Colaborador	Priscila Brum	Acad. Gestão Ambiental	UNIPAMPA
Colaborador	Vinicius Dulac	Acad. Gestão Ambiental	UNIPAMPA
Colaborador	Yuri Robson Vita Sá	Acad. de Eng. Civil	UFSM

GRUPO DE TRABALHO

COORDENAÇÃO, ACOMPANHAMENTO E ELABORAÇÃO

Departamento de Licenciamento e Avaliação Ambiental

Volney Zanardi Júnior
Diretor de Departamento
Coordenação Geral

Moema Pereira Rocha de Sá
Gerente de Projeto
Coordenação Executiva

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA

Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental
Departamento de Licenciamento e Avaliação Ambiental

Dilma Lúcia Resende Carvalho
Elvira Maria Xavier Vieira
Frank Edney Gontijo Amorim
Marcelo Peres Facas
Marcia Catarina David
Sílvia Regina A. Guedes
Thiago Zeidan de Araújo

Secretaria de Biodiversidade e Florestas

Braulio F. Souza Dias
Diretor de Biodiversidade e Florestas

Emerson Antonio de Oliveira
João Paulo Viana
Nadinni Oliveira de Matos Sousa
Wigold Schaffer

Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano

João Bosco Senra
Diretor de Recursos Hídricos

Marcos Pellegrini Bandini
Roseli dos Santos Souza
Simone Vendruscolo

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA

Ibama sede

Leozildo Benjamim
Coordenador Geral de Infraestrutura de Energia Elétrica

Adriano Rafael Arrepiá De Queiroz
Moara Menta Giasson

Superintendência Rio Grande do Sul

Fernando da Costa Marques
Superintendente

Carmen Zotz Herkenhoff
Jaqueline L. Madruga
Mozart S. Lauxen

Superintendência de Santa Catarina

Américo Ribeiro Tunes
Superintendente

André de Siqueira Campos Boclin

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA

Adalberto Meller
Nelson Neto de Freitas

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO SUL

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler do Rio Grande do Sul

Ana Lúcia Mastrascusa Rodrigues
João Carlos Pradella Dotto

Departamento de Recursos Hídricos

Paulo Renato Paim
Diretor de Recursos Hídricos

Elaine R. O. Santos

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE SANTA CATARINA

Fundação Estadual de Meio Ambiente de Santa Catarina – FATMA

Cícero Augusto de S. Almeida
Fábio Bento
Gláucio Maciel Capelari
Graciela Canton

Diretoria de Recursos Hídricos

Flávio Renê Brea Victoria
Diretor de Recursos Hídricos

Carlos Alberto Rockenbach
Luciana Camargo Castro

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO DO RELATÓRIO E EQUIPE TÉCNICA	2
EQUIPE TÉCNICA.....	3
GRUPO DE TRABALHO.....	5
SUMÁRIO.....	8
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE FOTOS.....	16
LISTA DE TABELAS	17
LISTA DE TABELAS	17
LISTA DE QUADROS	19
1 ANTECEDENTES	20
2 PROJETO FRAG-RIO	22
2.1 Objeto	22
2.2 Objetivo	23
2.3 Histórico do desenvolvimento do projeto.....	23
2.4 Histórico do Desenvolvimento do Modelo Conceitual	23
2.5 Caracterização da Área de Estudo na Etapa I.....	26
2.5.1 Localização.....	26
2.5.2 Caracterização Física.....	31
2.5.3 O Meio Biótico	45
2.5.4 Evolução Sociocultural.....	60
2.5.1 População, Municípios e Atividades Econômicas.....	61
2.5.2 Usos da Água.....	63
3 MODELO CONCEITUAL	65
3.1 Análise da Conectividade da Rede de Drenagem.....	65
3.2 Características e Limitações	67
3.3 Critério de Seleção de Variáveis	68
3.4 Modelagem	71
3.4.1 Mapa de Fatores	72
3.4.2 Mapa de Restrições.....	72
3.4.3 Mapa Síntese	72
3.4.4 Níveis de Decisão - Bloco X Aspecto X Variável.....	73
3.5 Abordagem Metodológica do Frag-Rio.....	74
3.5.1 ETAPA 1. DIRETRIZES PARCIAIS	74
3.5.2 ETAPA 2. DIRETRIZES PRELIMINARES	75
3.5.3 ETAPA 3 - ANÁLISE DE SENSIBILIDADE, DIVULGAÇÃO E DIRETRIZES FINAIS	76
3.6 Resultados Esperados	76
3.7 Principais Conceitos	76
4 DESENVOLVIMENTO DA ETAPA 1	81
4.1 Procedimentos	81
4.1.1 Metodologia Primeira Etapa.....	82
4.2 Reuniões e Expedições	84
4.2.1 Expedições a Campo	84
4.3 Reuniões Técnicas e Públicas.....	85

4.4	Cenários utilizados	86
5	ANÁLISE DESAGREGADA DOS BLOCOS TEMÁTICOS	88
5.1	Bloco Meio Físico	88
5.1.1	Aspecto Geologia e Geomorfologia	88
5.1.2	Aspecto Estabilidade de Encostas	114
5.1.3	Aspecto Fragilidade à Erosão	122
5.1.4	Aspecto Áreas de Mineração	130
5.1.5	Aspecto Contaminação das Águas	132
5.1.6	Resultados do Bloco Meio Físico	142
5.2	Bloco Meio Biótico	145
5.2.1	Aspecto Fauna e Flora Terrestres	146
5.2.2	Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e Proteção Ambiental... ..	154
5.2.3	Aspecto Meio Biótico Aquático	163
5.2.4	Restrição Unidades de Conservação de proteção integral / Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.....	174
5.2.5	Resultados do Bloco Meio Biótico	176
5.3	Bloco Meio Antrópico	182
5.3.1	Aspecto População Rural Deslocada	182
5.3.2	Aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas	187
5.3.3	Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais	190
5.3.4	Aspecto Patrimônio Cultural	205
5.3.5	Aspecto Áreas Urbanas ou Urbanizadas	212
5.3.6	Aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial	214
5.3.7	Resultados do Bloco Meio Antrópico	217
6	ANÁLISE INTEGRADA	226
6.1	Cenários	227
6.2	Modelos de Simulação	229
6.3	Avaliação Desagregada de Fragmentação	244
6.3.1	Variável Valor de trecho de rios	244
6.3.2	Análise Parcial dos Resultados	246
7	CONCLUSÃO	251
8	Referências Bibliográficas	253
	ANEXO 1 - Lista das espécies da fauna ameaçadas de extinção	261
	ANEXO 2 – Listas de Espécies da flora de interesse especial	264
	ANEXO 3 - Proposta de Criação do Refúgio da Vida Silvestre do rio Pelotas	269
	ANEXO 4 - Extrato do Relatório FEPAM/UFSM (2005)	270
	ANEXO 5 - Análise desagregada de endemismo de fauna e flora do Alto Uruguai. ..	277
	ANEXO 6 - Análise desagregada das populações indígenas e quilombolas.....	279

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Região Hidrográfica do Uruguai. Fonte: EPE (2007).....	27
Figura 2-2 Perfil do rio Uruguai em território brasileiro.....	28
Figura 2-3: Localização da bacia do rio Uruguai e suas sub-bacias.....	29
Figura 2-4: Subdivisões da sub-bacia do Alto Uruguai. Fonte: Comitê Nacional de Recursos Hídricos (CNRH resolução nº32 de 15 de novembro de 2003).....	30
Figura 2-5: Precipitações máximas ocorridas na bacia. Valores de precipitação em mm indicados no mapa. Modificado de IBAMA (2007).....	34
Figura 2-6: Unidades geológicas da Bacia do alto Uruguai. Modificado de CPRM (2003).	42
Figura 2-7: Perfil geológico esquemático das rochas vulcânicas e depósitos superficiais na bacia do Alto Uruguai. Modificado de Nummer(2003).	44
Figura 2-8 Número de espécies ameaçadas por categoria de ameaça	56
Figura 2-9: Localização dos municípios e suas populações. Fonte:IBAMA (2007).....	62
Figura 2-10. Diagrama com a vazão regularizada (100% de garantia) pelas hidrelétricas do rio Uruguai. Adaptado de ANA (2005) apud MMA(2006).	64
Figura 3-1 Tipos de viés provocados pela não cobertura dos dados em 100% da área de estudo.....	69
Figura 3-2 Níveis de decisão do Modelo.....	73
Figura 3-3 Fluxo Metodológico da AAI.....	77
Figura 4-1 Fluxograma da Etapa 1	81
Figura 5-1 Fluxograma para Obtenção da Fragilidade do Aspecto Geologia/Geomorfologia.....	89
Figura 5-2 Mapa Geológico da Bacia do Alto Uruguai. Modificado de CPRM (2003) 90	
Figura 5-3 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Geologia.....	92
Figura 5-4 Mapa Geomorfológico da Bacia do Alto Uruguai. Fonte: RADAM (1986) 95	
Figura 5-5 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Geomorfologia	97
Figura 5-6 Mapa de Fragilidades Relativo à Declividade para os Aspectos Geologia/Geomorfologia e Erosão.....	101
Figura 5-7 Fluxograma para obtenção da fragilidade da variável água subterrânea do aspecto geologia e geomorfologia	103
Figura 5-8 A parte 1 é a vista em planta das linhas equipotenciais e linhas de fluxo na vizinhança de uma corrente que recebe água de suas cabeceiras. A parte 2 indica a espessura da coluna de água sobre um Datum. Fonte: Heath (1983).....	104
Figura 5-9 Espacialização dos Poços Cadastrados no SIAGAS/CPRM, indicando-se uma numeração dos municípios com vazios de informação de poços.	105
Figura 5-10 Mapa de Fragilidades Relativo à Superfície Potenciométrica.....	106
Figura 5-11 Fragilidade da Superfície Vadosa.....	107
Figura 5-12 Incremento de Fragilidades Relativo a Lineamentos e Poços e Lavra de Água Mineral.....	109
Figura 5-13 Sistemas Aquíferos Existentes na Região Oeste Catarinense.....	111
Figura 5-14 Direções Preferenciais de Fluxo Subterrâneo na Área de Estudo, Poços Simulados 2.623.	111
Figura 5-15 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Água Subterrânea.....	112
Figura 5-16 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Geologia/Geomorfologia	113
Figura 5-17 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do aspecto Estabilidade de Encostas.....	114

Figura 5-18 Mapa de Fragilidades Relativo a Variável Geologia para Estabilidade de Encostas.....	119
Figura 5-19 Mapa de Fragilidades Relativo à Declividade para Estabilidade de Encostas	120
Figura 5-20 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Geomorfologia	121
Figura 5-21 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Estabilidade de Encostas.....	122
Figura 5-22 Fluxograma para Fragilidades do Aspecto Relativo à Erosão.....	123
Figura 5-23 Mapa de solos	124
Figura 5-24 Mapa de Fragilidades relativo à variável Solos (Classe de Resistência a Impactos Ambientais).....	126
Figura 5-25 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Erosão	128
Figura 5-26 Aspecto Áreas de Mineração	130
Figura 5-27 Mapa de Fragilidades Relativo às Áreas de Mineração.....	132
Figura 5-28 Fluxograma da Síntese do Aspecto Contaminação das Águas.....	133
Figura 5-29 Fluxograma da Variável Carga Orgânica Remanescente das Populações	134
Populações.....	135
Figura 5-31 Fluxograma da Variável Contaminação Orgânica das Criações	137
Figura 5-32 Mapa de Fragilidades Relativo à Carga Orgânica das Criações.....	138
Figura 5-33 Fluxograma da Variável Índice Agrícola.....	140
Figura 5-34 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Índice Agrícola.....	141
Figura 5-35 Mapa de Fragilidades Relativo à Contaminação das Águas.....	142
Figura 5-36 Fluxograma do modelo de Fragilidades do Meio Físico	143
Figura 5-37 Fragilidade Relativa ao Meio Físico.....	143
Figura 5-38 Fluxograma para obtenção das Fragilidades do Aspecto Fauna e Flora Terrestre.....	146
Figura 5-39 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Ocorrência Potencial das Espécies de Fauna Terrestre	148
Figura 5-40 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Ocorrência Potencial das Espécies de Flora Terrestre.....	149
Figura 5-41 Relação entre a área e a declividade.....	151
Figura 5-42 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Remanescentes de Formações Vegetais Naturais Ponderada Inversamente pela Declividade	151
Figura 5-43 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Fauna e Flora Terrestre.....	153
Figura 5-44 Caracterização do arco de remanescentes entre as áreas litorâneas e internas do Bioma Mata Atlântica na região do Alto Uruguai.....	153
Figura 5-45 Mapa da área de ocorrência da onça-pintada e classificação dos corredores nas Américas	154
Figura 5-46 Fluxograma do Aspecto Fragilidade das Áreas de Relevante Valor para a Biodiversidade.....	155
Figura 5-47 Mapa de fragilidades da variável Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade.....	156
Figura 5-48 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Reserva da Biosfera da Mata Atlântica sem Zona Núcleo	158
Figura 5-49 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Reserva da Biosfera da Mata Atlântica com Zona Núcleo.....	159
Figura 5-50 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Zonas de Amortecimento de UC de Proteção Integral e UC de Uso Sustentável.....	160

Figura 5-51 Mapa de Fragilidade Relativo ao Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e Proteção Ambiental – Modelo 2A.....	161
Figura 5-52 Mapa de Fragilidade Relativo ao Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e Proteção Ambiental – Modelo 2A com Zona Núcleo.....	161
Figura 5-53 Mapa de Fragilidade Relativo ao Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e Proteção Ambiental – Modelo 2F.....	162
Figura 5-54 Mapa de Fragilidade Relativo ao Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e Proteção Ambiental – Modelo 2F com Zona Núcleo.....	162
Figura 5-55 Fluxograma das Variáveis Envolvidas na Avaliação do Aspecto Fragilidade do Meio Biótico Aquático.....	163
Figura 5-56 Mapa de Fragilidades Relativo ao Potencial de Espécies Endêmicas de Peixes.....	170
Figura 5-57 Aspecto Meio Biótico Aquático. Fragilidades do Cenário Atual.....	172
Figura 5-58 Aspecto Meio Biótico Aquático. Fragilidades do Cenário Somente Itapiranga.....	172
Figura 5-59 Aspecto Meio Biótico Aquático. Fragilidades do Cenário Somente Pai Querê.....	173
Figura 5-60 Aspecto Meio Biótico Aquático. Fragilidades do Cenário Somente Pai Querê e Passo da Cadeia.....	173
Figura 5-61 Aspecto Meio Biótico Aquático. Fragilidades do Cenário Itapiranga, Pai Querê e Passo da Cadeia.....	174
Figura 5-62 Mapa de Restrições do Meio Biótico, incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.....	175
Figura 5-63 Mapa de Restrições do Meio Biótico, não incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.....	176
Figura 5-64 Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco Meio Biótico, Cenário Atual...	177
Figura 5-65 Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco Meio Biótico, Cenário Somente UHE Itapiranga.....	177
Figura 5-66 Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco Meio Biótico, Cenário Somente UHE Pai Querê.....	178
Figura 5-67 Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco Meio Biótico, Cenário Somente UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia.....	178
Figura 5-68 Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco Meio Biótico, Cenário com UHE Itapiranga, UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia.....	179
Figura 1-5-69 Fluxograma do Aspecto População Rural Deslocada.....	183
Figura 5-70 Mapa de Fragilidades relativo ao aspecto população rural deslocada.....	186
Figura 5-71 Fluxograma do Aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas.....	187
Figura 5-72 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas.....	189
Figura 5-73 Fluxograma do Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais.....	192
Figura 5-74 Número de pescadores por município.....	193
Figura 5-75 Redes associadas ao Cenário Atual.....	195
Figura 5-76 Redes associadas ao Cenário Somente UHE Itapiranga.....	195
Figura 5-77 Redes associadas ao Cenário Somente UHE Pai Quere.....	196
Figura 5-78 Redes associadas ao Cenário Somente UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia.....	196

Figura 5-79 Redes associadas ao Cenário com as UHEs Itapiranga e Pai Querê e AHE Passo da Cadeia	197
Figura 5-80 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 1 (Cenário Atual sem Complexo Garabi).....	200
Figura 5-81 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 2 (Cenário Atual com Complexo Garabi).....	201
Figura 5-82 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 3 (Somente UHE Itapiranga sem Complexo Garabi)	201
Figura 5-83 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 4 (Somente UHE Itapiranga com Complexo Garabi).....	202
Figura 5-84 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 5 (Somente UHE Pai Querê sem Complexo Garabi)	202
Figura 5-85 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 6 (Somente UHE Pai Querê com Complexo Garabi)	203
Figura 5-86 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 7 (Somente UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia sem Complexo Garabi).....	203
Figura 5-87 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 8 (Somente UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia com Complexo Garabi)	204
Figura 5-88 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 9 (UHEs Itapiranga, Pai Querê e AHE Passo da Cadeia sem Complexo Garabi).....	204
Figura 5-89 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 10 (UHEs Itapiranga, Pai Querê e AHE Passo da Cadeia com Complexo Garabi)	205
Figura 5-90 Fluxograma do Aspecto Patrimônio Cultural	207
Figura 5-91 Rota dos Tropeiros.....	209
Figura 5-92 Ocorrência de sítios arqueológicos em função da distância dos rios.....	210
Figura 5-93 Mapa de Fragilidades da Variável Sítios Arqueológicos.....	211
Figura 5-94 Mapa de Fragilidades do Aspecto Sítios Históricos	212
Figura 5-95 Mapa de fragilidades do aspecto Áreas Urbanas ou Urbanizadas.....	213
Figura 5-96 Mapa de fragilidades do aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial	216
Figura 5-97 Detalhe do Mapa de fragilidades do aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial com sobreposição da área de inundação da UHE Itapiranga	216
Figura 5-98 Detalhe do Mapa de fragilidades do aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial com sobreposição da área de inundação das UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia	217
Figura 5-99 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 1 (Cenário Atual sem Complexo Garabi).....	218
Figura 5-100 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 2 (Cenário Atual com Complexo Garabi)	219
Figura 5-101 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 3 (Somente UHE Itapiranga sem Complexo Garabi).....	219

Figura 5-102 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 4 (Somente UHE Itapiranga com Complexo Garabi)	220
Figura 5-103 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 5 (Somente UHE Pai Querê sem Complexo Garabi).....	220
Figura 5-104 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 6 (Somente UHE Pai Querê com Complexo Garabi)	221
Figura 5-105 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 7 (Somente UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia sem Complexo Garabi).....	221
Figura 5-106 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 8 (Somente UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia com Complexo Garabi)	222
Figura 5-107 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 9 (UHES Itapiranga e Pai Querê e AHE Passo da Cadeia sem Complexo Garabi).....	222
Figura 5-108 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 10 (UHES Itapiranga e Pai Querê e AHE Passo da Cadeia com Complexo Garabi).....	223
Figura 6-1 Índice Ambiental da Drenagem (somente rio principal Uruguai/Pelotas) para os 4 modelos e 10 cenários do estudo, analisados sem restrições	231
Figura 6-2. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 1 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição	232
Figura 6-3. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 2 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição	232
Figura 6-4. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 3 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição	232
Figura 6-5. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 4 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição	233
Figura 6-6. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 5 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição	233
Figura 6-7. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 6 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição	234
Figura 6-8. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 7 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição	234
Figura 6-9. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 8 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição	235
Figura 6-10. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 9 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição	235
Figura 6-11. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 10 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição	236

Figura 6-12 Índice Ambiental da Drenagem (somente rio principal Uruguai/Pelotas) para o modelo de pesos iguais (0) e 10 cenários do estudo, analisados com restrições, incluída a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica	237
Figura 6-13 Índice Ambiental da Drenagem (somente rio principal Uruguai/Pelotas) para o modelo de pesos iguais (0) e 10 cenários do estudo, analisados com restrições, excluída a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica	237
Figura 6-14 Índice Ambiental Relativo das Barragens para o modelo de pesos iguais (0) e 10 cenários do estudo, analisados com restrições, excluída a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica	239
Figura 6-15 Índice Ambiental Relativo das Barragens para o modelo de pesos iguais (0) e 10 cenários do estudo, analisados com restrições, incluída a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica	240
Figura 6-16 Índice ambiental relativo do meio físico. Os valores negativos representam o efeito de uma área de inundação grande para uma área de alta fragilidade.	241
Figura 6-17 Índice ambiental relativo do meio biótico.	242
Figura 6-18 Índice ambiental relativo do meio antrópico.	243
Figura A 1 Mapa de fragilidades referente à área proposta para criação do Refúgio da Vida Silvestre do rio Pelotas	269
Figura A 2 Número de espécies modeladas da fauna ameaçada de extinção endêmicas do Alto Uruguai.	277
Figura A 3 Número de espécies modeladas da flora ameaçada de extinção endêmicas do Alto Uruguai.	278
Figura A 4 Terras Indígenas.	279
Figura A 5 Fragilidades associadas à população indígena por município.	280
Figura A 6 Fragilidades associadas às comunidades remanescentes de quilombos por município.	280

LISTA DE FOTOS

Foto 5-1 Vista geral 1 da calha do rio Pelotas no trecho de Passo da Cadeia – rio com leito rochoso, vale profundo e com margens íngremes rochosas e com pouca cobertura de solos	95
Foto 5-2 Vista geral 2 da calha do rio Pelotas no trecho de Passo da Cadeia – rio com leito rochoso, vale profundo e com margens íngremes rochosas e com pouca cobertura de solos	96
Foto 5-3 Vista geral da calha do rio Pelotas na área de Pai Querê – rio com leito rochoso, vale profundo e com margens íngremes rochosas e com pouca cobertura de solos	97
Foto 5-4 Vista geral da calha do rio Pelotas nas proximidades do eixo do projeto da barragem Pai Querê – ao fundo vê-se o talude rochoso com boas condições geomecânicas e com pouca cobertura de solos	98
Foto 5-5 Vista geral 1 da calha do rio Uruguai no trecho do projeto da barragem Itapiranga – rio com leito rochoso, vale com profundidade média, com margens mais suaves e ocorrências de terrenos coluvionares espessos	98
Foto 5-6 Vista geral 2 da calha do rio Uruguai no trecho do projeto da barragem Itapiranga – rio com leito rochoso, vale com profundidade média, com margens mais suaves e ocorrências de terrenos coluvionares espessos	99
Foto 5-7 Vista de um reservatório às margens do rio Uruguai no trecho do projeto de Itapiranga – são comuns os reservatórios deste tipo para a destinação final de efluentes líquidos de criação de suínos e aves	99
Foto 5-8 Idem foto anterior	100
Foto 5-9 Vista de um dique de diabásio margem esquerda do rio Pelotas no trecho da AHE Passo da Cadeia – este é um dos tipos de descontinuidade que potencializa a infiltração da água no subsolo e pode comprometer a estanqueidade de um reservatório.	108
Foto 5-10 Vertente com cobertura coluvionar, presença de linhas de pedra, solos rasos do tipo litólicos na margem direita do rio Uruguai no trecho da UHE Itapiranga	115
Foto 5-11 Vista geral da margem direita do rio Uruguai no trecho da UHE Itapiranga – a foto mostra terraços com cobertura coluvionar em taludes com declividade suave	116
Foto 5-12 Vista de um talude rochoso na margem esquerda do rio Pelotas (trecho da AHE Passo da Cadeia) onde se pode observar uma descontinuidade potencialmente favorável à ocorrência de um deslizamento planar	116
Foto 5-13 Vista geral de um talude coluvionar na margem do reservatório da Barragem de Itá – vê-se na linha d’água erosão do talude, potencializando a instabilidade do mesmo ao escorregamento	117
Foto 5-14 Idem a foto anterior	117
Foto 5-15 Vista geral de um talude de rocha decomposta na margem do reservatório da Barragem de Ita, com ocorrência de um escorregamento	118
Foto 5-16 Latossolo Bruno	125
Foto 5-17 Buffer para a Rede de Drenagem	127
Foto 5-18 Classes de Declividade	127
Foto 5-19 Milho cultivado em Plantio Direto	129
Foto 5-20 Cultivo de Macieiras	129
Foto 5-21 Vale do rio Pelotas. Observe-se a zonação altitudinal da vegetação.	158

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1: Compartimentação da bacia hidrográfica do Uruguai e suas respectivas áreas.....	28
Tabela 2-2: População, densidade relativa e população urbano-rural da bacia do rio Uruguai e suas sub-bacias.	61
Tabela 2-3 Dados do PIB (2002) da Região em Estudo.....	63
Tabela 2-4 : Balanço hídrico na região hidrográfica do Uruguai. Fonte: MMA (2006)	63
Tabela 4-1 Reuniões Técnicas Realizadas.....	85
Tabela 5-1 Formações geológicas, litologia e fragilidade das rochas na bacia do Médio e Alto Uruguai. Notas baixas indicam alta fragilidade.	91
Tabela 5-2 Notas de fragilidade para geomorfologia do aspecto Geologia/geomorfologia. Valores baixos indicam alta fragilidade.....	96
Tabela 5-3 Classes de declividade e notas de fragilidades atribuídas. Valores baixos indicam alta fragilidade.	100
Tabela 5-4 Modelo utilizado para construir o Aspecto Geologia/Geomorfologia.....	113
Tabela 5-5 Notas de Fragilidade das rochas. Valores baixos indicam alta fragilidade.	119
Tabela 5-6 Notas de fragilidade da declividade para estabilidade de encostas. Valores baixos indicam alta fragilidade.....	120
Tabela 5-7 Notas de fragilidade para geomorfologia. Valores baixos indicam alta fragilidade.....	121
Tabela 5-8 Distâncias adotadas e respectivos fatores de incremento de fragilidade....	123
Tabela 5-9 Classes de solos, suas classes de resistência a impactos e respectivas fragilidades adotadas	125
Tabela 5-10 Notas atribuídas às fases e tipos de bens minerais. Notas baixas indicam alta fragilidade.	131
Tabela 5-11 Fatores de redução (F_{red}) de cargas de DBO (CNEC, 1980).....	133
Tabela 5-12 Os dez municípios com maior população e os dez com maior carga orgânica remanescente.....	135
Tabela 5-13 Cargas unitárias de fósforo e DBO, por cabeça.	136
Tabela 5-14 Pontuação das Fragilidades (1: muito alta; 255: muito baixa) relativas das espécies da fauna ameaçada de extinção	147
Tabela 5-15 Pontuação das Fragilidades (1: muito alta; 255: muito baixa) atribuídas às espécies de interesse especial (ameaçadas e endêmicas) da flora	148
Tabela 5-16 Pontuação das Fragilidades (1: muito alta; 255: muito baixa) atribuídas às classes de cobertura vegetal (remanescentes, áreas de recuperação e áreas antropizadas). Classificação com base no Probio.	150
Tabela 5-17 Pontuação das Fragilidades (1: muito alta; 255: muito baixa) relativas das Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade.....	155
Tabela 5-18 Pontuação das Fragilidades (1: muito alta; 255: muito baixa) atribuídas à Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA).....	157
Tabela 5-19 Pontuação das Fragilidades (1: muito alta; 255: muito baixa) relativas das Zonas de Amortecimento de UC de Proteção Integral e UC de Uso Sustentável.	159
Tabela 5-20 Pesos utilizados para obtenção dos Modelos 2A e 2F.....	160
Tabela 5-21 Matriz de avaliação da fragilidade das espécies de peixes da Bacia 75 e Alto Uruguai.....	166
Tabela 5-22 Pontuação atribuída às diferentes fontes de informação que subsidiaram o mapeamento das espécies de peixes.....	167
Tabela 5-23 Espécies e relação de fragilidade para a bacia do rio Uruguai.....	169

Tabela 5-24 Pontuação atribuída às ordens de rio da bacia do Uruguai.....	170
Tabela 5-25 Pesos para proporção de área dos municípios.....	184
Tabela 5-26 Entorno da drenagem em função da ordem.....	185
Tabela 5-27 Comprimento da rede na área de estudo e número de pescadores acumulados no trecho contínuo (com e sem o Complexo Garabi).....	198
Tabela 5-28 Fragilidades associadas à Rota dos Tropeiros.....	209
Tabela 5-29 Fragilidades associadas à distância dos sítios arqueológicos ao rio mais próximo.....	210
Tabela 5-30 Valores de fragilidade associados às faixas de distância das áreas urbanas ou urbanizadas.....	213
Tabela 5-31 Fragilidades atribuídas à variável Estradas e Ferrovias.....	214
Tabela 5-32 Pesos dos aspectos para composição do Bloco do Meio Antrópico.....	218
Tabela 6-1 Aproveitamentos considerados na primeira etapa do projeto FRAG-RIO.....	227
Tabela 6-2 Composição dos cenários.....	229
Tabela 6-3 Composição de pesos dos mapas dos blocos físico, biótico e antrópico para os cenários do estudo.....	229
Tabela 6-4 Índice Ambiental da Drenagem para o modelo 0 (pesos iguais) e situações com e sem a inclusão da Zona Núcleo da RBMA como restrição.....	238
Tabela 6-5 Índice Ambiental Relativo das Barragens para o modelo 0 (pesos iguais) e situação com ou sem a inclusão da Zona Núcleo da RBMA (ZN) como restrição.....	239
Tabela 6-6 Pontuação atribuída a rotas de migração de peixes considerando sua extensão e a conectividade ao rio Uruguai.....	246
Tabela 6-7 Trechos livres de rios remanescentes de acordo com a implantação de empreendimentos que fragmentam o rio.....	249
Tabela 6-8 Fragilidade referente aos trechos de rios livres.....	249
Tabela A 1 Construção dos modelos de favorabilidades.....	272
Tabela A 2 Blocos Temáticos.....	273
Tabela A 3 Blocos Temáticos - Meio Terrestre.....	274
Tabela A 4 Blocos Temáticos - Meio Aquático.....	275

LISTA DE QUADROS

Quadro 2-1: Geomorfologia da Bacia do Alto Uruguai. RADAMBRASIL (1986)	37
Quadro 2-2: Unidades Geológicas da Bacia do Alto Uruguai. Modificado de CPRM (2003).....	40
Quadro 5-1 Aspectos avaliados no Meio Físico, variáveis associadas e sua importância	88
Quadro 5-2 Unidades Geológicas da bacia do Alto Uruguai. Modificada de CPRM (2003)	90
Quadro 5-3 Modelados de relevo da Bacia do Alto Uruguai. Fonte: RADAM BRASIL (1986)	94
Quadro 5-4 Municípios que não possuem cadastro de poços.....	106
Quadro 5-5 Cadastro de poços localizados na Bacia do Alto Uruguai	110
Quadro 5-6 Aspectos avaliados no Meio Biótico, variáveis associadas e sua importância	145
Quadro 5-7 Aspectos componentes do Bloco do Meio Antrópico.....	182
Quadro 1-5-8 Cenários modelados.....	194

1 ANTECEDENTES

No âmbito federal, a discussão sobre a Avaliação Ambiental Integrada iniciou-se, em 2003, quando o IBAMA passou a exigir, no licenciamento ambiental de usinas hidrelétricas, que a bacia hidrográfica fosse considerada como área de influência dos estudos, conforme determina a Resolução CONAMA nº 01/86.

No início de 2004, o MMA iniciou uma série de discussões com o Ministério de Minas e Energia - MME sobre a necessidade de realização de Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica como estratégia para minimizar os diversos conflitos que vinham eclodindo nos licenciamentos dos empreendimentos hidrelétricos. Esses conflitos, caracterizados por sua natureza estratégica, deveriam, em princípio, ser identificados previamente à etapa de licenciamento ambiental dos empreendimentos, de modo a favorecer a construção de soluções nas diferentes fases de sua implementação, reduzindo incertezas institucionais e de investimento.

Paralelo àquela discussão, no âmbito estadual, vários Estados, tais como o Paraná, Goiás e Rio Grande do Sul, já estavam já incorporando, no âmbito dos seus instrumentos de planejamento, a Avaliação Ambiental Integrada de suas bacias hidrográficas, com vistas a subsidiar o licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos. Também os ministérios públicos estaduais começavam a recomendar, por meio da assinatura de Termos de Compromisso, o desenvolvimento desses estudos.

A primeira Avaliação Ambiental Integrada, em âmbito federal, foi realizada pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE¹ como resultado de Termo de Compromisso firmado, em 15 de setembro de 2004, entre MME, MMA, IBAMA, AGU, Empresa Energética Barra Grande S.A. - BAESA e Ministério Público Federal. O estudo, intitulado “Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos localizados na Bacia do Rio Uruguai – AAIB”, foi orientado por diretrizes metodológicas acordadas entre o Ministério do Meio Ambiente - MMA, o Comitê de Gestão Integrada de Empreendimentos de Geração do Setor Elétrico - CGISE, a Empresa de Pesquisa Energética -EPE, o Instituto Brasileiro do Meio ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler do Rio Grande do Sul - FEPAM e a Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina – FATMA.

No âmbito do Termo de Compromisso firmado para a realização da AAIB do rio Uruguai, coube ao MMA (i) acompanhar a elaboração dos estudos realizados pela EPE; (ii) fazer sua avaliação final; (iii) estabelecer diretrizes para o licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos naquela bacia; e (iv) fazer gestões necessárias para que a metodologia utilizada nos estudos da avaliação ambiental integrada pudesse ser adotada como diretriz geral no desenvolvimento de novas avaliações ambientais integradas de aproveitamentos hidrelétricos em outras bacias hidrográficas do País. Nesse sentido, o MMA acompanhou a execução dos estudos, procedeu à análise dos produtos desenvolvidos pela EPE e, manifestando-se tecnicamente sobre o relatório conclusivo da AAIB da bacia², considerou que os mesmos não alcançaram os objetivos estabelecidos no Termo de Referência, elaborado de acordo com as diretrizes

¹ EPE Relatório Final. 2007. 437p.

² Ver Parecer Técnico 017/2007/GAIA/DLAA/SMCQ

metodológicas já referidas. Não obstante, permitiram identificar grandes áreas de sensibilidade ambiental na bacia e atestar o elevado potencial do instrumento para subsidiar o planejamento e a gestão ambiental integrada da bacia.

Desse modo, considerando as obrigações assumidas no Termo de Compromisso de 2004 e ainda, a continuidade de aplicação do instrumento pelo setor elétrico em outras bacias do país, o MMA assumiu a tarefa do seu aperfeiçoamento, a partir de pesquisa para o refinamento da metodologia de avaliação aplicada na bacia do rio Uruguai, com ênfase nos seus setores mais frágeis, conforme indicado pelo estudo da EPE. O objetivo do MMA é estabelecer as diretrizes gerais a serem adotados pelo IBAMA nos futuros processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos em planejamento/projeto na Bacia do Rio Uruguai, considerando as indicações derivadas dos estudos de aprimoramento metodológico da AAIB da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai.

Para cumprir este objetivo, o MMA buscou parceiros para a realização de um projeto de pesquisa, tendo sido identificadas as universidades federais do Pampa – Unipampa e de Santa Maria – UFSM, ambas no Rio Grande do Sul. Os docentes dessas universidades detêm experiência na realização de trabalhos similares, com destaque para a “Análise de Fragilidades Ambientais da Bacia Hidrográfica dos rios Apuaê-Inhandava”, desenvolvida pela FEPAM, na região hidrográfica do rio Uruguai, em parceria com a Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

Com esse objetivo, foi assinado o Convênio, por meio do instrumento contratual código nº 0108036000, para execução do projeto “Desenvolvimento Metodológico e Tecnológico para Avaliação Ambiental Integrada Aplicada ao Processo de Análise de Viabilidade de Hidrelétricas”, aqui denominado “Projeto FRAG-RIO”, publicado em 29 de setembro de 2008 no Diário Oficial da União. Este projeto foi uma encomenda vertical³ feita pelo MMA ao Fundo Setorial de Recursos Hídricos do Ministério de Ciência e Tecnologia - CT-Hidro, com apoio financeiro da Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP. A partir de então, firmou-se uma parceria técnica e institucional, envolvendo o MMA, as universidades já referidas, executoras do Convênio nº 0108036000, e os órgãos de meio ambiente de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul e o Ibama para o desenvolvimento da pesquisa de aprimoramento metodológico da AAIB do Rio Uruguai.

³ Existem 16 fundos setoriais que destinam recursos para a área de Ciência e Tecnologia. A encomenda vertical indica que a demanda está relacionado a um único fundo, no caso, o CT-HIDRO. Existem ainda as encomendas transversais, em que as demandas se relacionam e demandam recursos a um ou mais fundos setoriais.

2 PROJETO FRAG-RIO

2.1 Objeto

A primeira etapa do Projeto FRAG-RIO está sendo desenvolvida na região do Alto Uruguai, porção da bacia hidrográfica onde se localizam os setores Canoas, Inhandava e Noroeste, identificados e considerados no estudo da EPE⁴, naquele estudo, os mais frágeis ambientalmente, diante da implementação de empreendimentos hidrelétricos. Também será avaliada a região do Uruguai Médio, situada imediatamente a jusante da anterior, na margem brasileira, de modo a contemplar os efeitos que se propagam em rede na bacia do rio Uruguai. A área de abrangência total do estudo é de cerca de 115.000 km².

O objeto do projeto FRAG-RIO é o estudo das fragilidades ambientais que decorrem principalmente da fragmentação da rede hidrográfica, seja por meio de barreiras físicas - devidas à implantação de empreendimentos hidrelétricos, barragens para captação de água para irrigação ou abastecimento, como pela existência de barreiras qualitativas decorrentes de alterações na qualidade da água, por lançamento de efluentes, ou por mudança do regime hídrico (de lótico para lântico), que possam comprometer o desempenho das funções ecológicas nos cursos d' água.

Sob este enfoque, em uma primeira Etapa, o Projeto FRAG-RIO procedeu à análise dos efeitos da fragmentação da rede hidrográfica nas calhas dos rios Uruguai e Pelotas, provocada pela implantação de empreendimentos hidrelétricos com potência acima de 30MW.

Para avaliação dos efeitos de fragmentação da rede hidrográfica da bacia do rio Uruguai, à luz dos cenários de desenvolvimento na bacia, foram consideradas usinas analisadas no estudo da EPE (2007).

Inicialmente, também integrava esse conjunto de empreendimentos o Aproveitamento Hidrelétrico de Iraí, que compõe a carteira de licenciamento ambiental do Ibama, no rio Uruguai. Entretanto, a partir de informações do Ministério de Minas e Energia⁵, por não fazer parte do inventário hidrelétrico aprovado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, em 2004, esse aproveitamento foi excluído do presente estudo.

Dessa forma, para avaliação dos efeitos de fragmentação da rede hidrográfica da bacia do rio Uruguai, serão analisados os seguintes aproveitamentos e usinas hidrelétricas: usinas em planejamento e em fase de licenciamento (Passo da Cadeia, Pai-Querê, Itapiranga), as usinas já implantadas e em fase de implantação (Foz de Chapecó, Machadinho, Itá e Barra Grande) e a usina binacional Garabi, uma vez que essas usinas determinam fragmentação do rio e alteram a condição dos trechos remanescentes de rio contínuo dentro da área de estudo.

⁴ EPE (2007).

⁵ Ofício 63-2009 SE\MME

2.2 Objetivo

Aprimorar metodologia de avaliação de fragilidades ambientais em apoio à gestão ambiental integrada e à tomada de decisão no processo de licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos nas regiões do Médio e Alto Uruguai, no trecho nacional da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai.

2.3 Histórico do desenvolvimento do projeto

O Projeto FRAG-RIO objetiva o atendimento das demandas do MMA, relativas ao aperfeiçoamento da metodologia de AAIB e apoio à elaboração de diretrizes orientadoras para o licenciamento ambiental de empreendimentos na bacia do rio Uruguai. Para tanto, está apoiado na experiência técnica e científica dos pesquisadores das universidades federais do Pampa – Unipampa e de Santa Maria – UFSM, acumulada pela realização de avaliações de impactos cumulativos e sinérgicos na região de interesse deste estudo e, particularmente, pela adoção de uma abordagem metodológica que permite hierarquizar trechos de rios e de bacias com base em análises de fragilidades ambientais, referentes ao potencial de fragmentação do rio.

Cabe realçar que o estudo atual, em desenvolvimento pela Unipampa e pela UFSM, baseia-se numa linha de implantação e consolidação metodológica progressiva.

No Rio Grande do Sul, a FEPAM, em conjunto com UFRGS, iniciou os trabalhos de avaliação ambiental integrada a partir de estudo dos inventários da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas (FEPAM, 2001). Posteriormente, devido à evolução dos debates acadêmicos e das demandas do licenciamento ambiental, a FEPAM e a UFRGS revisaram vários aspectos deste trabalho para a aplicação no estudo da Bacia 75, rios Ijuí, Piratinim, Icamauã e Butuí (FEPAM, 2004).

Paralelamente a estas experiências, a UFSM estava finalizando o estudo de fragilidades ambientais para inventário de barragens para irrigação na Parte Norte do Rio Grande do Sul, efetuado pela UFSM (UFSM, 2002). Este trabalho resultou na publicação do livro "Seleção Ambiental de Barragens: análise de favorabilidades ambientais em escala de bacia hidrográfica", editado em 2005 pela Editora da UFSM e pela Associação Brasileira de Recursos Hídricos (Silveira & Cruz, 2005). Outra etapa de aperfeiçoamento metodológico da Avaliação Ambiental Integrada foi alcançada com o desenvolvimento pela FEPAM e UFSM da "Análise de Fragilidades Ambientais da Bacia Hidrográfica dos Rios Apuaê e Inhandava (U-10), Situada na Região Hidrográfica do Rio Uruguai" (FEPAM, 2005).

2.4 Histórico do Desenvolvimento do Modelo Conceitual

A perspectiva de Avaliação Ambiental Integrada de Bacias Hidrográficas, ora em desenvolvimento, consiste em realizar uma análise integrada de uma bacia hidrográfica à luz de uma abordagem metodológica que permita hierarquizar trechos de rios e de bacias com base em análises de fragilidades ambientais (ou favorabilidades), referentes ao potencial de fragmentação do rio. Isto é realizado em uma etapa anterior ao processo de Licenciamento Ambiental, ou seja, ainda em fase de construção de políticas, planos e programas.

A evolução dessa perspectiva passa pela construção de soluções que levam em conta a heterogeneidade das bases de dados, as diferenças regionais, estaduais e

institucionais, bem como a identificação de variáveis que consideram as diversidades de ambientes regionais e que sejam significativas e sensíveis para a identificação de gradientes ambientais relacionados à implantação de barramentos. Uma primeira questão para o processo de evolução refere-se às dificuldades técnicas para integrar informações que permitam uma efetiva avaliação ambiental integrada de bacias hidrográficas. Nessa situação, os estudos devem buscar identificar variáveis indicadoras, igualmente disponíveis para a região de estudo como um todo, cujos atributos possam ser distribuídos de forma contínua na área de estudo da bacia e que, ao mesmo tempo, forneçam informação relevante ao processo decisório, ou seja, que reduzam a quantidade de incerteza presente no ambiente de decisão.

Outra questão a ser trabalhada é a identificação de indicadores que possam melhorar o entendimento do sistema, que considere os efeitos de fragmentação e sinergia, oriundos da implementação de obras de infra-estrutura hídrica, na tentativa de acompanhar os avanços conceituais na ecologia de rios nos últimos anos e outros novos avanços no conhecimento ambiental.

Para o desenvolvimento do modelo conceitual cabe ressaltar que, no Rio Grande do Sul, as experiências foram sempre desenvolvidas em permanente diálogo como o setor de licenciamento do órgão ambiental, a Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEPAM. Isto proporcionou a progressiva e efetiva incorporação do modelo pelo corpo técnico daquele órgão, o que favoreceu sua efetiva incorporação como instrumento de subsídio à tomada de decisão no âmbito do licenciamento ambiental.

Ressalta-se que a metodologia foi capaz de produzir orientações para o licenciamento ambiental da FEPAM baseando-se nas informações disponíveis e adequando-se a um contexto de ausência ou carência de dados, o que se verifica na maior parte das bacias hidrográficas brasileiras.

Esta realidade descarta a aplicação de modelos numéricos, uma vez que estes não podem ser adequadamente calibrados em razão da carência de séries temporais de dados, compatíveis com uma redução de incertezas para a análise de impactos cumulativos e sinérgicos, e que permitam a segmentação de trechos de rios e bacias para fins de hierarquização e zoneamento ambiental.

Assim, o desenvolvimento metodológico foi dirigido para a combinação de zoneamento hierárquico, efetuado com base em análise multicritério, com a utilização da informação referente à segmentação de trechos de rios, de acordo com disponibilidade do mesmo para abrigar habitat de peixes migradores, utilizados como variáveis indicadoras das fragilidades em rede da bacia hidrográfica.

Uma contribuição acadêmica significativa para o aperfeiçoamento metodológico foi dada em 2004, quando foi publicado o artigo que enuncia a hipótese da dinâmica de rede (Benda et al., 2004b) e sintetiza os estudos que demonstram a importância dos efeitos de confluência sobre a riqueza de habitats dos rios e sobre a não-linearidade das propriedades dos mesmos em sentido longitudinal. O artigo atualizou a discussão referente à hipótese do rio contínuo, o que já vinha sendo discutido por vários autores (p.e. Bretschko, 1995 e Ward, 1998) desde o seu enunciado por Vannote et al. (1980).

A publicação deste trabalho se deu no momento em que a execução do projeto da Bacia 75 encontrava-se em sua fase final. Não obstante, permitiu, posteriormente, que a equipe técnica da UFSM, juntamente com a da FEPAM, buscasse uma solução

criativa para produzir índices de fragilidade com as variáveis relacionadas à geometria das confluências entre rios. Esta atualização metodológica colocou a análise de fragilidades ambientais utilizada na bacia U-10 em consonância com o estado da arte para as teorias de ecologia de rios. Ao mesmo tempo, se demonstrou viável de implementação mesmo em bacias com realidade de carência de dados, apenas demandando para isso um processamento mais longo de dados, uma vez que ainda não existe método automatizado capaz de obter as leituras geométricas para cada confluência na rede de drenagem. Além dos avanços metodológicos mencionados, destaca-se, no estudo da U-10, a separação dos indicadores dos meios aquático dos referentes ao meio terrestre, na análise de fragilidades.

Os estudos do Taquari-Antas, Bacia 75 e U-10, situados na linha do tempo, representaram passos importantes no desenvolvimento metodológico de Avaliação Ambiental Integrada de Bacias Hidrográficas em realidade de carência de dados. Estes passos foram dados no contexto de desenvolvimento de uma estratégia de manejo adaptativo, em que cada passo foi embasado na análise e crítica da anterior e incorporação de novas perspectivas teóricas. Em todas essas abordagens, as análises produzidas permitiram ao órgão ambiental a formulação de diretrizes para orientar o licenciamento ambiental ainda em fase de análise de inventários.

Neste momento, o FRAG-RIO se propõe a proceder outros avanços metodológicos, particularmente no que concerne ao meio terrestre. Assim, a evolução metodológica buscará desenvolver os aspectos referentes à conservação da biodiversidade, que demanda a identificação de novas variáveis indicadoras para tratar, por exemplo, da densificação dos vetores de acesso aos recursos naturais; ou ainda, variáveis que representem o risco para a biodiversidade, como o aumento das malhas de transporte e de linhas de transmissão de energia; e variáveis que traduzam as interações entre áreas protegidas (unidades de conservação, terras indígenas e quilombos) e seus entornos.

Neste relatório, referente à primeira etapa, estes avanços ainda estão na fase de estudos de análise da cartografia disponível e de construção de variáveis indicadoras, devendo ser implementados ao longo da segunda etapa. No entanto, alguns indicadores foram já aperfeiçoados nesta etapa, como a inclusão das Zonas de Amortecimento das Unidades de Conservação de Proteção Integral, não consideradas no estudo efetuado para a bacia dos rios Apuaê-Inhandava (FEPAM/UFSM, 2005). Também em alguns indicadores do meio antrópico, envolvendo os índices relacionados à pressão fundiária, infraestrutura, inclusão de indicadores municipais para a presença de acampamentos indígenas e comunidades quilombolas e sobre o impacto da fragmentação da drenagem sobre as populações tradicionais de pescadores.

2.5 Caracterização da Área de Estudo na Etapa I

2.5.1 Localização

Em 1997, foi criada a Lei 9.433/97⁶ que define a bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Também consta nesta Lei que a gestão dos recursos hídricos deve se dar de forma integrada, descentralizada e participativa, considerando os aspectos sociais, econômicos e ambientais da bacia.

Com a bacia como unidade de gestão, definiu-se a divisão hidrográfica a ser adotada pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH. A Divisão Hidrográfica Nacional foi instituída pela Resolução do CNRH N° 32 de 2003⁷, dividindo o país em 12 grandes regiões hidrográficas, a saber:

- Amazônia
- Atlântico NE Ocidental
- Atlântico NE Oriental
- Parnaíba
- Tocantins/ Araguaia
- São Francisco
- Atlântico Leste
- Paraguai
- Paraná
- Atlântico Sudeste
- Uruguai
- Atlântico Sul

A Região Hidrográfica do Uruguai (Figura 2-1) é a menor delas, correspondendo apenas a 2% do território brasileiro. Porém, apesar de sua pequena extensão territorial, as atividades agroindustriais e o potencial hidrelétrico colocam a Região Hidrográfica do Uruguai em um lugar de destaque no cenário nacional.

⁶ BRASIL – Lei 9433 de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

⁷ CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CNRH. RESOLUÇÃO N°. 32, de 15 de outubro de 2003 – Institui a Divisão Hidrográfica Nacional.

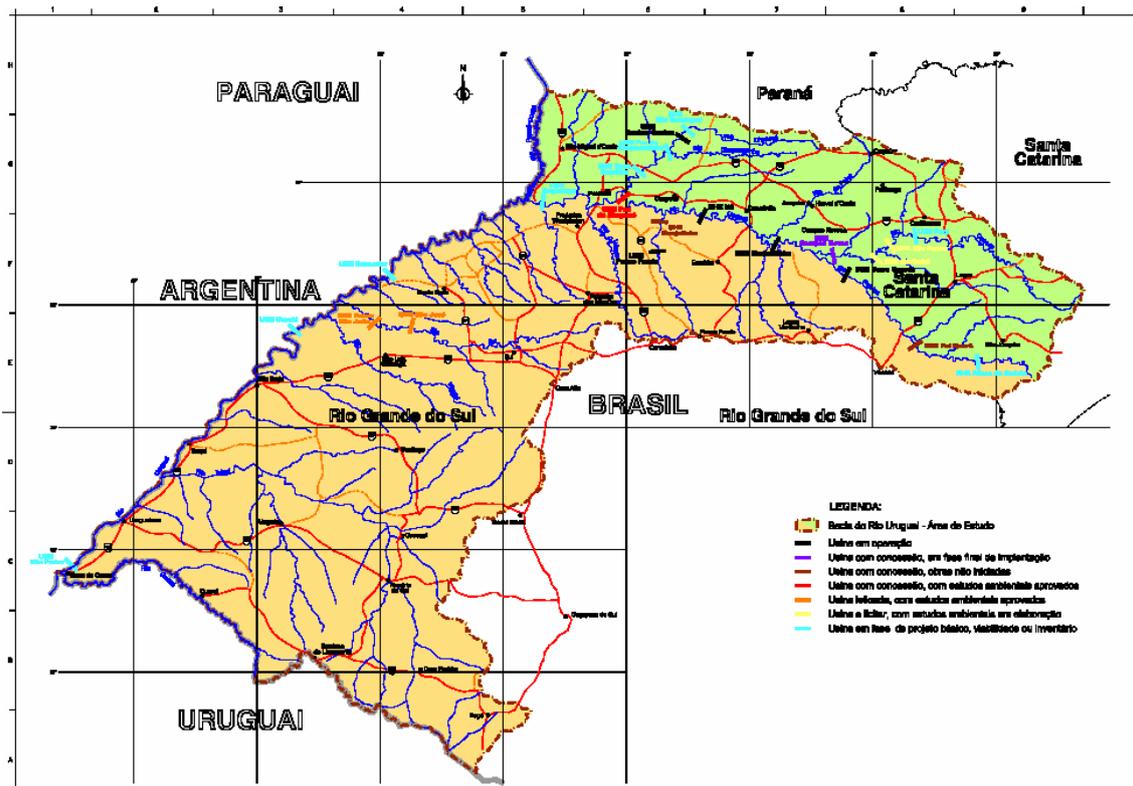


Figura 2-1 Região Hidrográfica do Uruguai. Fonte: EPE (2007)

A área total da bacia do rio Uruguai é de 385.000 km², sendo que 45% está situada em território nacional, perfazendo 174.412 km². A região hidrográfica do Uruguai, em território brasileiro, abrange porções dos estados do Rio Grande do Sul (73%) e Santa Catarina (27%). A vazão média anual da Região Hidrográfica do Uruguai corresponde a 2,6% da disponibilidade hídrica do Brasil.

De acordo com SRH(2006), o Rio Uruguai é formado da confluência do rio Pelotas com o rio Canoas, a partir daí percorre um percurso de 2.200km de extensão, até a sua foz no estuário do rio da Prata. Após a confluência de seus formadores, o rio Uruguai escoar na direção leste-oeste constituindo a divisa entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Recebe importantes contribuições dos rios do Peixe, Irani, Chapecó e Antas (margem direita ou Catarinense) e ainda dos rios Apuaê (ou Ligeiro), Inhandava (ou Forquilha), Passo Fundo, da Várzea e Guarita (afluentes da margem esquerda ou Gaúcha). Ao receber as águas do rio Peperi-Guaçu, toma a direção sudoeste, passando a seu trecho fronteiriço, onde recebe as seguintes afluições, todas pela margem esquerda (em território nacional): Turvo, Santa Rosa, Santo Cristo, Ijuí, Icamaquã, Piratini, Butuí e Ibicuí. Após a afluição do rio Quaraí, deixa de banhar o território brasileiro, dirigindo-se para o sul, passando a dividir a Argentina e o Uruguai, até sua foz. Na Figura 2-2 apresenta-se o perfil do rio Uruguai.

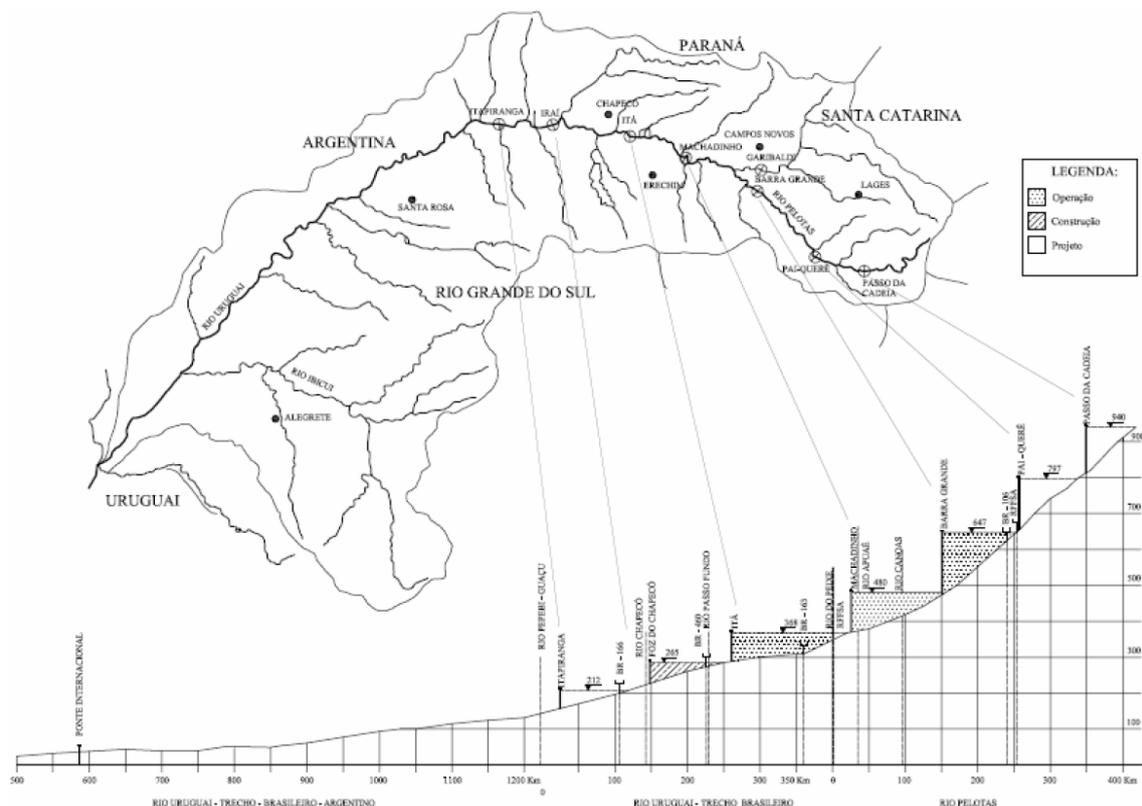


Figura 2-2 Perfil do rio Uruguai em território brasileiro

Devido a sua extensão e diversidade paisagística, a Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, pode ser seccionada em quatro grandes sub-bacias e estas, em recortes menores (Secretaria Nacional de Recursos Hídricos - SRH, 1998). As quatro grandes sub-bacias do rio Uruguai são: Uruguai Alto, Uruguai Médio, Ibicuí e Negro (Figura 2-3). A Tabela 2-1 apresenta as divisões do rio Uruguai em sub-bacias de nível 1 e nível 2 com suas respectivas área de extensão.

Tabela 2-1: Compartimentação da bacia hidrográfica do Uruguai e suas respectivas áreas.

Bacia Hidrográfica	Área em km ²	Sub-bacia nível 1		Sub-bacias nível 2	
		nome	Área (km ²)	nome	Área (km ²)
Uruguai	174.118	Uruguai - alto	76.209	Pelotas	13.227
				Canoas	14.898
				Uruguai alto	48.084
		Uruguai médio	47.581	Uruguai 1	10.810
				Ijuí	10.849
				Uruguai 2	16.465
		Ibicuí	47.320	quarai	9.457
				Santa Maria	15.784
		Negro	3.0008	Uruguai 3	31.536
				negro	3.008

Adaptado: SRH, 2006

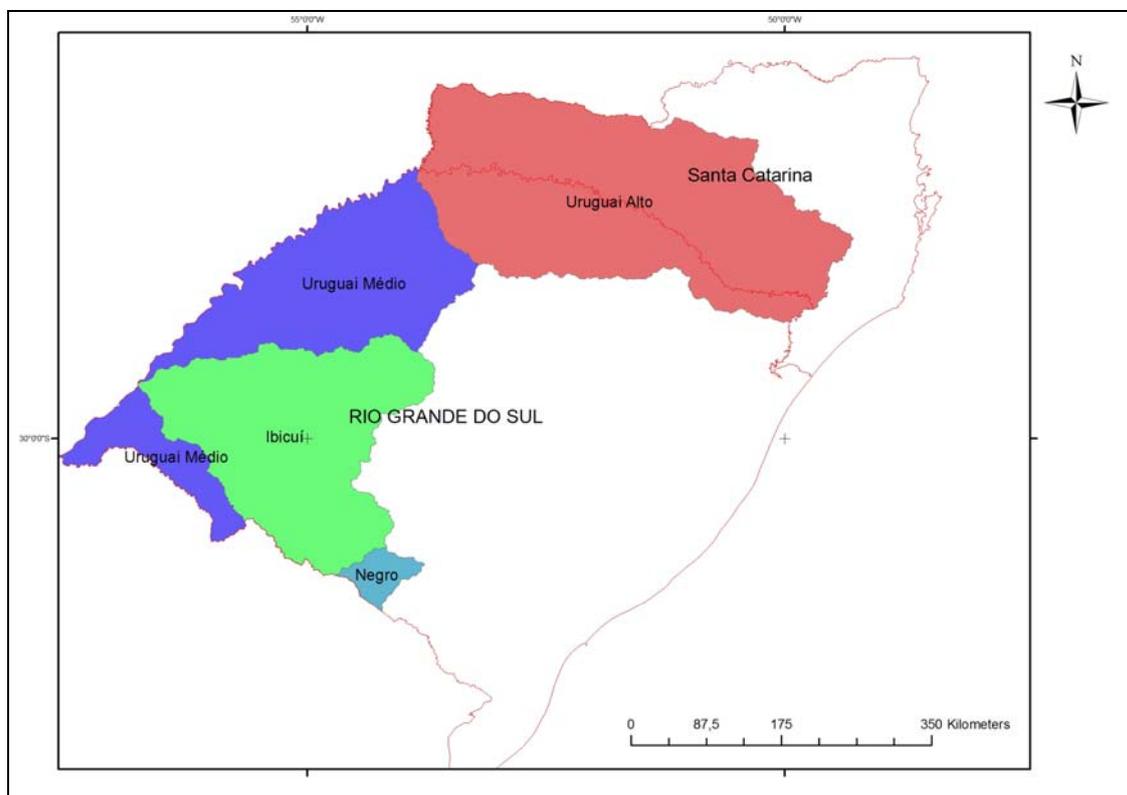


Figura 2-3: Localização da bacia do rio Uruguai e suas sub-bacias.

A Bacia hidrográfica do Alto Uruguai ou Uruguai Alto localiza-se nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, entre as coordenadas $49^{\circ}17'13''\text{W}$ e $53^{\circ}52'31''\text{W}$; e $28^{\circ}46'36''\text{S}$ e $26^{\circ}14'02''\text{S}$.

Segundo a ANEEL (2000) apud MMA (2006), esta Sub-bacia compreende os dois principais tributários formadores do rio Uruguai: rio Canoas e rio Pelotas em trecho que ocorre inteiramente em território brasileiro. Compreende uma área de 76.209 km^2 , de relevo com grande declividade, com cotas variando de cerca de 1800m a 160m . Os mais populosos municípios da região são Lages e Chapecó.

De acordo com as características físicas e sócio-ambientais, a sub-bacia do Alto Uruguai foi dividida em 3 áreas: bacia do rio Pelotas, Bacia do Rio Canoas e Uruguai Nacional que corresponde a área formada da confluência do rio Canoas com o Pelotas até o exutório do rio Peperi-guaçu (Figura 2-4)

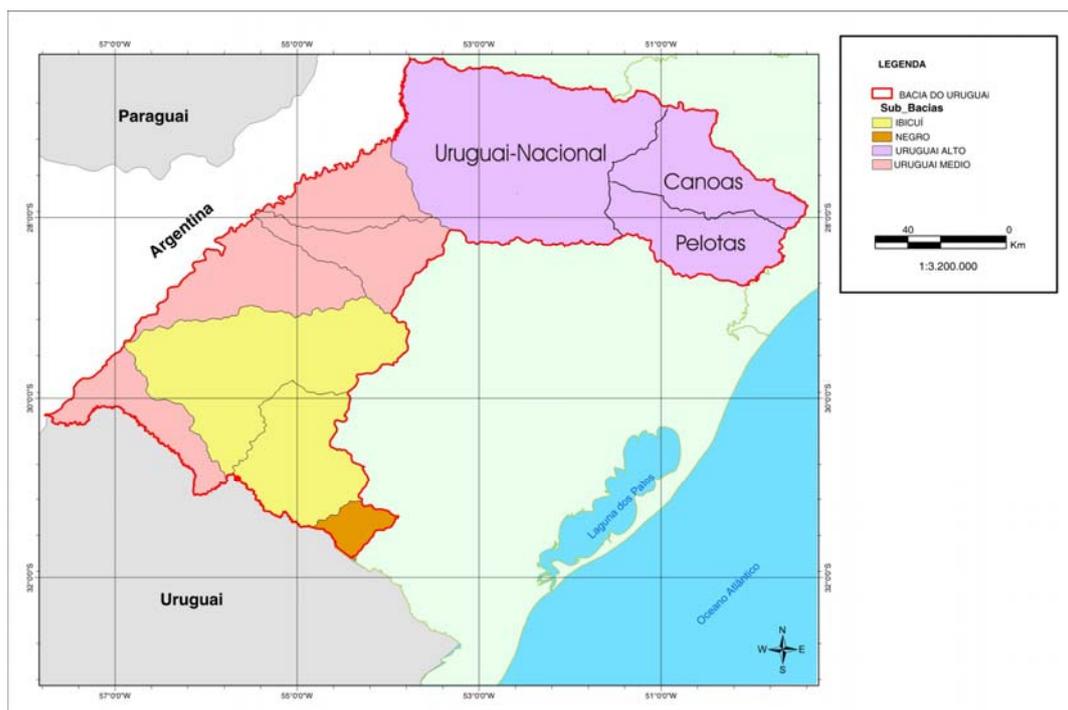


Figura 2-4: Subdivisões da sub-bacia do Alto Uruguai. Fonte: Comitê Nacional de Recursos Hídricos (CNRH resolução nº32 de 15 de novembro de 2003).

Segundo a SRH, a bacia do Rio Pelotas tem área de drenagem de 13.227km². O rio Pelotas faz a divisa entre os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, sendo os principais afluentes pelo lado catarinense (margem direita) são os rios Lava-Tudo, Pelotinhas, Vacas Gordas e Lajeado dos Portões. Já no lado gaúcho, destacam-se os rios Santana e Bernardo José.

Trata-se de uma Bacia com baixa ocupação antrópica, sendo os maiores municípios Vacaria (RS), parcialmente inserido na Bacia, e São Joaquim (SC). Destacam-se a pecuária e o cultivo de maçã na região.

Devido às características hidrográficas da região, com rios de planalto com grande gradiente altimétrico, vales bem encaixados e com rochas duras, esta bacia destaca-se pela capacidade de geração de energia hidrelétrica, tendo já instalada na sua área as UHEs Machadinho e Barra Grande e a possibilidade futura de instalação da UHE Pai Querê, todas no próprio rio Pelotas.

A bacia do rio Canoas banha a região centro leste do estado de Santa Catarina e possui uma área de 14.989km², constituindo-se na maior Bacia do Estado. Possui uma população superior a 500.000 habitantes e tem como principal pólo a cidade de Lages. Economicamente destacam-se as atividades de pecuária, turismo e agricultura. As características hidrográficas com inúmeros rios de planalto apresentam um bom potencial de geração de energia hidrelétrica, sendo que na mesma já está implantada a UHE de Campos Novos, no próprio rio Canoas.

A bacia do Uruguai Nacional é formada a partir da confluência dos rios Canoas e Pelotas até a confluência com o rio e Peperi-Guaçu, esta área possui 48.984km² e compreende a porção do rio Uruguai em território brasileiro.

Está área é a mais populosa com 1.700.00 habitantes, com uma economia fortemente agro-industrial (principalmente aquelas atividades referentes à suinocultura) e com os mais sérios problemas ambientais dentro da bacia do Alto - Uruguai.

Apesar de cotas altimétricas mais modestas e um relevo mais suave, sem grandes desníveis e com vales nem tão encaixados, a Bacia apresenta um grande vocação para geração de energia hidrelétrica, sendo que parte deste potencial já foi alocado: UHE Passo Fundo, no rio de mesmo nome, UHE de Itá, no rio Uruguai, são apenas alguns exemplos do potencial desta região para geração de energia, sendo ainda possível à instalação de outros parques de geração de energia.

De acordo com MMA (2006), a qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai pode ser considerada boa, principalmente quando comparada à realidade de outras regiões hidrográficas do país.

Dentro desta visão as principais fontes de poluição na Bacia são as seguintes: esgotos domésticos provenientes dos centros urbanos, efluentes industriais provenientes da região de mais elevada concentração industrial; efluentes da criação de suínos, com ocorrência restrita às áreas de criação e efluentes agrícolas, provenientes das lavouras irrigadas ou não.

2.5.2 Caracterização Física

2.5.2.1 Clima

De acordo com RADAMBRASIL (1986, 2005) o clima da Bacia hidrográfica do Alto - Uruguai é temperado, apresentando uma regular distribuição de chuvas durante todo o ano, porém com alguma elevação no período de maio a setembro, coincidindo com o inverno. Segundo Nimer (1989) a precipitação média anual é de 1.784mm, com temperatura média anual variando entre 16 e 20°C, e evapotranspiração média anual de 1.041mm.

A disponibilidade hídrica natural da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai é muito influenciada por importantes variações espaciais e temporais de alguns dos parâmetros climáticos, como o regime pluviométrico, o que se reflete nas atividades desenvolvidas, principalmente na agricultura. (MMA, 2006)

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da Bacia é classificado como Cfa e Cfb. Em ambos os casos comportam-se como uma região de Clima Temperado, onde a temperatura do mês mais frio oscila entre -3° e 18°C, apresentando chuvas em todas as estações.

Nas áreas onde a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C, o clima é classificado como sendo subtropical (Cfa). Essas áreas são aquelas onde o relevo é mais baixo, próximas ao rio Uruguai. Em contraponto nas áreas de temperatura do mês mais quente inferior a esta, ou seja, nas partes mais altas da Bacia, o clima é temperado – Cfb (Nimer, 1989).

Para toda a Região Sul, a circulação atmosférica refere-se aos sistemas de massas de ar tropicais e polares, que é regulada pelo choque das mesmas (frente polar). As principais massas de ar que atuam nesta região são Tropical Atlântica (Ta), Polar Atlântica (Pa), Tropical Continental (Tc) e Equatorial Continental (Ec), sendo que as duas primeiras predominam (Nimer, 1989)

De acordo com IBGE (1977) a influência da Massa Tropical Atlântica sobre as temperaturas ocorre parte do ano, durante os meses de inverno a influência da Massa Polar Atlântica assume importância na definição do clima, sendo sua intensidade e inter-relação com a Massa Tropical variáveis a cada ano, gerando ora invernos com temperaturas baixas durante grande parte da estação, ora grandes variações climáticas, com contrastes térmicos. No verão, pode haver a influência da Massa Equatorial Continental, principalmente nas áreas mais ao norte da bacia.

Crítérios topográficos e de relevo também influenciam localmente as temperaturas e a formação de centros de mínimas e máximas, como nas cabeceiras dos rios Pelotas e Canoas e o vale do rio Uruguai. O vale do Uruguai, devido ao efeito de continentalidade, apresenta temperaturas mais elevadas comparativamente com o restante dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O gradiente de variação das temperaturas varia conforme o relevo: há uma variação mais brusca nas regiões de cabeceiras, onde o relevo é mais movimentado, e uma maior uniformidade na temperatura quando o relevo suaviza. As temperaturas mais baixas ocorrem no período de junho a agosto e as mais elevadas de dezembro a fevereiro (FGV, 1998 apud MMA, 2006)

Na área do Alto - Uruguai, a insolação, que vem a ser o número de horas de brilho solar, sofre o efeito orográfico que produz um forte gradiente no sentido do litoral para o interior. Afetada pelos elementos orográficos, a insolação irá afetar a nebulosidade e será afetada por ela, que, na região, diminui em cerca de 40 a 50% o total das horas de insolação ao ano.

Assim, as áreas em torno de Vacaria (RS) são as que apresentam menor insolação anual, enquanto que, na planície do rio Uruguai, a insolação atinge seu valor máximo, com mais de 2.500 horas anuais (RADAMBRASIL, 1986).

Na Bacia do Alto Uruguai, em geral, as diferenças entre os valores mensais extremos de umidade relativa não são expressivas, apresentando-se com valores mais baixos no verão (entre 50 e 60%) e mais elevados no inverno (acima de 75%). Na planície do rio Uruguai, em virtude da menor altitude e da maior continentalidade, a umidade relativa costuma ser mais baixa (mínimas de 50% em Uruguaiana) do que a correspondente às áreas das nascentes, próximas ao planalto – mínimas de 65% em Erechim (FGV, 1998 apud MMA, 2006).

De acordo com SEMC (2008), Nimer (1989) e RADAMBRASIL (1986 e 2003), os ventos predominantes na Bacia são de leste ou de nordeste (alísios). Isso se deve a existência de um centro de alta pressão sobre o Atlântico Sul, entre os paralelos 20° e 40°, e de uma zona de baixa pressão sobre o continente, determinando a formação de correntes de ar nestes sentidos.

No verão, predominam os ventos do leste, com mais constância e regularidade. No outono, há equilíbrio entre os valores de pressão do continente e do oceano, quase não ocorrendo ventos. No inverno, apesar do deslocamento da zona de altas pressões para o norte, predominam os ventos do leste, embora apresentem menor intensidade que aqueles provenientes do oeste. O “Minuano”, vento de sudoeste, apresenta pequena duração e aparições periódicas, mesmo na região da Campanha, onde é mais observado. Finalmente, na primavera permanece o regime misto de ventos leste - oeste, com predomínio dos primeiros. É a estação com maior incidência de ventos, principalmente nos meses de setembro e outubro.

Segundo RADAMBRASIL (1986), IBGE (1977) e Nimer (1989), a Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai apresenta um regime de precipitações marcado por uma distribuição regular de chuvas ao longo do ano, com totais mensais superiores a 60 mm, sem ocorrência de grandes extremos: máximos ou mínimos.

A Sub-bacia do Alto Uruguai é a mais chuvosa, sendo que Santo Augusto, Ijuí e Erechim no Rio Grande do Sul, Herval do Oeste, São Miguel do Oeste e Xanxerê, em Santa Catarina, são as estações que apresentam os maiores totais anuais (IBGE, 1977).

O regime de chuvas de uma região é muito influenciado pelos deslocamentos das massas de ar e pelo relevo regional. Assim, a formação de chuvas na região apresenta comportamentos característicos para os períodos de inverno e verão, bem como para as regiões de relevo mais elevado e acidentado ou mais plano e baixo. Quanto às estações do ano, o documento da FGV (1998) indica que a gênese das chuvas de inverno é diferente das que ocorrem no verão: as chuvas de inverno são decorrentes da aproximação de um anticiclone (zona de alta pressão), que desloca as áreas de depressão, estas originando chuvas.

Durante o inverno, devido à intensificação de circulação secundária do ar, as penetrações das massas de alta pressão são mais violentas, freqüentes e duradouras, gerando chuvas mais prolongadas e com maior ocorrência.

Os anticiclones mais freqüentes, que correspondem a tempo mais seco e que sucedem às chuvas na região, são as Massas Polar Atlântica e Pacífica. Durante o verão, os anticiclones decrescem em valor e freqüência, passando a atuar, então, novos fatores na formação das chuvas, dentre os quais se destacam os ventos alíseos, que soprando do Atlântico, transportam ar úmido que vai formar as chuvas de verão, com trovoadas, grande intensidade e baixa duração.

Quanto à influência do relevo, o diagnóstico da FGV (1998) apresenta que a orografia é um fator importante na formação de chuvas: Cidades como Iraí, Soledade, Campos Novos, Xanxerê e Chapecó, essencialmente, em razão do efeito orográfico, apresentam precipitações mais elevadas do que outras localidades próximas (Figura 2-5). Nas áreas mais planas as chuvas são menores com registros de estiagens devidas à baixa umidade dos ventos que sopram nesta área. Apesar destas variações no comportamento temporal e regional da precipitação, a análise do regime de chuvas não permite caracterizar um período de estiagem característico, já que os valores médios mensais de precipitação são muito próximos entre si. O que pode ser constatado é um acentuado déficit de umidade nos meses de verão, já que os valores de evaporação superam os de precipitação.

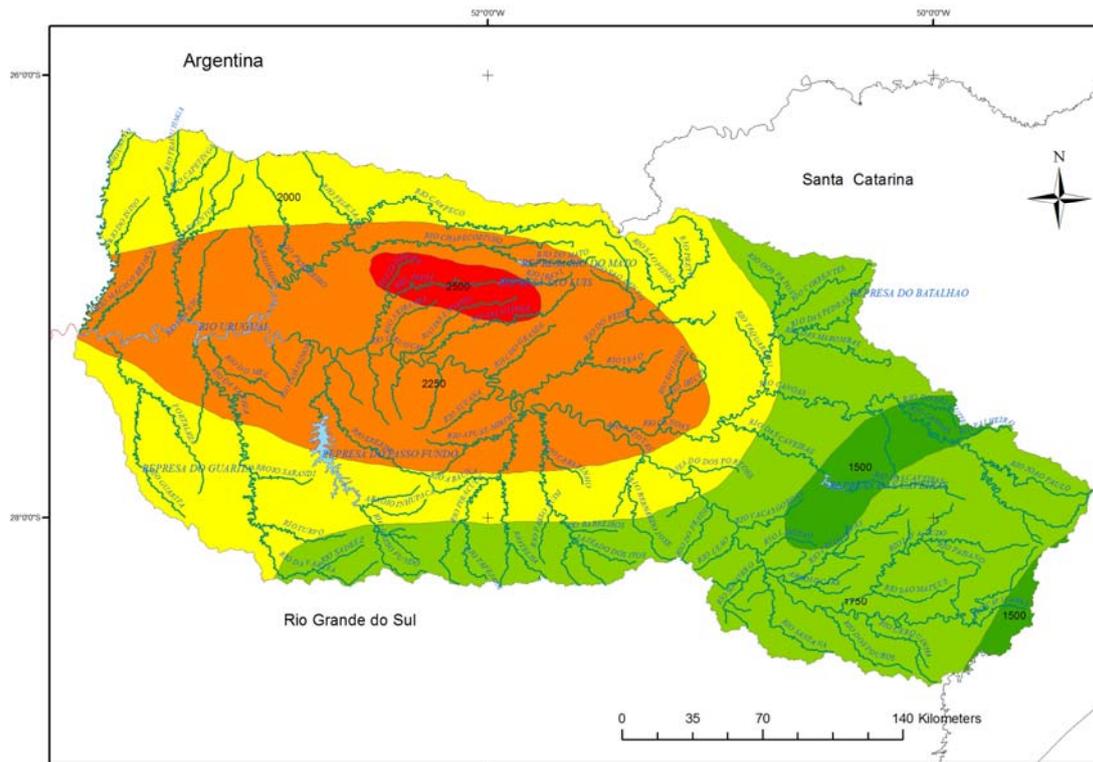


Figura 2-5: Precipitações máximas ocorridas na bacia. Valores de precipitação em mm indicados no mapa. Modificado de IBAMA (2007).

A evapotranspiração é fortemente influenciada pela temperatura média mensal, havendo uma correlação clara entre os valores apresentados por essas duas variáveis climáticas. A relação entre os valores médios de precipitação e os de evapotranspiração serve para caracterizar a deficiência de umidade que ocorre em alguns municípios catarinenses que apresentam evaporação superior à precipitação como Fraiburgo, Lages, Urubici e Videira, sendo o mês de dezembro pouco chuvoso, observando-se em janeiro superávit de umidade (FGV, 1998). Os meses de inverno apresentam diferenças significativas de precipitação em relação à baixa evapotranspiração, sendo naturalmente o período de excesso hídrico.

2.5.2.1.1 *Eventos Climáticos Críticos*

Secas e Estiagens

Os períodos de maiores secas na Bacia do Uruguai estão associados aos períodos de pouca ocorrência de precipitações de forma muito instantânea. Isso quer dizer que, devido à baixa capacidade de armazenamento da Bacia e a grande profundidade dos mananciais subterrâneos mais volumosos, o regime de vazões é muito dependente do regime de chuvas.

Os eventos de estiagens registrados nos verões de 2003/2004 e 2004/2005 apontam que os usos da água na Bacia operam com elevado índice de risco. Segundo a Defesa Civil do Rio Grande do Sul, no verão de 2004/2005 praticamente a totalidade dos Municípios da Bacia decretaram em situação de emergência devido à estiagem. Os casos mais graves foram nas áreas de plantio de soja não irrigada, onde a perda foi ainda

maior; e, o mais, grave, os problemas de abastecimento na região norte da Bacia, onde houve sério e intenso racionamento.

Além disso, são frequentes os relatos que elevada exploração dos cursos de água da Bacia, principalmente na área de concentração rizícola, de modo a rebaixar os níveis dos rios a cotas inferiores às que podem ser registradas nas estações fluviométricas. Assim, percebe-se que os eventos de extremas estiagens, quando ocorrem, têm tido seu efeito potencializado pela elevada utilização dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica, porém estas informações ainda não vêm sendo sistematizadas, de modo a se obter um histórico desses eventos, a não ser pelos registros de situação de emergência da Defesa Civil, já mencionados. Assim, não se pode afirmar com certeza qual a causa destes eventos, mas percebe-se que são eventos pontuais, que vêm assumindo a tendência de se tornarem cíclicos.

Enchentes

As enchentes na Bacia do Rio Uruguai atingem, principalmente, às populações ribeirinhas ao longo do curso principal e também de alguns outros contribuintes, como o rio Chapecó. As cidades mais atingidas são Marcelino Ramos e Iraí, no Rio Grande do Sul, e Chapecó, Xanxerê, Joaçaba, Lages, Campos Novos, em Santa Catarina. Como normalmente ocorrem, as áreas sujeitas às enchentes estão ocupadas pela população urbana de baixa renda, agravando os problemas sociais já existentes.

Em 1998, a FGV, alertava que “não há um sistema preventivo que possa minimizar o impacto destas cheias”. Ainda hoje não há qualquer sistema, seja de prevenção ou previsão que ajude a gerenciar a questão das cheias e minimizar as importantes perdas, principalmente da agricultura, e também não há ações, programas e estudos atualizados que apontem alternativas de solução, seja de forma preventiva ou corretiva. Apesar de haver alguma concentração do período mais chuvoso entre os meses de maio e setembro, as enchentes na região ocorrem em qualquer mês do ano.

A ocorrência das enchentes é condicionada por dois fatores: intensidade da chuva e topografia. A combinação destes fatores determinará a formação das ondas de cheias de forma diferenciada em cada um dos trechos principais da Bacia:

Na parte superior da Bacia, onde a declividade é alta e os tempos de deslocamento das enchentes são pequenos, estas podem decorrer de precipitações intensas e mais localizadas (FGV, 1998).

Segundo a FGV (1998), as maiores cheias registradas na Bacia do Rio Uruguai são a de 1965, no trecho alto, que atingiu as localidades de Itá e Marcelino Ramos.

Também se observa que no trecho alto não tem se verificado eventos de cheias, o que pode ser atribuído a implantação de UHE's como Itá e Machadinho.

Apesar de já existirem estudos de zoneamento de passagem de cheias para a Bacia, nenhum deles foi posto em funcionamento e a população mais carente, juntamente com áreas agrícolas, continuam sofrendo com eventos de cheias.

2.5.2.2 Geomorfologia

De acordo com RADAMBRASIL(1986, 2005) e Ross (2003), a bacia do alto Uruguai esta inserida dentro dos domínios das bacias e coberturas sedimentares, corresponde, em termos geológicos, à Província Paraná que configura uma entidade

morfoestrutural responsável, em grande parte, pelos arranjos de relevo ocorrentes na Região Sul do Brasil.

Corresponde esta entidade a um vastíssimo planalto monoclinal, inclinado para o oeste em consequência do mergulho das rochas da Província Paraná que, em sua parte oriental, apresentam tal sentido. Esse fato faz as cotas altimétricas variarem de 1.200 m, na parte leste, até aproximadamente 150 m nas porções mais ocidentais.

A denominação genérica de planalto dada à superfície encerra algumas diferenças nas feições geomorfológicas existentes, sendo encontradas tanto áreas intensamente dissecadas quanto fracamente dissecadas, bem como extensas áreas planas. A presença de litologias de resistências diferentes gerou, neste subdomínio, duas linhas de escarpas que, em alguns trechos, constituem cuestras.

O RADAMBRASIL (1986) utilizou quatro taxons ou níveis de detalhamento para realizar o mapeamento geomorfológico: o 1º táxon refere-se aos Domínios Morfoestruturais; o 2º táxon às Regiões Geomorfológicas; o 3º táxon às Unidades Geomorfológicas e o 4º táxon aos Setores Geomorfológicos. O Quadro 2-1 apresenta um resumo dos taxons para a Bacia do Alto Uruguai.

Quadro 2-1: Geomorfologia da Bacia do Alto Uruguai. RADAMBRASIL (1986)

1º Táxon	2º Táxon	3º táxon	4º Táxon
Domínio Morfo-estrutural	Regiões Geomorfológicas	Unidades Geomorfológicas	Setores Geomorfológicos
<p>Domínio Morfo-estrutural Das Bacias e Coberturas Sedimentares:</p> <p><i>Geologicamente embasado sobre as rochas da Bacia do Paraná - Forte controle Estrutural</i></p> <p><i>Dissecação Diferenciada devido ao controle estrutural - Basculamento Leste-oeste</i></p> <p><i>Formas mais Comuns: Coxilhas e Escarpas</i></p>	<p>Planalto das Araucárias: <i>Assenta-se sobre rochas efusivas ácidas da Formação Serra Geral (JK)</i> <i>Controle estrutural proeminente</i> <i>Formas heterogêneas</i> <i>Amplas e aplainadas ou dissecadas ou vales profundos e dissecados</i></p>	<p>Planalto dos Campos Gerais <i>Área de grande altitude (acima de 500 metros)</i> <i>Oeste: Relevo plano, com erosão areolar predominante, interflúvios escarpados e linhas estruturais domina a disposição dos cursos d'água</i> <i>Leste: Erosão diferencial produz vales profundos encaixados em linhas de falhas. Linhas de pedras "Stone lines" presente em toda a área</i></p>	<p>Setor Vacaria <i>Corresponde a porção do interflúvio do rio pelotas e rio das antas.</i> <i>Relevo mais homogêneo, com amplas áreas de dissecação entrecortadas por vales profundos (D1), originados dos fortes controles estruturais locais</i></p>
		<p>Planalto Dissecado Iguaçu- Uruguai <i>Desenvolveu-se sobre rochas Efusivas Básicas (basaltos), apresenta dissecação mais intensa, com formação de vales profundos</i></p>	<p>Setor Catarinense <i>Corresponde a porção norte do planalto dos campos gerais. Área com desnível considerável (D1) formados por colinas de topos planos e relevo mais suavizado. Presença de Stone lines</i></p>
		<p>Planalto das Missões <i>Formas homogêneas: colinas suaves, arredondadas. Assentadas sobre rochas básicas</i></p>	<p>Planalto de Santo Ângelo: <i>Assenta-se sobre rochas efusivas básicas e Arenitos da Formação Tupaciretã (estes maias ao sul da Área)</i> <i>Dissecação homogênea, com vales fluviais com profundidade baixa (D1) e formas arredondadas; Coxilhas</i> <i>Presença de Áreas com dissecação mais aprofundada (D2) (Coxilha do Espinilho)</i> <i>Presença de Processos de Vosorocamento e Ravimaneto Significativos assentados sobre as áreas de ocorrência da formação Tupaciretã.Área de Acumulação no exultorio do Rio Uruguai</i></p>
	<p>Planalto Centro-Oriental de Santa Catarina: <i>Geologicamente situa-se sobre rochas sedimentares das formações Botucatu e Rio do Rastro, com controle estrutural forte, que controlam a drenagem do Rio Canos e Seus tributários</i></p>	<p>Planalto de Lages: <i>O forte controle estrutural, aliado a presença do Domo de Lages, proporciona um controle de drenagem bastante vigoroso, que ocasiona relevos com dissecação forte (D2), e a presença de formas de alongadas de topo convexo e vertentes íngremes. O Rio canoas apresenta por conta disse uma forma de vale em V com presença de estreita faixa de terraços fluviais</i></p>	

De acordo com mapeamento do RADAMBRASIL (1986 e 2005), a bacia do Alto Uruguai apresenta os seguintes compartimentos geomorfológicos: Planalto Centro Oriental de Santa Catarina, Planalto das Araucárias e Planalto das Missões.

2.5.2.2.1 Planalto Centro Oriental de Santa Catarina

São áreas que ocupam a porção Centro Leste de Santa Catarina. Este Planalto acenta-se sobre as litologias da formação Botucatu e Rio do Rastro, com forte controle estrutural,

Pontualmente, ocorrem à presença de importante elemento geomorfológico que é o chamado Domo de Lajes que se constitui de uma intrusão geológica, exibindo padrão de drenagem radial centrífugo, decorrente das intrusões de rochas alcalinas. O relevo predominante é suave ondulado (coxilhas), podendo caracterizar a presença de morros testemunhos de arenitos da Formação Botucatu.

A densidade de drenagem é maior onde predominam folhelhos, argilitos e siltitos, o que caracteriza um maior escoamento superficial e menor taxa de infiltração. Nas zonas onde predominam os arenitos, a densidade de drenagem é baixa, ocorrendo elevada taxa de infiltração e pequeno escoamento superficial. São freqüentes os trechos de drenagem controlados por fraturas de origem tectônica, assim como a incidência de olhos d'água e banhados.

2.5.2.2.2 Planalto de Lages

Localizado na região que engloba da cidade catarinense de mesmo nome, o planalto de Lages, tem como características marcantes o forte controle estrutural de sua rede hidrográfica e de sua litologia. Estas condicionantes operam para realizar um trabalho de dissecação diferencial com formas de relevo alongadas de topos convexos e íngremes.

Dentre essas formas, convém salientar as que se localizam as margens do rio Canoas, que apresentam se de maneira delgada, com vales em “v” e aparecimentos de pequenos terraços fluviais.

2.5.2.2.3 Planalto das Araucárias

Corresponde à porção mais oriental do domínio morfoestrutural das bacias e coberturas sedimentares, abrangendo trechos dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Seu relevo apresenta formas esculpidas em rochas efusivas ácidas da Formação Serra Geral. Quando em áreas de rochas efusivas básicas este relevo apresenta-se mais esculpido. Devido a sua heterogeneidade foi subdividido em 4 unidades, sendo que 2 delas são encontradas na área de estudo: Planalto dos Campos Gerais e Planalto Dissecado Iguazu-Uruguai

2.5.2.2.4 Planalto dos Campos Gerais

O Planalto dos Campos Gerais apresenta características de ser uma área ampla e elevada, com as maiores cotas altimétricas registrada dentre as subunidades do Planalto das Araucárias. Em um contexto mais regional, esta unidade apresenta um caimento natural para o oeste.

Localmente este planalto apresenta-se como uma unidade de relevo plana, com leves ondulações, decorrência do seu substrato rochoso efusivo ácido, que impõe grande resistência ao trabalho de erosão.

Outra característica local é ocorrência de um grande número de lineamentos e falhamentos, sendo em ambos os casos ocupados pelos cursos d'água.

De com a mesma publicação, na direção leste da unidade, a dissecação torna-se cada vez mais aprofundada, decorrendo de um trabalho mais elaborado da erosão sobre as linhas estruturais, gerando vales profundos e bastante entalhados.

2.5.2.2.5 Planalto Dissecado Iguazu-Uruguaí

Resultante do trabalho de dissecação dos rios sobre rochas efusivas básicas. Apresenta relevo com grande energia e intenso trabalho de dissecação fluvial sobre as estruturas geológicas.

Na Bacia do Alto Uruguaí, um setor destaca-se: Área de dissecação sobre o Rio Pelotas, que apresenta um controle estrutural muito intenso, originando vales muito encaixados e vales com profundidades maiores que 100 metros, rios com leitos rochosos e de grande energia erosiva.

2.5.2.2.6 Planalto das Missões

Segundo RADAMBRASIL (1986), este planalto ocupa uma porção centro dentro do domínio das bacias e coberturas sedimentares, pois fica a leste do Planalto Campanha e a oeste do Planalto das Araucárias.

Suas formas de relevo são bastante homogêneas, com colinas suaves e arredondadas, esculpidas sobre rochas vulcânicas básicas da formação serra geral. Esta topografia plana e a grande capacidade de alteração dessas rochas possibilitaram o aparecimento de solos de grande profundidade e excepcional capacidade agrícola. Dentro do planalto das missões encontramos a unidade Planalto de Santo Ângelo.

2.5.2.2.7 Planalto de Santo Ângelo

Caracteriza-se por sua dissecação homogênea, com vales pouco aprofundados e por colinas pouco desenvolvidas, conhecidas por coxilhas.

Devido a estas características e a presença da formação sedimentar Tupanciretã, composta por arenitos finos e friáveis, ocorre nesta unidade o aparecimento de voçorocas, sulcos e ravinas, que são um problema ambiental importante na região, pois além de destruir áreas de solos de excelente qualidade, o processo como um todo gera um assoreamento dos canais a jusante das regiões afetadas.

Com base no estudo das formas de relevo, os estudos do RADAMBRASIL (1986) estabeleceram uma tipologia para os processos superficiais predominantes nas diferentes unidades geomorfológicas. Na Bacia do Alto Uruguaí os tipos de comportamento mais comuns são:

A) Acumulação Fluvio-Lagunar ou Colúvio–Aluvionar: são comportamentos apresentados em áreas planas (declividades em 1 e 2°) e baixas, principalmente na área do exultório do rio Uruguaí. Apresentam movimentos de massas localizados e escoamento fluvial concentrado.

B) Dissecação Fraca (D1): são áreas com declividades baixas (10-18°), com relevos predominantemente de coxilhas e formas de entalhamento diferenciadas (de medias a profundas). Presença de processos erosivos aceleradas em áreas de dispersão, principalmente em áreas de deposição geológica pós-Serra Geral. As áreas de maiores ocorrências são os Planaltos da Serra Geral, das Araucárias e das Missões

C) Dissecação média (D2): caracteriza-se pela combinação de vales profundos, escapas e topos aplainados as declividades são maiores que 35°, sendo comuns as declividades superiores a 50°. São encontradas nas áreas dos Planalto das Araucárias e Planalto dos Campos Gerais.

D) dissecação Forte (D3): são áreas de vales com alta taxa de dissecação, muito profundos e declividades superiores a 50°. São encontrados principalmente nas áreas dos planaltos dissecados do Rio Pelotas e em menor proporção em algumas áreas do alto Uruguai.

E) Relevo Aplanado (P): são áreas que apresentam comportamento oriundo da alteração das rochas e de sua posterior derruição. Os relevos aplanados possuem fraca energia de erosão, com pouca dissecação e superfície que varia de plana a muito plana (0-5°). Apresenta como característica um escoamento superficial bastante significativo, que origina o aparecimento de linhas de pedra (stone lines), ou seja, um processo generalizado de denudação da superfície. Esses processos são mais comuns nas áreas do Planalto das Missões e Planalto das Araucárias.

2.5.2.3 Geologia

A área da bacia do Alto Uruguai é composta de rochas que pertencem a Bacia Sedimentar do Paraná, que engloba parte do Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai.

O Quadro 2-2 apresenta um resumo das unidades geológicas da Bacia do Alto Uruguai modificado do mapeamento da CPRM (2003).

Quadro 2-2: Unidades Geológicas da Bacia do Alto Uruguai. Modificado de CPRM (2003)

Era	Período	Grupo	Formação	Tipo litológico
Cenozóico	Quaternário		Depósitos Aluvionares/Coluvionares	Areias, cascalhos
	Terciário		Tupanciretã	Arenitos
Mesozóico	Cretáceo	Caiuá	Intrusões Ígneas =- Lages	Sienitos, carbonatitos
		São Bento	Serra Geral – vulcânicas básicas	Basaltos, andesitos
	Serra Geral – vulcânicas Intermediárias e ácidas		Riolito, riocacitos, dacitos	
	Jurássico	São Bento	Botucatu	Quartzo-arenitos
	Triássico	Passa Dois	Rio do Rasto	Pelitos, arenitos
Paleozóico	Permiano	Passa Dois	Teresina	Siltito argiloso
		Passa Dois	Serra Alta	Argilito, siltito, folhelho
		Passa Dois	Irati	Calcário, folhelho
		Guatá	Palermo	Arenito, siltito
		Guatá	Rio Bonito	Arenito, siltito carbonoso
		Itararé	Indiviso	Arenito, diamictito, folhelho

A Bacia Sedimentar do Paraná é composta de litologias resultantes de processos sedimentares e vulcânicos que se desenvolveram sobre o Escudo, as quais foram englobadas em grupos e formações. O Grupo Itararé, na região, é constituído pela Formação Rio do Sul (folhelhos, argilitos e arenitos finos) e ocorre de modo restrito nos

afluentes da margem direita da Sub-bacia Rio dos Índios, a nordeste da cidade de Lajes (SC), apresentam uma baixa permeabilidade intergranular e de fraturamento.

O Grupo Guatá é representado pelas formações Rio Bonito e Palermo que constituem unidades litoestratigráficas diferenciadas. A Formação Rio Bonito, representada por uma seqüência de arenitos, folhelhos, siltitos, leitos de carvão e eventuais níveis conglomeráticos, é formada por depósitos sedimentares fluvio-deltáicos. Ocorre de modo descontínuo ao longo da margem direita do rio Santa Maria, no extremo sul da região, e a nordeste de Lajes (SC) junto às cabeceiras da Sub-bacia do Rio dos Índios. A variabilidade litológica se reflete na variação espacial da porosidade e permeabilidade. A Formação Palermo, estratigraficamente sobreposta à Formação Rio Bonito, ocorre também de modo descontínuo no mesmo contexto de posicionamento geográfico dessa última unidade litoestratigráfica, sendo representada por seqüências de folhelhos sílticos micáceos com intercalações de arenitos lenticulares finos, o que caracteriza essa unidade como de limitada permeabilidade.

O Grupo Passa Dois, na região, corresponde a litologias essencialmente de origem marinha, configuradas cronologicamente pelas formações Irati, Estrada Nova, Serra Alta, Teresina e rio do Rasto. Face às características litológicas, a permeabilidade intergranular é muito baixa e os efeitos da tectônica são evidenciados por deformações plásticas, minimizando a polarização da permeabilidade. É mais expressiva próxima ao rio dos Índios, a norte e nordeste de Lajes (SC), onde surgem os efeitos tectônicos do Domo de Lajes.

A Formação Botucatu se distribui de forma irregular, em faixas estreitas, ao sul, oeste e norte de Lajes, nas cabeceiras dos rios dos Cachorros e Canoas. Essa unidade é constituída por arenitos finos a médios, podendo localmente evidenciar arenitos argilosos mal selecionados, os quais geraram zonas de permeabilidade de fissuramento. Ocorrem derrames de lava basáltica sobrepostos a litologias da Formação Botucatu. Registram-se silicificações que contribuem para reduzir a permeabilidade dos arenitos.

A Formação Serra Geral representa episódios vulcânicos que cobrem a maior parcela da área da Região Hidrográfica, evidenciando sucessivos derrames de caráter basáltico. Estão inseridos nesta formação derrames de andesito, dacito, riolito e riolitos, de um modo geral estratigraficamente sobrepostos aos eventos basálticos. Os derrames vulcânicos a norte, nordeste e noroeste do Rio Grande do Sul, assim como na metade oeste de Santa Catarina, a partir de Lajes, evidenciam maiores espessuras. Tais variabilidades influenciam na permeabilidade associada às fendas de esfriamento horizontais e verticais, que implicam na incidência de zonas de elevada permeabilidade.

Aos produtos de alteração hidrotermal se associam frequentemente a presença de arenitos intertrápicos, constituindo horizontes de permeabilidade intergranular. Os efeitos tectônicos mais expressivos são representados por grandes falhamentos, configurando zonas de maior intensidade de porosidade e permeabilidade, principalmente no terço superior da Bacia. Na região do Domo de Lajes ocorrem intrusões de rochas alcalinas de pequena distribuição localizada, cuja permeabilidade é fruto da incidência de fraturamentos, mesmo assim muito limitada.

A ocorrência de arenitos e conglomerados, com intercalações de argila e seixos de basalto, recebem a denominação de Formação Tupanciretã. Tais rochas são arenitos intertrápicos, que ocorrem de modo extensivo em função da erosão de derrames sobrepostos, constituindo litologias de elevada permeabilidade intergranular.

Os depósitos quaternários se mostram de envergadura pouco expressiva. sua ocorrência se dá ao longo da calha dos rios Pelotas, Canoas e a Jusante do Rio Uruguai pós- Irai. Em razão da grande energia de relevo, os depósitos aluvionares, predominantemente de cascalho e areia grossa, ocorrem no leito dos cursos de água e zonas marginais muito limitadas.

A distribuição geográfica das unidades geológicas na Bacia do Alto Uruguai pode ser vista na Figura 2-6.

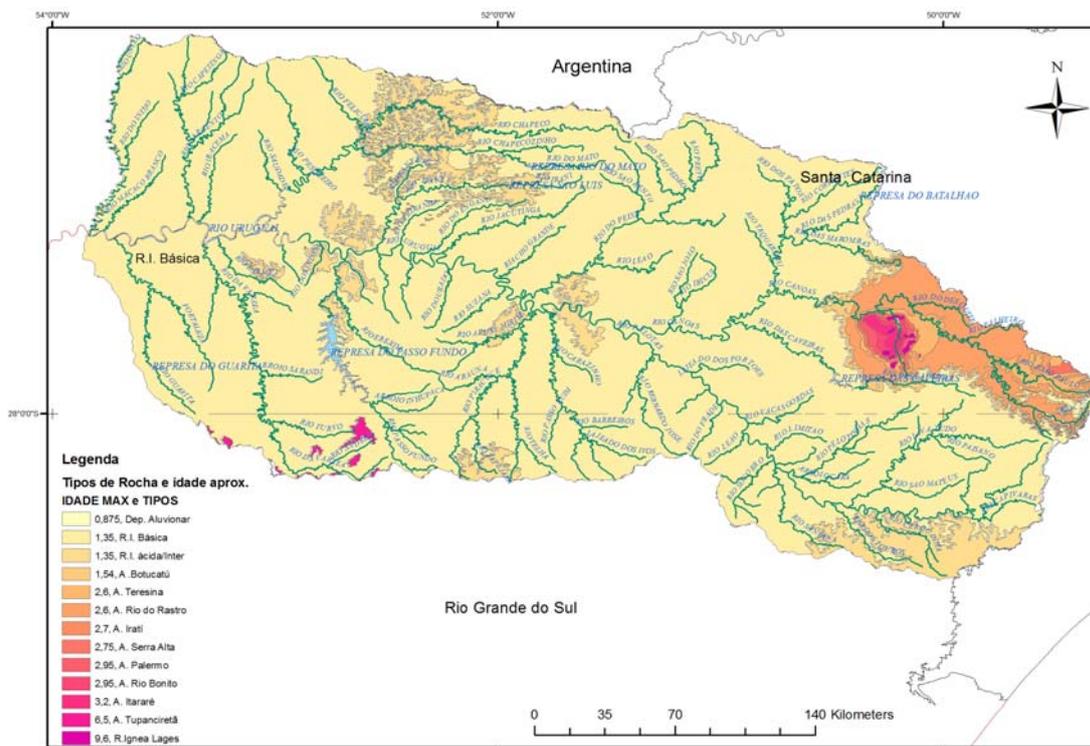


Figura 2-6: Unidades geológicas da Bacia do alto Uruguai. Modificado de CPRM (2003).

Predominam na região as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral onde as rochas básicas do tipo basaltos e andesi-basaltos ocupam grande parte da área e as rochas intermediárias e ácidas como dacitos e riolitos concentram-se na porção SE e N-NW, na porção superior da seqüência vulcânica. Sobre a Formação Serra Geral, no Rio Grande do Sul, ocorrem os arenitos da Formação Tupanciretã.

Em Santa Catarina, associado ao Domo de Lages ocorre uma grande variedade de rochas sedimentares como quartzo-arenitos, siltitos, calcários, folhelhos e diamictitos, pertencentes aos Grupos São Bento, Passa Dois, Guatá e Itararé. Além destes, ocorrem sienitos e carbonatitos do Grupo Caiuá.

Os aluviões e os depósitos colúvio/aluvionares ocorrem nas calhas dos rios e em seu entorno.

2.5.2.3.1 Aspectos de Campo

Na área da Bacia do Alto Uruguai predomina uma seqüência vulcânica onde na base encontram-se as rochas básicas como basaltos e no topo as rochas intermediárias e ácidas como dacitos e riolitos.

O perfil morfológico vertical característico dos derrames básicos da Bacia do Alto Uruguai mostra na base uma zona vítrea (que pode estar ausente), sobre esta uma zona com diaclases horizontais, sendo que alguns derrames possuem uma brecha de base caracterizada por lava fragmentada em uma matriz síltico-argilosa de cor avermelhada.

A parte central dos derrames é mais espessa e apresenta fraturas de resfriamento do tipo colunado. Acima ocorre outra zona de diaclases horizontais que, na maioria dos derrames, é pouco pronunciada. Tanto na porção de base como na porção intermediária, alguns derrames apresentam amígdalas e vesículas esparsas.

O topo é vesículo-amigdalar com amígdalas e vesículas de diversos tamanhos, onde também são comuns as brechas amigdalares – com cimento de zeolita.

Nos derrames ácidos, que correspondem ao topo da seqüência vulcânica, a morfologia completa só aparece nas unidades africanas do tipo e pode ser dividida em três zonas: i) zona basal, constituída por vitrófiros e brechas de fluxo dispostos sem padrão definido; ii) zona central, mais espessa, caracterizada por granófiros acinzentados com diaclases tabulares na base, aspecto maciço, finamente cristalino com fraturas colunares na porção intermediária e fraturas tabulares na porção superior; e iii) zona de topo, delgada, com presença de vesículas e amígdalas preenchidas por quartzo, calcita e mais raramente por zeolitas. Muitas destas unidades exibem disjunção tabular perfeita em toda a sua extensão.

As seqüências vulcânicas são cortadas por falhas e fraturas tectônicas de direção preferencialmente NW-SE e NE-SW.

São comuns os depósitos de tálus na base das escarpas retilíneas verticais. Os depósitos de tálus são compostos de grandes blocos que se desprendem das escarpas com perfil retilíneo vertical e se depositam em locais onde o perfil passa a ser retilíneo plano.

Os colúvios ocorrem geralmente na média a baixa encosta, em vertentes com perfis retilíneos planos ou convexos e mostram em sua grande maioria sinais de rastejo. São compostos por blocos de rocha imersos em uma matriz siltico-argilosa e em muitos locais estão em contato com o solo residual. Em alguns locais, como a oeste da bacia, os depósitos de colúvio recobrem os depósitos aluvionares.

Os depósitos aluvionares são constituídos por camadas argilosas de cor preta, localmente impregnadas por matéria orgânica intercaladas com barras arenosas e depósitos de seixos arredondados de composição vulcânica ácida e básica. Todo este conjunto de materiais é freqüentemente inundado nos períodos de elevada pluviosidade, gerando depósitos de planície de inundação. Um perfil esquemático mostrando as rochas vulcânicas e formações superficiais pode ser visto na Figura 2-7.

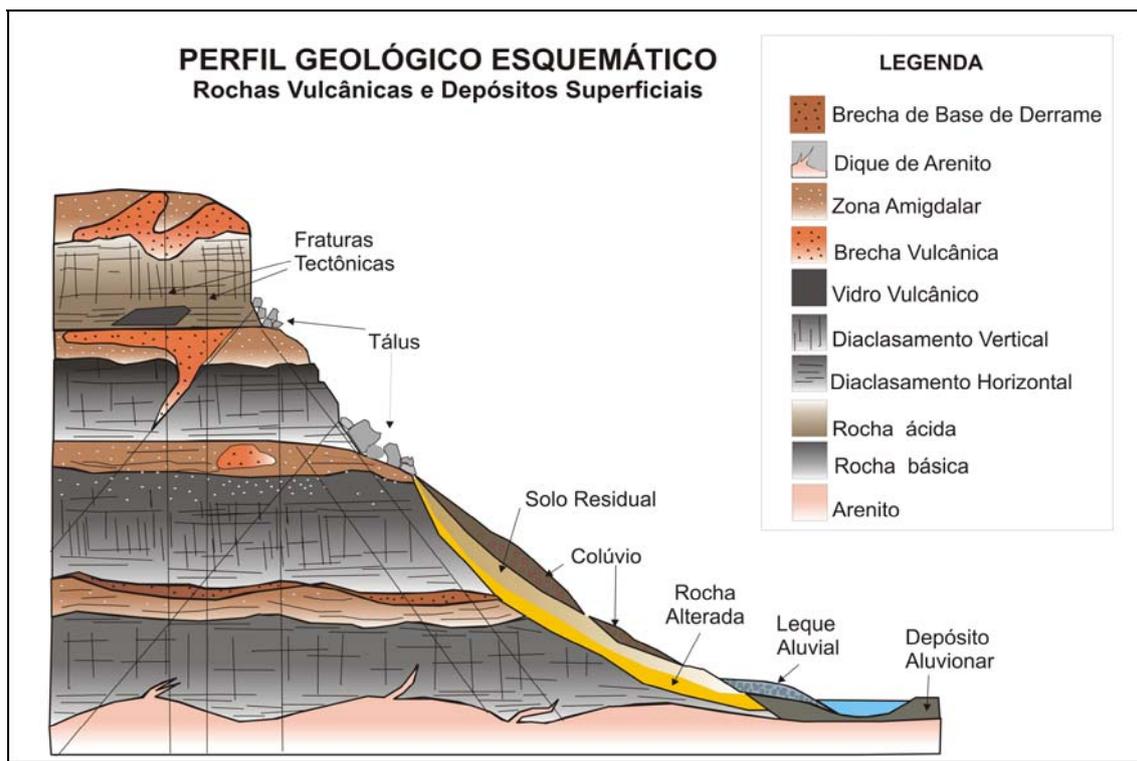


Figura 2-7: Perfil geológico esquemático das rochas vulcânicas e depósitos superficiais na bacia do Alto Uruguai. Modificado de Nummer(2003).

2.5.2.3.2 *Tectônica frágil*

Zalán et al. (1990) demonstraram que os *trends* NW e NE ocorrem em toda a Bacia do Paraná, tendo também confirmado a existência de um terceiro grupo de lineamentos com orientação E-W. As orientações mais importantes são as NW-SE e NE-SW, que representam zonas de fraqueza antigas, recorrentemente reativadas durante a evolução da bacia.

Ao sistema NW é atribuída uma origem do Arqueano ao Proterozóico Inferior, passando por inúmeras reativações até o Mesozóico. Estas fraturas são profundas e estariam associadas com o desenvolvimento do Arco de Rio Grande (Ribeiro, 1980). Estas estruturas, transversais ao eixo principal da bacia, são representadas por arcos (Ponta Grossa, Campo Grande, Rio Grande), lineamentos tectônicos e/ou magnéticos (Guapiara, Rio Piquiri, Rio Uruguai) e pela sinclinal de Torres.

A formação dos arcos NW provavelmente começou no Devoniano, mas desenvolveu-se mais durante o Triássico-Jurássico. O Arco de Ponta Grossa, com 600 km de extensão influenciou a sedimentação durante o Devoniano. Este arco é caracterizado por centenas de diques básicos de direção NW e também por anomalias magnéticas importantes. A maioria das zonas de fraturas do Atlântico Sul são subparalelas aos lineamentos tectônicos que aparecem no continente, como por exemplo, os lineamentos de Florianópolis e do Rio Uruguai (Zalán et al, 1990).

O sistema NE (mais jovem), desenvolveu-se no Proterozóico Inferior a Superior e com importantes reativações no Brasiliano. As zonas de falhas NE, segundo Zalán et al. (1990), são constituídas ou por uma falha larga ou por uma zona de falha retilínea. As reativações mais recentes são marcadas por grandes lineamentos no pacote vulcânico da bacia do Paraná e, pelo condicionamento da sedimentação Cenozóica.

As estruturas EW são registradas no Mesozóico como estruturas de natureza rúptil, acarretando o desenvolvimento de drenagens retilíneas e paralelas, marcadas pelo Rio Jacuí e Camaquã – Sistema de fratura Porto Alegre – Alinhamento do Camaquã (Asmus, 1978) e Arroio Basílio – Lineamento Jaguarão (Costa e Ramgrab, 1989).

O sistema rúptil EW também está impresso no pacote vulcânico da bacia do Paraná através do Lineamento Bento Gonçalves (Zalán et al., 1990) e do Lineamento do Jarau, no Rio Grande do Sul, do Lineamento de Taquara Verde (Zalán et al., 1990) e do Alinhamento do Rio Uruguai (Asmus, 1978), em Santa Catarina. O Lineamento do Rio Uruguai tem continuidade no Oceano Atlântico com a zona de fratura de Florianópolis (Asmus, 1978).

Na região da Bacia do Alto Uruguai, tanto as estruturas tectônicas frágeis quanto as estruturas atectônicas, como contatos entre derrames e disjunções são importantes para definir a qualidade geomecânica dos maciços rochosos e a recarga dos aquíferos.

2.5.3 O Meio Biótico

2.5.3.1 A Vegetação

Segundo Leite & Klein (1990), a vegetação do Rio Grande do Sul é classificada em florestal e não-florestal. Considera-se vegetação florestal aquela, ombrófila ou estacional, cujas formações são constituídas por comunidades arbóreas mais ou menos estáveis e compatíveis com o clima atual. São consideradas vegetação não florestal todos os demais tipos de formações, que por diversas causas não alcançaram os níveis de desenvolvimento e organização tidos como em equilíbrio com o clima. Trata-se de vegetação xeromorfa e xerofítica e das formações pioneiras.

RAMBO (1956) divide o Estado do Rio Grande do Sul em duas formações vegetais, a do campo e a da floresta. Da área total do Estado, cerca de 131.896 km² (46,26%) eram campos, 98.327 km² (34,47%) matas e o restante, atribuído à vegetação litorânea, banhados inundáveis e outras formações. Portanto, dois terços da área do Estado foram originalmente ocupados pela formação campestre, uma paisagem de estepe, isto é, formação semi-xerofítica, porém num ambiente de clima característico por umidade alta.

Para o mesmo autor, as variações climáticas das diversas partes do Estado não são suficientes para explicar a presença dessas duas formações, uma vez que a formação climática conveniente no Estado do Rio Grande do Sul é a da Floresta Alta Subtropical. Os campos são formações climáticas e edáficas na sua origem e relíquias históricas ou manchas no tempo atual.

Segundo Jarenkow (1994), outras formações ou subformações florestais, de maior ou menor importância, podem ainda ocorrer no Estado, no interior das diferentes regiões fitogeográficas, como Matas de Restinga, Matas Insulares, Matas de Galeria, entre outras. Para o autor a distribuição atual das formações vegetais do sul do Brasil resulta de um processo histórico, cujo entendimento remete a abordagens multidisciplinares, em diferentes momentos de sua evolução, principalmente aqueles ocorridos a partir do final do Terciário.

Na área de estudo destacam-se as seguintes formações vegetais:

2.5.3.1.1 *Região da Floresta Ombrófila Densa*

No Brasil a Floresta Ombrófila Densa ocorre nas encostas orientais da Serra do Mar, da Serra Geral e Vales da região Leste do Planalto, em altitudes desde as planícies quaternárias, quase ao nível do mar, até 1000 metros, junto à borda do Planalto. No Rio Grande do Sul ocorre desde o litoral norte nas proximidades de Osório, até os altos da Serra, sendo os últimos representantes na encosta oriental íngreme (RADAMBRASIL, 1983).

Segundo Leite & Klein (1990) esta Região Florestal tem recebido diversas denominações desde que Martius, na primeira metade do século passado, a definiu como “Série Dryades”. Entre as designações mais comuns destacam-se: Floresta Perenifólia Atlântida e Mata Pluvial Tropical. A designação Floresta Ombrófila Densa é de Ellenberg e Mueller-Dombois (1965/6). Trata-se de uma classe de formação que embora esteja em zona extratropical e, por isto mesmo, desfalcada de algumas espécies típicas e provida de endemismos, tem características nitidamente tropicais, sendo um prolongamento da faixa florestal que acompanha a costa brasileira desde o Estado do Rio Grande do Norte.

Para os mesmos autores a Floresta Ombrófila Densa na sua maior parte caracterizava-se por estratos superiores com grandes árvores perenifoliadas de alturas entre 25 e 30 m. Sua penetração até Torres e Osório, resultou fundamentalmente da ausência, em toda esta faixa costeira, de um período biologicamente seco e de ocorrência de médias térmicas em geral superiores a 15°C. Convém salientar que, nas baixadas da porção setentrional da região, registram-se mais de seis meses ao ano com médias térmicas iguais ou superiores a 20°C. As elevações costeiras funcionam como agente ascensional das massas de ar carregadas de umidade. Estas, condensando-se e precipitando-se em copiosas chuvas mantêm elevada a umidade relativa do ar, durante todo o ano.

A diversificação ambiental resultante da interação de múltiplos fatores é um importante aspecto desta região fitoecológica, com ponderável influência sobre a dispersão e crescimento da flora e da fauna. Permite o desenvolvimento de várias formações, cada uma com inúmeras comunidades e associações, constituindo complexa e exuberante coleção de formas biológicas. Equivale a dizer que a Floresta Ombrófila Densa é a classe de formação mais pujante, heterogênea e complexa do Sul do País, de grande força vegetativa, capaz de produzir naturalmente, de curto a médio prazo, grandes volumes de biomassa.

Os ambientes mais expressivos desta região encontram-se entre aproximadamente 30 e 1000 m de altitude e compreende as formações submontanas. Neles, a floresta apresentava os limites máximos de complexidade e esplendor permitidos pelos parâmetros ecológicos. Uma multidão de indivíduos de grande variedade de espécies macro, meso, micro e nanofanerófitas distribuem-se sobre diversas feições geomorfológicas num harmonioso conjunto de formas de vida, ricamente enfeitada por grande variedade de epífitas e lianas (Leite & Klein, 1990).

Klein apud Leite & Klein (1990) menciona a importância fisionômica de epífitas e das lianas e ressalta a dominância das bromeliáceas (*Vriesea vagans*, *Vriesea altodasserrae*, *Aechnea cylindrata*, *Aechnea caudata* e *Nidularium innocentii*), das cactáceas (*Rhipsalis haulletiana*, *Rhipsalis elliptica* e *Rhipsalis pachyptera*) e das orquídeas (*Cattleya intermedia*, *Epidendrum ellipticum*, *Oncidium longipes*, *Pleurothallis grobii* e *Laelia purpurata*). Dentre as lianas, tem-se o cipó-buta (*Abuta selloana*), cipópau (*Clytostoma scuiripabulum*), unha-de-gato (*Doxantha unguis cati*),

cipó-escadade-macaco (*Bauhinia microstachya*) e cipó-cravo (*Cynnanthus elegans*) e dentre as aráceas destacam-se os gêneros *Philodendron* e *Anthurium*. Deve ser salientada a ocorrência de pteridófitas terrestres herbáceas, principalmente, aspidiáceas e polipodiáceas e, sobretudo, pteridófitas arbóreas das ciateáceas (*Cyathea*, *Nephaelea* e *Alsophila*), que podem formar densos agrupamentos nos ambientes úmidos da floresta.

A Floresta Atlântica caracteriza-se por ser uma floresta latifoliada intimamente relacionada com os índices termo-pluviométricos mais elevados da zona litorânea, apresentando três estratos definidos (SUDESUL, 1978): o estrato superior, formado pelas espécies dominantes de 25 a 35 metros de altura, ou mais, como a canela-preta (*Ocotea catharinensis*), sapopema (*Sloanea monosperma*), guamirim-chorão (*Calyptanthus grandifolia*), canela-fogo (*Cryptocarya moschata*), tanheiro (*Alchornea triplinervia*), figueira-branca (*Ficus organensis*), guapuruvu (*Schizolobium parayba*) e angico (*Parapiptadenia rigida*); a submata, formada de arvoretas até 9 metros de altura, em que domina o palmito (*Euterpe edulis*) e o guamirim-de-folhas-miúdas (*Myrceugenia myrcioides*) e outras; o estrato arbustivo com cerca de 3 metros de altura, formado por inúmeras espécies entre as quais se encontram a palmeiragemiova (*Geonoma gamiova*), o feto arbóreo xaxim (*Dicksonia sellowiana*) e a samambaia-assu (*Hemitelia setosa*).

Para Leite & Klein (1990), são importantes os ambientes conhecidos como altomontanos, sujeitos aos efeitos de um clima tido como “de altitudes”, por compreenderem os terrenos mais elevados da região, nas altitudes superiores a 1.000 m. São ambientes constantemente saturados de umidade, onde as médias térmicas podem descer a índices inferiores à 15°C. Neles se desenvolveu a chamada mata nebulosa ou floresta nuvígena, vegetação arbórea densa baixa, de dossel uniforme, normalmente com indivíduos tortuosos, abundantemente ramificados e nanofoliados revestidos de epífitas, musgos, hepáticos, etc. Os agrupamentos florestais, em geral, apresentam significativa dominância de mirtáceas e aquifoliáceas, sendo, no entanto, praticamente desprovidos de aráceas, bromeliáceas e orquidáceas, caracterizando-se principalmente pelas espécies: gramimunha-miúda (*Weinmannia humilis*), cambuí (*Siphoneugena reitzii*), guaperê (*Clethra scabra*), quaresmeira (*Tibouchina sellowiana*), jabuticaba-do-campo (*Eugenia pluriflora*), guamirim (*Eugenia obtecta*), congonha (*Ilex theezans*) e caúna (*Ilex microdonta*), além de outras. Intercalados a esta mata nebulosa encontram-se campos litólicos de altitude (refúgios), em terrenos movimentados, com solos muito rasos, povoados de blocos rochosos e ocupados por vegetação gramíneo-lenhosa pontilhada de pequenos capões e, às vezes, de diminutas turfeiras. Nestes locais são comuns touceiras de carás, caratuvas (*Chusquea* sp.) e de taquara-lisa (*Merostachys multiramea*) que, ao lado de outras gramíneas silvestres como *Panicum glutinosum*, predominam na composição dos estratos herbáceos.

Segundo os autores supra citados, a vocação natural da região seguramente, não é a agricultura. Os seus terrenos, em grande parte movimentados, são inadequados às práticas agrícolas convencionais e geralmente classificados como de preservação permanente pelo código florestal. As planícies, ao natural, também são pouco apropriadas ao uso agrícola. Apesar destas evidências, a região foi submetida a um intenso processo de antropização da cobertura florestal. Retiram-se dela, por métodos extrativistas rudimentares e predatórios, madeira, palmito, plantas ornamentais, aves, peixes, pequenos animais, etc. Há também intervenção irreversível caracterizada por corte raso e limpeza do solo para agricultura, num processo clandestino e criminoso de subtração de áreas lindeiras aos parques e reservas legais.

2.5.3.1.2 Região da Floresta Ombrófila Mista

Reitz & Klein (1966) afirmam que a distribuição dos pinheirais no Rio Grande do Sul é essencialmente uma função de acidentação do terreno. Os pinhais mais densos e expressivos, principalmente nos vales, na aba superior de todos os canhões profundos dos rios, bem como nos terrenos acidentados dos campos, sobretudo do planalto central e oriental.

Segundo Rambo (1956), o pinheiro ocorre em toda a borda superior livre do planalto, a começar do norte de Santa Maria até o extremo nordeste; nos vales superiores e nas cabeceiras dos Rios Caí, Taquari, das Antas, Jacuí e Pelotas; em grupos isolados ou densos sociedades, nos capões disseminados por todo o planalto; em indivíduos solitários em pleno campo como se observa a leste de Cruz Alta; em mistura com a floresta virgem do Alto Uruguai, ao norte de Passo Fundo e Lagoa Vermelha.

O mesmo autor afirma que o pinheiro é exclusivo do planalto, ocorrendo em altitudes entre 500 m a Oeste e 1000 m ao Leste. Nunca desce, a não ser em manchas ocasionais. A estrutura dos pinheirais, próximo dos Aparados da Serra, não levando em conta a vegetação baixa, consta de dois andares: o inferior, de árvores de meia altura e umas mais altas; e o andar superior é constituído pelas Araucárias. O andar inferior de árvores baixas ou arbustos arborescentes, pertencente em grande parte às mirtáceas, sendo comum também o *Schinus polygamus* (aroeira), *Drimys brasiliensis* (casca-d'anta), *Berberis laurina* (japicanga ou salsaparrilha), e uma série de epífitas, orquídeas, musgos e líquens. O andar superior é dominado pela *Araucaria angustifolia* (pinheiro-brasileiro), que dá a paisagem uma fisionomia própria (Rambo, 1956).

Segundo Leite & Klein (1990) a concepção de Floresta Ombrófila Mista procede da ocorrência da mistura de floras de diferentes origens, definindo padrões fitofisionômicos típicos em zona climática pluvial. A área onde a coexistência de representantes da flora tropical (afro-brasileira) e temperada (austro-brasileira) com marcada relevância fisionômica de elementos Coniferales e Laurales é denominado Planalto Meridional Brasileiro, área de dispersão natural do pinheiro-brasileiro ou do pinheiro-do-paraná, a *Araucaria angustifolia* ou “curiirama” dos indígenas, espécie gregária de alto valor econômico e paisagístico.

Estudos fitossociológicos efetuados anteriormente à avassaladora eliminação das florestas do Sul do País revelaram que a flora de origem australásica (Composta de *Araucaria*, *Podocarpus*, *Drimys*, etc.) encontrava, no clima atual, condições favoráveis ao seu desenvolvimento nas altitudes superiores a 500 / 600 m, em todas as situações não diretamente afetadas pela influência marítima.

A denominada tropicalização do clima (mudança de mais frio/seco para mais quente/úmido) demonstra processar-se das baixas para as elevadas latitudes e altitudes e da costa para o interior do continente, dinamizando os processos naturais de substituição da flora de origem australásica pela origem tropical (afro-brasileira). A substituição demonstra vir ocorrendo, basicamente, em função da lei natural de seleção expressa na concorrência pela ocupação do espaço, em conjugação com o fenômeno da heliofilia. As condições mais quentes/úmidas dos vales e baixadas ou das áreas planálticas, sob ponderável influência marítima, devem ter favorecido a expansão e desenvolvimento de elevado contingente florístico tropical que, dominando as formações dos ambientes outrora tipicamente temperados, lhes densificaram a cobertura, restringindo-lhes principalmente, a incidência luminosa, sufocando-lhes o natural ímpeto multiplicativo

perpetuador das espécies, numa marcante superioridade de adaptações às condições ambientais atuais (Leite & Klein, 1990).

Deve-se observar que a lei natural que rege os fenômenos da sociedade vegetal e, conseqüentemente, da substituição das floras, ao longo do tempo, em dado ambiente, resulta da atuação concomitante de fatores que lhe são intrínsecas. Em razão disto, os encaves e as disjunções de comunidades de origem temperada estão geralmente associadas a ambientes com alguma deficiência litopedológica. É isto que se tem observado no contato de regiões fitogeográficas. Na faixa de contato com as regiões florestais a diagnose do fenômeno “substituição florística” é determinada principalmente pela quebra do ciclo normal de desenvolvimento de pinheiro-do-paraná e das espécies andinas. Nela resta apenas a araucária e em estado senil (faltando indivíduos jovens e adultos), numa categórica e já avançada fase de substituição pela flora de origem tropical (Leite & Klein, 1990).

Segundo os mesmos autores, quando se efetuam estudos florísticos mais profundos desta região visando sua compartimentação, defronta-se novamente com o referido fenômeno da substituição florística. Nas altitudes, em geral inferiores a 800 m (extensas superfícies), retrata-se um estágio de substituição intensa, onde, em geral, a araucária não mantém intacto o seu ciclo natural de desenvolvimento, e constitui o único representante da flora de origem temperada. Todo o contingente florístico companheiro compõe-se de espécies características das regiões vizinhas (Florestas Estacionais e Ombrófila Densa).

Do ponto de vista florístico, poder-se-ia identificar, no Rio Grande do Sul, nas superfícies abaixo dos 800 m dois grupos de comunidades com araucária: o primeiro compreende os terrenos periféricos da região da Floresta Estacional Decidual, onde a araucária estava consorciada ao angico-vermelho (*Paraptadenia rigida*) e a grábia (*Apuleia leiocarpa*), ambas espécies constituindo cerca de 70 a 80% do estrato imediatamente inferior ao do pinheiro; o segundo abrange os terrenos circunvizinhos à região da Floresta Ombrófila Densa. Nele, a araucária ocorria em comum com a canela-sassafrás (*Ocotea pretiosa* – atualmente *Ocotea odorifera*), a canela-preta (*Ocotea catharinensis*), pau-óleo (*Copaifera trapezifolia*) e a peroba-vermelha (*Aspidosperma olivaceum*), folhosas que compunham entre 60 e 70% do estrato superior da floresta (Leite & Klein, 1990).

A araucária e outros elementos de origem temperada, em face as suas características heliófilas, encontram-se hoje desfavorecidos, não só pela intervenção destruidora do homem mas pela incompatibilidade com o clima atual (Klein, 1960 apud Leite & Klein, 1990).

Os terrenos entre aproximadamente, os 500 e os 800 m de altitude estão enquadrados na formação montana (Leite e Sohn, apud Leite & Klein, 1990) e caracterizam-se por um clima sem época seca, com período frio (Temperatura média $T_m \leq 15^\circ \text{C}$) curto ou ausente e período quente longo ($T_m \geq 20^\circ \text{C}$). A área mais típica e representativa da Floresta Ombrófila Mista é aquela das altitudes superiores aos 800 m, principalmente dos terrenos altomontanos. Seu clima é o mais frio da região e com maiores índices de geadas noturnas. Caracteriza-se pela ausência de período seco e ocorrência de longo período frio ($T_m \leq 15^\circ \text{C}$). O período quente anual ($T_m \geq 20^\circ \text{C}$) é geralmente curto ou ausente.

Sob estas condições climáticas e de acordo com a diversificação de outros parâmetros ambientais, poder-se-ia determinar, na área típica da Floresta Ombrófila Mista, dois grupos distintos de comunidades com araucária e lauráceas: um, onde o

pinheiro se distribuía de forma esparsa por sobre bosque contínuo no qual 70 a 90% das árvores pertenciam às espécies: imbuia (*Ocotea porosa*), espécie mais representativa, canela-amarela (*Nectandra lanceolata*), canela-preta (*Nectandra magapotamica*), canela-fogo ou canela-pururuca (*Cryptocarya aschersoniana*) acompanhadas da sapopema (*Sloanea monosperma*), por vezes bastante freqüente, da guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*) e erva-mate (*Ilex paraguariensis*); outro grupo, onde a araucária formava um estrato de 60 a 80% de folhosas, principalmente das espécies: canela-lageana (*Ocotea pulchella*), espécie dominante, canela-amarela (*Nectandra lanceolata*), canela-guaicá (*Ocotea puberula*), canela-fedida (*Nectandra grandiflora*), comboatá-vermelho (*Cupania vernalis*) e comboatá-branco (*Matayba eleagnoides*), acompanhadas de casca-d'anta (*Drimys brasiliensis*), pimenteira (*Capsicodendron dinisii*), guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*) e diversas mirtáceas e aquifoliáceas.

A Floresta Ombrófila Mista, conforme Leite & Sohn e Teixeira e Coura Neto apud Leite & Klein (1990), está hoje reduzida a pouco mais de 10% (20.000 km²) da sua área original, testemunhas relictuais antropizadas da magnífica e pujante floresta das araucárias.

Dentre as espécies mais comuns nos povoamentos secundários destacam-se: a bracinga (*Mimosa scabrella*), a canela-guaicá (*Ocotea puberula*), o vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia*), o angico-branco (*Anadenanthera columbrina*), o vassourão-preto (*Vernonia discolor*), café-do-mato (*Casearia sylvestris*), vassouras (*Baccharis* spp.) e samambaias-das-taperas (*Pteridium aquilinum*) (Leite & Klein, 1990).

De acordo com SUDESUL (1978), as espécies da submata componentes da Floresta da Araucária, mais comumente encontradas são: casca-d'anta (*Drimys brasiliensis*), erva-mate (*Ilex paraguariensis*), caúna (*Ilex dumosa*), guamirim (*Myrcia bombycina*), aroeiras (*Schinus* spp.), bugreiro (*Lithraea brasiliensis*), branquilha (*Sebastiania commersoniana*), fumo-bravo (*Solanum erianthum* ou *Solanum mauritianum*), mamica-de-cadela (*Zanthoxylum rhoifolium*), pessegueiro-bravo (*Prunus sellowii* ou *Prunus myrtifolia*), cambuí (*Myrceugenia* sp.), carvalho-brasileiro (*Roupala* spp.), canela-lageana (*Ocotea pulchella*), camboatá (*Matayba elaeagnoides*), guaçatunga (*Casearia decandra*), guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*), pitangueira (*Eugenia uniflora*), açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), cambará (*Gochnatia polymorpha*), uvaia (*Eugenia pyriformis*), cedro (*Cedrela fissilis*), canelas (*Nectandra* spp. e *Ocotea* spp.), angico (*Parapiptadenia rigida*) e batinga (*Eugenia rostrifolia*).

2.5.3.1.3 Região da Floresta Estacional Decidual

Segundo Leite & Klein (1990) esta região compreende as florestas das porções médias e superiores do vale do Rio Uruguai, da maior parte da vertente sul da Serra Geral e de diversas áreas dispersas pelas bacias dos Rios Ijuí, Jacuí e Ibicuí, cobrindo, no sul do Brasil, uma superfície territorial de aproximadamente 47.000 km². Para os mesmos autores a área, em geral, é tipicamente Ombrófila sem período seco e com bastante intensidade e regularidade pluviométricas. Seus índices térmicos determinam dois períodos bem distintos: um de 4 a 5 meses, centrado no verão, com médias compensadas iguais ou superiores a 20° C e outro de 2 a 3 meses, centrados no inverno, com médias iguais ou inferiores a 15° C. O clima, apesar de quente-úmido durante boa parte do ano, conserva, por apreciável período, caráter frio, capaz de imprimir restrições à proliferação e ao desenvolvimento de grande número de espécies tipicamente tropicais.

A questão da restrição climática às espécies é abordada por Klein apud Leite & Klein (1990), quando observa que a floresta desta região constitui um prolongamento empobrecido da floresta da bacia do rio Paraná, através da província de Misiones, na República Argentina. Dentre as espécies que não lograram atingir esta região o autor cita: a peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*) e o jatobá (*Hymenaea stilbocarpa*) e o palmitero (*Euterpe edulis*). A ausência destas e de outras espécies perenifoliadas põe em evidência o caráter estacional desta região, manifestado pela quase integral decidualidade da cobertura superior da floresta. Esta queda foliar, tão significativa durante a estação mais fria do ano, faz parte de um processo de hibernação, provavelmente acionado através de reações hormonais. Não se pode descartar a hipótese de que este fenômeno repouse suas causas primárias na arraigada adaptação das espécies a seus gradientes ecológicos históricos e se constitua em testemunha dos processos evolutivos da cobertura vegetal. Evolução esta vinculada às mudanças paleoclimáticas ocorridas no continente sul-americano (Damuth & Fairbridge e Ab'Sáber, apud Leite & Klein, 1990).

As mudanças paleoclimáticas acionam o processo de expansão e retração das formações vegetais, cujos componentes em suas rotas migratórias vão deixando testemunhas (disjunção, encraves e ecótonos) refugiadas ou adaptadas aos novos parâmetros ambientais. Klein apud Leite & Klein (1990) faz referência a um grupo de espécies características da Floresta Atlântica que conseguiram penetrar até o vale do Mampituba e do Maquiné, com algumas alcançando o vale do rio dos Sinos, do Caí e do Taquari. Se estas espécies perenifólias, como a figueira-do-mato (*Ficus organensis*), a batinga (*Eugenia rostrifolia*), o mata-olho (*Pachystroma longifolium*) e o palmitero (*Euterpe edulis*) ao lado das retromencionadas peroba-rosa e jatobá, alcançassem expressão regional, ter-se-ia uma fisionomia característica Ombrófila e não-estacional.

Nesta região o Projeto RADAMBRASIL distinguiu, em seus trabalhos, as áreas onde os encraves e ecótonos proliferam, conceituando-as como áreas de Tensão Ecológica. Assim, surgiram as diversas áreas de contato onde se observa uma interpenetração das formações vegetais de regiões fitoecológicas adversas (Leite & Klein, 1990).

Segundo Klein apud Leite & Klein (1990) podem ser definidos cinco estratos na estrutura organizacional da Floresta Estacional Decidual do Rio Grande do Sul: um emergente, descontínuo, quase integralmente composto por árvores deciduais com até 30 m de altura, como grápia (*Apuleia leiocarpa*), angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*), louro-pardo (*Cordia trichotoma*), maria-preta (*Diatenopteryx sorbifolia*), paumarfim (*Balfourodendron riedelianum*) e canafistula (*Peltophorum dubium*), além de outras, em geral não tão freqüentes. O segundo estrato apresenta copagem bastante densa e, em geral, predomínio de árvores perenifólias com alturas em torno de 20 m. Dele fazem parte, principalmente lauráceas e leguminosas, sendo a canela-fedida (*Nectandra megapotamica*) a espécie mais representativa. O terceiro estrato, o das arvoretas, geralmente está formado por grande adensamento de indivíduos pertencentes a poucas espécies, das quais umas são próprias deste estrato e outras encontram-se em desenvolvimento para os estratos superiores. Dentre aquelas características do estrato, destacam-se, pela maior freqüência: o cincho (*Sorocea bonplandii*), a laranjeira-do-mato (*Gymnanthes concolor*) e o catiguá (*Trichilia clausenii*). Para o estrato arbustivo, além de representantes jovens de espécies dos estratos superiores, distinguem-se como características, diversas espécies dos gêneros *Piper* e *Psycotria*, cujos indivíduos misturam-se a adensadas touceiras de criciúma (*Chusquea ramosissima*). Finalmente, tem-se um estrato herbáceo bastante denso e com variadas formas de vida, onde

predominam, com frequência, pteridófitas e gramíneas pertencentes aos gêneros *Pharus* e *Olyra*. O estrato herbáceo em terrenos úmidos é constituído, geralmente, pelo gravatá (*Bromelia balansae*). Os diferentes índices de abertura dos estratos superiores desencadeiam processos de invasão da floresta por espécies comuns das formações secundárias, todas especializadas na colonização de clareiras. Dentre as espécies com estratos ainda não bem definidos podem ser enumerados: taquaraçu (*Bambusa trini*), taquara-lisa (*Merostachys multiramea*) e criciúma (*Chusquea ramosissima*). Nos povoamentos secundários a vasoura-braba (*Baccharis dracunculifolia*), o fumo-brabo (*Solanum mauritianum*), a grandiuva (*Trema micrantha*) e a pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*), entre os arbustos; a canela-guaicá (*Ocotea puberula*), o angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*), o timbó (*Ateleia glazioviana*), entre as árvores. Dentro da região, as espécies estão distribuídas muito irregularmente, selecionadas, que são, naturalmente, conforme a aptidão dos diversos ambientes. Em face disto, três tipos de formações podem ser determinados, numa escala ampla de mapeamento: uma aluvial; uma submontana, compreendendo terrenos ondulados e dissecados em altitudes entre aproximadamente 30 e 400 m e uma montana, abrangendo áreas dissecadas com altitudes superiores a 400 m. A região, atualmente, encontra-se quase completamente destituída de povoamentos florestais. Os poucos povoamentos residuais (cerca de 4,2% do total original) encontram-se alterados e parcialmente descaracterizados (Leite & Klein, 1990).

Segundo RAMBO (1956), a Floresta do Alto Uruguai começa no Rio Ijuí, desenvolve-se no extremo nordeste no maior núcleo de mata fechada do Estado; liga-se entre Passo Fundo e Lagoa Vermelha, ao longo dos afluentes do Taquari, à mata da Fralda da Serra; e reduz-se a um cordão marginal no rio Pelotas.

De acordo com a SUDESUL (1978), esta floresta foi substituída por cultivos anuais diversos, e os resíduos dessa formação encontram-se quase que apenas representados pela Reserva Florestal de Nonoai e Parque do Turvo. A floresta caracteriza-se por apresentar no estrato superior a grápia (*Apuleia leiocarpa*), louro (*Cordia trichotoma*), angico (*Parapiptadenia rigida*), cedro (*Cedrela fissilis*), alecrim (*Holocalyx balansae*), canafístula (*Peltophorum dubium*), timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), entre outras. O segundo estrato das árvores, constitui a parte mais densa do interior da floresta, sendo formado basicamente por espécies da família das lauráceas (canelas) e das leguminosas (*Lonchocapus*, *Parapiptadenia*, *Apuleia* e *Patagonula*). O estrato das arvoretas é representado pela laranjeira-do-mato (*Gymnanthes concolor*) e caucho (*Sorocea bonplandii*), principalmente.

2.5.3.1.4 Região dos Campos Sulinos

Na literatura consultada, verifica-se uma polêmica quanto à classificação dos campos sulinos, que ocorrem na área de estudo (Alto Uruguai) da Etapa I do projeto FRAG-RIO e identificados como Campos de Cima da Serra.

O IBGE, responsável pelo mapeamento sistemático da vegetação brasileira, até o projeto RADAM, classificou os campos da área de estudo como savanas.

Segundo Leite & Klein (1990), Savana é a palavra de origem indígena antilhana de onde procede o termo “Habana”. A Savana para estes e outros autores é vegetação típica de países tropicais marcados por estação seca; é a Savana (Cerrado) do Brasil Central, cuja estrutura apresenta dois estratos distintos: um baixo, dominado por hemicriptófitos e caméfitos, em geral com folhas grandes e duras e outro de manofanerófitas retorcidas, de casca grossa e fissurada, esparsamente dispostas.

Conforme estes autores, as teorias conhecidas sobre as prováveis causas das Savanas classificam-se em três grupos: teoria climática, teoria biótica (das queimadas) e teorias pedológicas. Esta última mais provável para as diversas áreas de Savana gramíneo-lenhosa da Região Sul, conforme os trabalhos do Projeto RADAMBRASIL.

O conceito de Savana foi ampliado a partir de 1975, pelo Projeto RADAMBRASIL, para incluir a maioria dos campos do Sul do País. Como argumento fundamental e esta decisão, aquele projeto considerou o repouso fisiológico-vegetativo hibernar característico daqueles campos. Fenômeno este desencadeado por ação climática atual e histórica (paleoadaptação climática), aliadas, conforme a área, a outras características do ambiente, como: relevo aplainado ou plano-deprimido com solo mal drenado, terrenos areníticos e arenosos de má qualidade, derrames basálticos ácidos, solos rasos, quartzosos e/ou lixiviados e pedogênese férrica (solos distróficos e álicos), além de aspectos relacionados à lentidão do processo de expansão natural das comunidades arbóreas sobre campos, em face das características acima referidas (Leite & Klein, 1990).

Rambo apud Leite & Klein (1990) afirma a esse respeito, baseando-se nas hipóteses de Schimper (1898) e de Lindman (1974): grande parte dos campos são relictos de um clima mais seco, hoje lentamente sujeitos à invasão pela selva pluvial e do pinhal.

Para demonstrar que o clima por si só não explica tudo acerca da distribuição das formações vegetais, Rambo apud Leite & Klein (1990), referindo-se ao predomínio dos campos (Savana) no clima florestal da Serra de Sudeste-RS, acrescenta: “Quanto ao fator climático ela pertence a formação de mato (florestal); mas no compromisso entre clima e solo, o clima levou a pior, de maneira que de fato predomina o campo principalmente devido ao fator edáfico”.

Como respeito a isso, os autores citam um trecho de Lindman (1974): “Acontece então, muitas vezes, que presencia o caso que, mesmo em clima de mata virgem, não há mata virgem se o clima não possibilita; igualmente ve-se no Sul do Brasil matas altas no auge do seu desenvolvimento rodeadas de campos com um solo tão bom e profundo quanto no terreno da mata. É isto aplicável não somente às matas de anteparo ao pé d’água como também aos capões altos e sombrios nas vertentes secas do terreno ondulado do planalto”. Então o autor formula a seguinte questão, respondida a seguir por ele próprio: “Se o clima do Rio Grande é favorável à vegetação florestal porque cessam as matas, bruscamente limitadas, apesar de que nem o clima nem o solo a impediu? Ele responde: “...fica-se quase reduzido a admitir que a vegetação nestas regiões de mistura do Brasil Sul ainda se acha num estado preparatório, que os campos ainda em grande parte vegetam num “clima florestal” moderado, até que a rede das matas ao longo dos cursos d’água tenham tempo para estender-se sobre uma área do País (se a intervenção humana não o impedir), influído sobre a qualidade do terreno e exercendo também alguma influência sobre o aumento da precipitação,...”

Segundo Leite & Klein (1990) distingue-se, no Rio Grande do Sul, três formas de Savana: Arbórea Aberta, Parque e Gramíneo-lenhosa. Esta última tem expressão considerável no Sul do País, distribuindo-se, principalmente, no âmbito da região das Araucárias, cujas espécies características vão constituir-lhe as matas-de-galeria e capões.

Na região de ocorrência a vegetação predominante é a de campos, mas há participação significativa de vegetação arbórea. A mata da região conhecida como mata

de araucária é caracterizada pela presença do pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia*).

Rambo (1956) descreve esta mata apresentando dois estratos, um superior dominado basicamente pela araucária e em alguns lugares pelo pinheiro-bravo (*Podocarpus lambertii*) e um estrato inferior mais diversificado, consistente, composto por árvores mais baixas, muito ramificadas, na sua maioria pertencentes às mirtáceas.

Os campos da metade sul do Estado, apresentam um relevo suave, e em alguns casos, mais tendendo a plano, enquanto os campos serranos apresentam um relevo mais ondulado, não uniformes, onde são encontrados platôs com abruptas encostas terminadas em várzeas não muito extensas, morros cobertos de campo, planices recortadas por rios e em alguns locais o campo termina em precipícios com profundidade bem expressivas.

Rambo (1956) descreve “que a Campanha causa impressão de ilimitada liberdade, de um derramamento sem peias para o horizonte. O Planalto, pelo contrário, apesar da largueza de suas vistas, convida à concentração, fechado como está, por limites naturais, de todos os lados”.

Em função do grau de interferência antrópica e das características locais do ambiente, a Savana Gramíneo-Lenhosa pode apresentar duas nuances fisionômicas distintas: nos campos onde prevalece um tapete de elementos hemicriptófitos cespitosos e baixos além de geófitos rizomatosos intercalados de caméfitas, predominam representantes das Gramineae, Cyperaceae, Leguminosae e Verbenaceae. A estes campos interpõem-se outros constituídos, em menor escala, por aqueles elementos já referidos, aos quais associam-se, principalmente, as caméfitas: *Baccharis* spp., *Eryngium* spp., *Vernonia* spp. e a geófita *Pteridium aquilinum* (samabaia-das-taperas), cuja proliferação nos campos parece desfavorecida pelo pisoteio do gado e pela intensificação do antropismo sobre as Savanas.

Araújo apud Leite & Klein (1990) publicou uma relação de espécies características dos primitivos campos do Rio Grande do Sul. A maioria dos gêneros citados ainda ocorre hoje com bastante freqüência na área em estudo, destacando-se: *Andropogon*, *Aristida*, *Elyonurus*, *Eryanthus*, *Panicum*, *Paspalum*, *Schizachyrium* e *Trachypogon*.

Boldrini (1997) comenta que a vegetação campestre é dominada principalmente por gramíneas cespitosas, sendo espécie dominante o *Andropogon lateralis*, chamado de capim caninha, sendo freqüentes também *Schizachyrium tenerum*, *Paspalum maculosum* e *Axonopus siccus*.

A forma de dispersão do *Andropogon lateralis* (capim-caninha), talvez o capim dominante nos campos primitivos, sugere uma diferenciação climática entre o planalto e o extremo sul-rio-grandense. No planalto, distribui-se abundante e uniformemente e chega a participar com 70 a 90% da composição (nos solos húmicos da área de Taimbezinho estimou-se 90 a 95 % a ocorrência deste capim), proliferando indiscriminadamente em todos os ambientes, passivelmente em face das elevadas precipitações e evapotranspiração reduzida. Nas posições mais meridionais, esta espécie limita-se aos ambientes muito úmidos, às depressões, margens de banhados ou sedimentos do Quaternário (provavelmente, porque nestes ambientes se fazem menos intensos o pisoteio e as queimadas).

Klein apud Leite & Klein (1990) explica que “os campos são invadidos por associações arbustivas e arbóreas bastante características, formando assim o início de

uma série que tende para as associações mais evoluídas da Formação da Araucária, que por sua vez, também são substituídas pelas associações da mata pluvial, que melhor correspondem ao ciclo climático atual”.

Atualmente, tornou-se difícil reconstituir-se a composição natural original dos campos, em face de todas estas formas de manejo, ocupação e uso. Foi observado que as queimadas periódicas e o pisoteio do gado desestimulam o desenvolvimento das espécies cespitosas (capins) e favorecem as rizomatosas (gramas), geralmente muito mais frequentes e adaptadas.

Segundo Rambo (1956), a vegetação campestre da Serra do Sudeste é muito variada. Nas coxilhas dos morros arredondados e nos picos mais elevados da serra, desenvolvem-se os campos limpos, entremeados com muitos blocos de granitos descobertos, ou semi-enterrados. Predomina aí uma vegetação rasteira de gramíneas, verbenáceas e compostas, principalmente espécies do gênero *Paspalum* e *Verbena*. Em porções planas do terreno ou nas depressões onde o solo é mais profundo e a umidade é mais abundante, desenvolve-se o campo sujo, coberto de carquejas (*Baccharis* sp.) e touceiras de capim alto. Abaixo da metade dos flancos, avançando em muitos pontos mais acima, onde se misturam com o campo sujo, desenvolvem-se os vassourais, formando comunidades de 1 a 3 metros de altura, dominadas pela vassoura-vermelha (*Dodonea viscosa*). Associada a ela é comum espécies de gravatá-do-campo (*Eryngium*), bem como arbustos baixos de compostas verbenáceas e leguminosas, assim como gramíneas do gênero *Andropogon*.

Mais recentemente, o IBGE tem classificado os Campos de Cima da Serra como estepes (IBGE, 1993). O PROBIO também, no mapeamento dos biomas brasileiros, classificou os Campos de Cima da Serra, associados ao Bioma Mata Atlântica, como estepes.

De acordo com MARCHIORI (2004), os campos sulinos são relictos de uma vegetação verdadeiramente estépica que ocorreu na região durante o Pleistoceno, mais frio e seco. No Holoceno, o clima ficou mais quente e úmido, permitindo que algumas espécies savanícolas penetrassem na região, mas, dada a ausência de um clima verdadeiramente estacional, com uma estação seca bem definida, a sucessão não deu seqüência a uma savanização verdadeira, mas a um processo de aumento da cobertura florestal, a qual somente parou em função do manejo antrópico. O autor realça que o clima do tipo Cfb, ombrófilo, e da predominância de espécies de gramíneas de baixa altura não autorizam o uso do termo savana para os campos sulinos, defendendo o uso do termo “campos” para caracterizar este tipo de vegetação.

Pode-se, portanto, definir os campos como sendo estepes relictuais invadidas por espécies savanícolas, em tensão com o clima atual, que é de tipo florestal.

A definição atual do PROBIO, cuja base cartográfica de vegetação é utilizada neste projeto, de mapear os Campos de Cima da Serra como estepes, condicionou a terminologia seguida ao longo do relatório.

2.5.3.2 A Fauna

A fauna da região do Alto Uruguai pode ser considerada como uma das regiões dos Estados do RS e SC de maior importância para a conservação da biodiversidade. Ainda que a paisagem local se apresente bastante fragmentada, essa região abriga grande diversidade faunística. Nas áreas ainda preservadas os fragmentos de Floresta Estacional Decidual e da Floresta Ombrófila Mista, juntamente com as áreas de

preservação permanente remanescentes, formam um importante corredor para a fauna silvestre que encontra, ali, local para abrigo, reprodução e deslocamento.

Através do levantamento de dados secundários, registrou-se para a região um grande número de taxa ameaçados em diversos graus de risco e muitas espécies endêmicas, seja para a Mata Atlântica de modo geral, seja estritamente relacionadas aos ambientes florestais que ocorrem naquela porção dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. O número de espécies ameaçadas por categoria de ameaça, seja em nível nacional ou estadual (Machado et al., 2008; Fontana et al., 2003) bem como as espécies endêmicas, podem ser vistas na Figura 2-8.

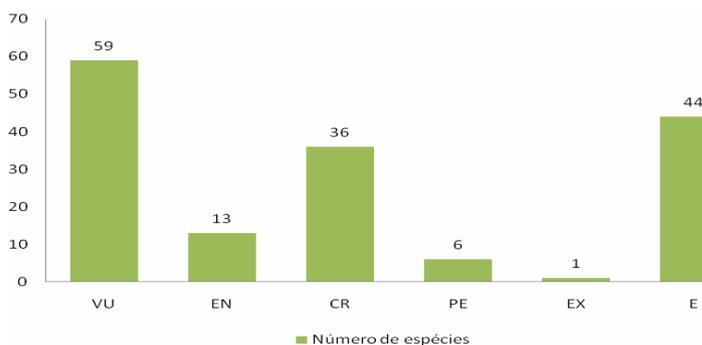


Figura 2-8 Número de espécies ameaçadas por categoria de ameaça

(VU = vulnerável; EN = em perigo; CR = criticamente em perigo; PE = provavelmente extinta; EX = extinta) e número de espécies com algum grau de endemismo (E = espécie endêmica), registradas para a região do Alto Uruguai através de levantamento de dados secundários.

Há em toda a região Unidades de Conservação de grande relevância para a manutenção dessas espécies. Essas áreas abrigam espécies importantes e servem como áreas fontes para dispersão da fauna em toda a região.

Em trabalho desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente, o subprojeto denominado “Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade nos Biomas Floresta Atlântica e Campos Sulinos”, no âmbito do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO foram eleitas as áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade no RS (MMA, 2000).

Essas áreas foram classificadas como zonas de “extrema importância”, “muito alta importância” e “alta importância” para a conservação dos diferentes grupos. Nesse contexto, a região do Alto Uruguai destacou-se como prioritária para todos os grupos faunísticos, conforme lista abaixo:

Áreas prioritárias – Mamíferos

1. Parque Estadual do Turvo
2. Alto Uruguai
3. Estação Ecológica de Aracuri
4. Campos do Planalto
5. Aparados da Serra/Canela/São Francisco de Paula
6. Depressão Central
7. Coxilha das Lombas

Áreas prioritárias – Aves

1. **Parque Estadual do Turvo**
2. **Parque Estadual de Nonoai**
3. **Planalto das Araucárias**
4. Campos de São Borja
5. Maciço Florestal de Aparados da Serra
6. Mata do Faxinal e Remanescentes Adjacentes de Floresta Costeira
7. Escarpa Meridional da Serra Geral
8. **Parque do Espinilho**
9. Vale do Camaquã
10. Lagoa do Peixe e Áreas úmidas adjacentes
11. Campos de Bagé e Candiota
12. Banhados e Marismas entre a Lagoa Mangueira e o Estuário da Laguna dos Patos

Áreas prioritárias – Peixes

1. **Cabeceiras do rio Uruguai (Bacias dos rios Pelotas e Canoas-RS/SC)**
2. Alto rio das Antas
3. Cabeceiras do Mampituba
4. Cabeceiras dos afluentes da margem direita do rio Ibicuí
5. Bacia do rio Maquine
6. Alto rio Quaraí

Áreas prioritárias – Répteis e Anfíbios

1. **Região do Parque Estadual do Turvo**
2. **Parque Florestal de Nonoai**
3. **Parque do Espigão Alto**
4. Encosta e Canions da Serra Geral (RS/SC)
5. Planalto Central do RS
6. APA do Ibirapuitã
7. Planície Costeira (RS/SC)
8. Serra do Sudeste
9. Litoral Interno das Lagunas dos Patos
10. Banhados do Taim

Áreas prioritárias – Invertebrados

1. **Parque do Turvo**
2. **Cambará/Vacaria/Aparados da Serra/São José dos Ausentes**
3. Santa Maria/Mata/São Vicente do Sul/São Pedro do Sul
4. Barra do Quaraí
5. Restinga e encosta dos Aparados da Serra
6. Banhado do Forte de Santa Tecla
7. Feixe Litorâneo Lagoas dos Patos e Mangueira

Áreas prioritárias – Flora

1. Região de Nonoai
2. Aparados da Serra/**rio Pelotas**/Vale do rio das Antas
3. Campos e Matas da Região Central
4. Campanha Oeste
5. Rio Camaquã

Fica claro que uma das áreas de maior importância da região para a fauna regional é o Parque Estadual do Turvo. Esse parque está localizado na porção noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, município de Derrubadas, e faz fronteira com a Argentina. O Parque possui 17.491 ha e é o último remanescente representativo da Mata Pluvial do Alto Uruguai. Sua localização, contígua a região de Misiones, pode ser considerada como um dos extremos do Corredor Verde, uma ampla região florestal que se estende pela Argentina até o Parque Nacional do Iguazu. Esta região abriga uma grande diversidade de fauna e as populações mais austrais de diversas espécies, tendo, portanto, grande importância conservacionista. Pode ser considerado como o mais íntegro fragmento florestal do RS. Abriga espécies florestais de grande relevância, muitas ameaçadas de extinção, algumas delas com ocorrência limitada àquela área no RS, como a onça-pintada (*Panthera onca*). Essa área também é classificada pela Birdlife International como uma das IBA (*important bird area*) no Rio Grande do Sul (Bencke et al., 2006). No trabalho desenvolvido por Kasper (2007), entre janeiro de 2005 e dezembro de 2006, foram realizados estudos sobre a abundância relativa de mamíferos de médio e grande porte no Parque Estadual do Turvo. No total foram registradas 29 espécies de mamíferos de médio e grande porte. As espécies de mamíferos cujos registros mostraram-se mais abundantes foram a cutia (*Dasyprocta azarae*) e o tapiti (*Sylvilagus brasiliensis*). Entre os Carnívora, o quati (*Nasua nasua*) e a jaguatirica (*Leopardus pardalis*) foram as espécies mais comumente registradas. Os indivíduos de *Leopardus pardalis*, foram individualizados por foto-identificação. No total, obteve-se o registro de ao menos 26 indivíduos em toda área do Parque. Através de análises de captura e recaptura estimou-se a densidade local de *L. pardalis* em 0,20 indivíduos por km². Entre os ungulados, a espécie com maior número de registros foi catetu (*Pecari tajacu*), embora a anta (*Tapirus terrestris*) seja uma espécie facilmente registrada na área. Constatou-se a extinção local de queixada (*Tayassu pecari*), não registrada na área mesmo após dois anos de estudos.

Outra área notadamente importante é o Parque Estadual do Espigão Alto. Localizado no município de Barracão, RS, no Planalto, próximo ao rio Uruguai no vale do arroio Marmeleiro, o Parque Estadual do Espigão Alto preserva o maior fragmento de floresta de araucária (Floresta Ombrófila Mista) e porções menores da Floresta do Alto Uruguai (Floresta Estacional Decidual). Com essas características, abriga espécies com grande grau de ameaça, como a jaguatirica (*Leopardus pardalis*), o veado-poca (*Mazama nana*) e o papagaio-do-peito-roxo (*Amazona vinaceae*) (SEMA, 2009).

Menos íntegro, mas também importante por abrigar espécies ameaçadas, é o Parque Estadual de Rondinha. Localizado no Planalto do RS, na cidade de Sarandi, divide-se em Floresta de Araucária (Floresta Ombrófila Mista) e campos (savanas) com destaque para pequenos butiazais e jaboticabais. Com 1.000 ha e uma forte pressão de

uso agrícola do solo no em torno, a fauna encontra-se empobrecida, mas ainda significativa, com ocorrência de espécies ameaçadas como o tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*), o papagaio-de-peito-roxo (*Amazona vinaceae*) e o pica-pau-rei (*Campephilus robustus*) (SEMA, 2009).

A Estação Ecológica de Aracuri, município de Esmeralda, RS, é uma UC Federal, que foi criada com o objetivo de proteger amostra representativa do ecossistema de araucária (*Araucaria angustifolia*) e de uma das espécies de psitacídeos ameaçadas de extinção, o papagaio-charão (*Amazona pretrei*). A paisagem é marcada pela presença da araucária, compondo com outras espécies, no conjunto, a fisionomia conhecida como "Mata Redonda". Tal fisionomia é realçada na paisagem pela presença de grandes espaços ocupados por vegetação herbácea que recebe o nome de campos de cima da serra. Além da presença do papagaio-charão, nessa UC foram identificadas 104 diferentes espécies de aves. Também ocorrem mamíferos como o bugio (*Alouatta guariba clamitans*), veados, a anta (*Tapirus terrestris*), tatus, entre outros (IBAMA, 2009).

Há também nessa região outras UC, como o PARNA de São Joaquim (São Joaquim, SC), a FLONA de Chapecó (Chapecó, SC), a FLONA de Passo Fundo (Passo Fundo, RS), a EE Aracuri- Esmeralda (Esmeralda, RS), a RPPN Fazenda Araucária (São Joaquim, SC), a RPPN Gralha-azul (Água Doce, SC), o PE do Ibitiriá (Vacaria e Bom Jesus, RS), o PE Nonoai (Gramado dos Loureiros, Liberato Salzano, Nonoai, Planalto, Rodeio Bonito e Trindade do Sul, RS), o PE Fritz Plaumann (Concórdia, SC), o PE Araucárias (São Domingos, SC) e o PE Rio Canoas (Campos Novos, SC). Essas áreas protegidas contribuem sobremaneira com a manutenção da diversidade biológica regional. Essas áreas funcionam como áreas fonte de dispersão de espécies ao longo dos corredores e fragmentos existentes.

Dentre as espécies registradas para o Alto Uruguai, destacam-se algumas com características predominantemente florestais e que são classificadas como raras e/ou apresentam algum grau de ameaça de extinção, entre elas podemos citar a serpente jararacuçu (*Bothrops jararacussu*) e as aves macuco (*Tinamus solitarius*), gavião-de-penacho (*Spizaetus ornatus* – provavelmente extinto), bacurau-rabo-de-seda (*Caprimulgus sericocaudatus*), araçari-castanho (*Pteroglossus castanotis*), trovoada-de-bertoni (*Drymophila rubricollis*) e olho-falso (*Hemitriccus diops*).

Também há registro de mamíferos altamente ameaçados, na categoria criticamente em perigo, como a onça-pintada (*Panthera onca*), o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), o veado-poca (*Mazama nana*), o queixada (*Tayassu pecari*), o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), a anta (*Tapirus terrestris*) e a ariranha (*Pteronura brasiliensis* – provavelmente extinta). Dessas espécies algumas têm ocorrência restrita a esse setor e são extremamente exigentes quanto ao habitat, merecendo atenção redobrada quanto a estratégias de conservação. Também merece destaque por ser uma espécie ameaçada os bugios (*Alouatta guariba clamitans* e *Alouatta caraya*) que hoje estão classificados como vulneráveis, mas com a recente epizotia ocorrida no Estado do Rio Grande do Sul, com o surto da febre amarela, certamente terão seu grau de ameaça reavaliado. Essas espécies são folívoras, com alta associação com a floresta, sendo necessário um ambiente íntegro e contínuo para garantir a sobrevivência de sua população, sendo a região do Alto Uruguai de grande importância para as espécies (Codenotti et al., 2002).

2.5.4 Evolução Sociocultural

Numa perspectiva meramente hidrológica, o conceito clássico de Bacia Hidrográfica explicita um conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes, (Pires et al., 2002). Esse conceito, porém, vem se expandindo para uma análise mais abrangente, uma vez que a bacia hidrográfica tornou-se uma unidade de planejamento e gerenciamento ambiental que integra tanto aspectos bióticos como antrópicos. Com isso a divisão geográfica “Bacia Hidrográfica” passou a ser apropriada em estudos ambientais integrados, pois, sobre os sistemas hidrológicos, geológicos e ecológicos de uma bacia hidrográfica há que se considerar também a atuação de forças antropogênicas, onde os sistemas biogeofísicos, econômicos e sociais interagem, neste sentido as dimensões socioeconômicas e culturais devem constituir importante subsídio na tomada de decisões no que se refere ao uso do seu potencial energético para construção de Usinas Hidrelétricas (UHE) (Ab’Saber, 2003).

Dito isso, considera-se que os aspectos socioeconômicos da área de abrangência do projeto FRAG-RIO estão relacionados intimamente as características históricas da ocupação antrópica da região sul do Brasil, a qual tiveram influência tanto os aspectos naturais, como a topografia, o clima e a cobertura vegetal como a trajetória da expansão capitalista não só América Latina, mas também na Europa, a partir de meados do século XIX.

Datam da metade do século XVII os registros mais antigos da colonização européia no Vale do Uruguai. Foram os espanhóis os primeiros colonizadores da região, vindos do Peru pelo estuário do rio da Prata. Coube aos missionários da Companhia de Jesus o trabalho de catequese dos povos indígenas, os primeiros habitantes dessas terras. Para esta missão foram fundadas dezessete povoações ou reduções, sete no Estado do Rio Grande do Sul, duas no Estado de Santa Catarina, quatro na Argentina e quatro no Paraguai.

Por volta de 1665, a Coroa Portuguesa empreendeu esforços para colonizar as áreas do Vale do Uruguai com incursões de Bandeiras, com o objetivo de captura de índios no território catarinense e gaúcho. Com as incursões os habitantes de Laguna e São Vicente tiveram acesso ao cultivo de algumas espécies agrícolas e a criação de gado selvagem, que tornou os campos de Vacaria, Lages e a costa do Ibicuí a maior área de criação de gado bovino do país.

No século XVIII a soberania portuguesa foi determinada no território das Missões, logo após o final da chamada guerra jesuítica, quando houve a primeira corrente migratória de colonos oriundos dos Açores e Laguna para ocupação territorial. Com o passar das décadas, houve instalação de militares nas fronteiras, onde surgiram povoações para seu atendimento, dentre suas atividades, destaca-se a continuidade na criação de gado (MMA,2006).

Outra forte corrente migratória na região do rio Uruguai ocorreu no período de 1850 a 1900, onde imigrantes oriundos de países europeus, sendo predominantemente, alemães, eslavos e italianos, ocuparam os territórios gaúchos e catarinenses. No povoamento ao sul do rio Ibicuí permaneceu a colonização portuguesa. Com a consolidação dessas populações oriundas do processo migratório imprimiram na região suas características culturais e obedecendo as características naturais da região encontrada.

O clima ameno da região, por exemplo, favoreceu o desenvolvimento de culturas agrícolas que já eram conhecidas pelos imigrantes oriundos de regiões similares da

Europa. As matas de araucárias permitiram a exploração da madeira na construção casas, galpões e utensílios. Os rios da região tornaram-se referências geográficas e a abundância aquífera propiciava a pesca, que foi um importante meio de sobrevivência (Strassburger, 2005).

2.5.1 População, Municípios e Atividades Econômicas

Segundo o Censo de 2000 do IBGE, a população da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, no ano de 2000, era de 3.834.654 habitantes. A Tabela 2-2 apresenta a população total em cada uma das sub-bacias, bem como a densidade populacional em cada uma delas.

Tabela 2-2: População, densidade relativa e população urbano-rural da bacia do rio Uruguai e suas sub-bacias.

Bacia	Sub-bacias nível 1			Sub-bacia nível 2				
	Nome	população	densidade	nome	população	densidade	% pop. Urbana	% pop Rural
Uruguai	Uruguai - alto	2.243.474	29,44	Pelotas	89,141	6,74	25,3	74,7
				Canoas	412.653	27,70	82,7	17,3
				Uruguai Nacional	1.741.680	36,22	60,4	39,6
	Uruguai médio	1.098.849	23,12	Uruguai 1	388.076	35,90	57,0	43,0
				Ijuí	363.800	33,53	74,9	25,1
				Uruguai 02	194.093	11,79	75,9	24,1
				Quarai	153.880	16,27	93,2	6,8
	Ibicuí	444,470	9,39	Santa Maria	186.374	11,81	91,0	9,0
				Uruguai 03	258.096	8,18	72,9	27,1
	Negro	110.598	36,77	Negro	110.598	36,77	90,2	9,8

Na Sub-bacia Uruguai - Alto a população total é de 2.243.474 habitantes, ou seja, 58% do total populacional de toda a bacia do Uruguai. Dentro desta Sub-bacia 1, a maior população encontra-se na Sub-bacia Uruguai Nacional, onde reside uma população superior a 1.740.000 habitantes (77% do total da sub-bacia e 45% do total da Bacia).

A Sub-bacia do Rio Pelotas é a de maior índice de população rural, de quase 75%, revelando assim ser uma região com poucas vilas e cidades e forte atividade agro-silvo pastoril. Na bacia do Alto Uruguai, nota-se que embora a concentração populacional urbana na região “Uruguai Nacional” não seja a maior em termos percentuais (a sub-bacia do rio Canoas, onde se localiza Vacaria tem uma concentração populacional maior) esta em termos absolutos de população é a mais proeminente, sendo esta população concentrada em uma miríade de municípios médios, como Passo Fundo, Chapecó, Horizontina, entre outros.

Quanto à divisão política, segundo IBGE (2008), os municípios que compõe a região do alto Uruguai são em numero de 287. Destes, merecem destaque Lages e

Chapécó (SC) e Passo Fundo, Erechim, Iraí, Vacaria e Ijuí (RS). A Figura 2-9 mostra a localização da sede dos municípios na bacia do Alto Uruguai.

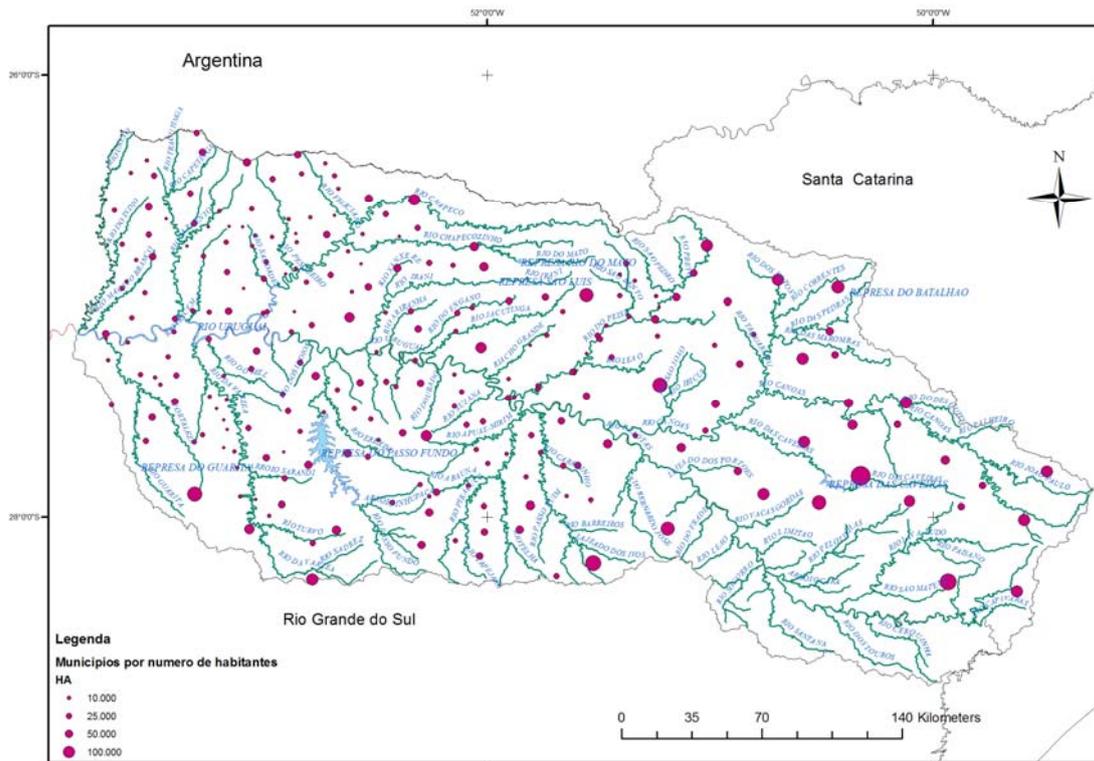


Figura 2-9: Localização dos municípios e suas populações. Fonte: IBAMA (2007).

Estes Municípios constituem os pólos de desenvolvimento e atração dentro da Bacia hidrográfica, fazendo com que os fluxos populacionais e econômicos concentrem-se nessas áreas e ao seu entorno.

No que se refere ao uso do território para a atividade agrícola, a Bacia do Rio Uruguai apresenta consideráveis limitações em boa parte do território, com relevo íngreme, associado a áreas pedregosas e afloramento de rochas. Apesar disso a estrutura agrária se formou com pequenas áreas de produção familiar e responde por importante fonte de renda e alimentação de subsistência.

Pelos dados da Embrapa (2002) apud MMA (2006), a agricultura intensiva atingia uma área de mais de 2 milhões e 700 mil hectares da região, já a área que compõe uma agricultura menos intensiva, com prática agrícolas menos impactantes perfaziam na época em torno de 4 milhões e 300 mil hectares.

A agricultura destaca-se com a produção de alho, maçã, batata, soja e milho. Na pecuária destaca-se a produção de bovinos, de vacas produtoras de leite e, com importância de mercado significativa, a produção de suínos e aves (Strassburger, 2005).

Devido a grande produção de aves e suínos, a partir da metade do século XX surgiram na região várias empresas e cooperativas agroindustriais voltadas à produção e industrialização destes produtos, proporcionando o surgimento de várias outras indústrias que através de sistemas de integração, fornecem insumos tanto para indústrias como para os produtores rurais, atividades que dinamizam a economia da região e geram empregos tanto na zona rural como na urbana. Há que se considerar também

como atividades econômicas da região as indústrias madeireiras, que ainda aparecem como importantes geradoras de riqueza e empregos.

A região teve um desenvolvimento agrícola e pecuário impulsionados pelos imigrantes que colonizaram a região na primeira metade do século XIX. O desenvolvimento das atividades agrícolas, mais tarde propiciaria um desenvolvimento industrial com base nas agroindústrias de processamento de aves e suínos, tornando a região como importante pólo urbano industrial já partir da metade do século XX.

A taxa de alfabetização da população acima de 10 anos está em torno de 92% e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) em 2000 era de 0,780 (MMA,2006).

Os dados econômicos da região em estudo podem ser ilustrados pela composição do Produto Interno Bruto (PIB) no ano de 2002, na Tabela 2-3 (MMA,2006). Já o PIB per capita é de R\$ 9.116,34.

Tabela 2-3 Dados do PIB (2002) da Região em Estudo

DADOS DO PIB	Em (R\$ 1.000)
PIB Agricultura	6.284.679,521
PIB Industrial	7.521.901,265
PIB Serviços	6.987.579,679
PIB – Valor agregado	20.794.160,483

2.5.2 Usos da Água

Os consumos de água verificados na região, para abastecimento urbano, rural, industrial e dessedentação de animais são pouco significativos dentro da relação demanda/disponibilidade da região, principalmente para as sub-bacias da porção do Trecho Alto do rio Uruguai, com algumas exceções.

Uma questão relevante, que se configura em um dos maiores desafios para a gestão de recursos hídricos na Bacia, é a ocorrência de problemas de abastecimento em Municípios do trecho alto da Bacia, principalmente do lado dos afluentes da margem esquerda (RS). Nesta região, cidades como Erechim (RS) têm passado por sérios problemas de abastecimento de suas populações, principalmente no caso de eventos extremos de estiagem (como os últimos verões).

A Tabela 2-4 apresenta as demandas para os diversos usos de água por sub-bacias do rio Uruguai. Verificam-se quadros críticos em algumas sub-bacias, sendo que, nas sub-bacias Quaraí, Santa Maria e Uruguai 3, as demandas ultrapassam as disponibilidades, considerando como referência as descargas com 95% de permanência.

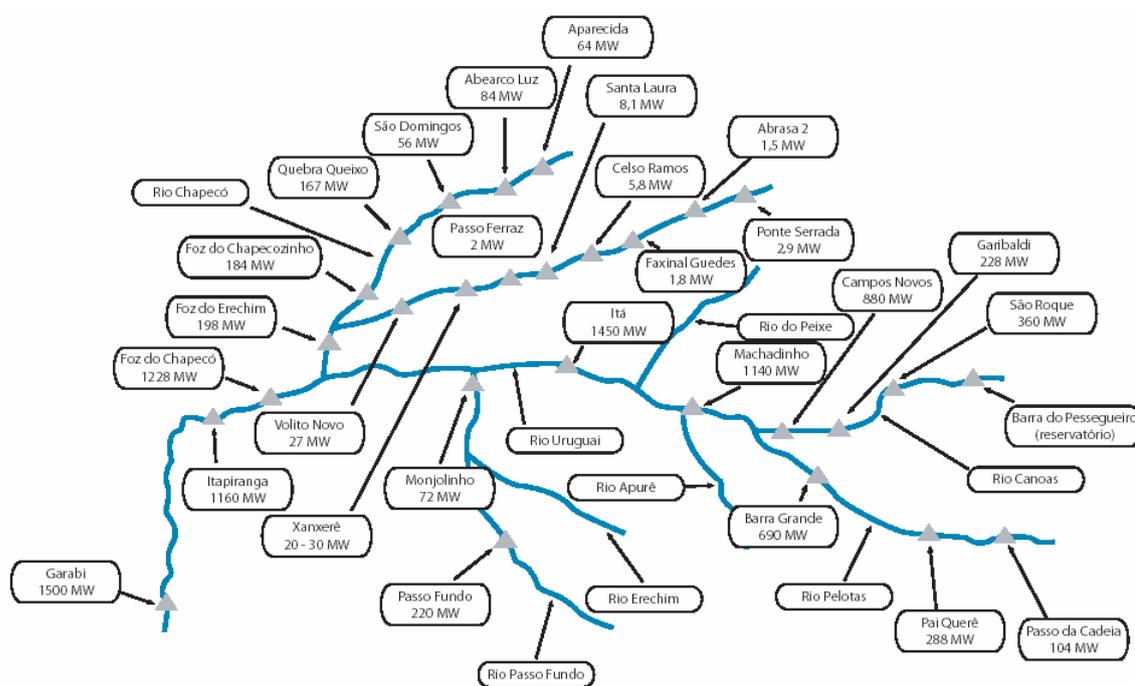
Tabela 2-4 : Balanço hídrico na região hidrográfica do Uruguai. Fonte: MMA (2006)

Sub-bacias	Disp. Q ₉₅ (m ³ /s)	Demandas (m ³ /s)						Balanço Hídrico	
		Abast. urbano	Abast. rural	Criação animal	Abast. industrial	Irrigação	Total	Saldo (m ³ /s)	Dem/disp
Pelotas	37,30	0,054	0,073	0,389	0,011	0,405	0,9	36,37	2,5%
Canoas	47,38	0,786	0,082	0,293	0,532	0,783	2,431	44,95	5,1%
Uruguai Nacional	134,64	2,858	0,879	2,584	2,357	0,828	9,50	125,13	7,1%
Uruguai 1	27,24	0,731	0,243	0,390	0,401	0,489	2,25	24,99	8,3%
Ijuí	34,83	0,895	0,132	0,301	0,358	0,541	2,22	32,60	6,4%
Uruguai 2	34,91	0,465	0,067	0,642	0,085	24,796	26,05	8,85	74,6%
Quaraí	12,77	0,574	0,0145	0,427	0,052	23,352	24,42	-11,65	191,3%
Santa Maria	15,63	0,570	0,024	0,792	0,086	24,822	26,29	-10,67	168,3%
Uruguai 3	42,57	0,552	0,099	1,385	0,145	49,883	52,06	-9,49	122,3%
Negro	3,46	0,338	0,016	0,139	0,070	1,919	2,48	0,98	71,8%

O uso mais expressivo dos recursos hídricos na região é a geração de energia por hidrelétricas. O trecho alto da bacia mostra-se com uma vocação para geração de energia hidroelétrica. O potencial hidráulico da Bacia é alto e os empreendimentos ali instalados têm bom desempenho, devido à possibilidade de aproveitar os vales encaixados dos cursos de água característicos da região.

Toda a bacia do rio Uruguai (incluindo as partes em territórios Argentino e Uruguiaio), com um potencial da ordem de 41 kWmed/km², ainda oferece amplas possibilidades de novos aproveitamentos hidrelétricos (MMA, 2006).

De um potencial inventariado de 16.500 MW, apenas 16% eram aproveitados em 1997. As Figuras 2-10 e 2-11 mostram todo o inventário previsto para a bacia do rio Uruguai e o que já está em operação, respectivamente.



Fonte: FGV (1998)

Figura 2-10 Inventário do potencial hidrelétrico da bacia do rio Uruguai.

Fonte: ANA(2005) apud MMA (2006)

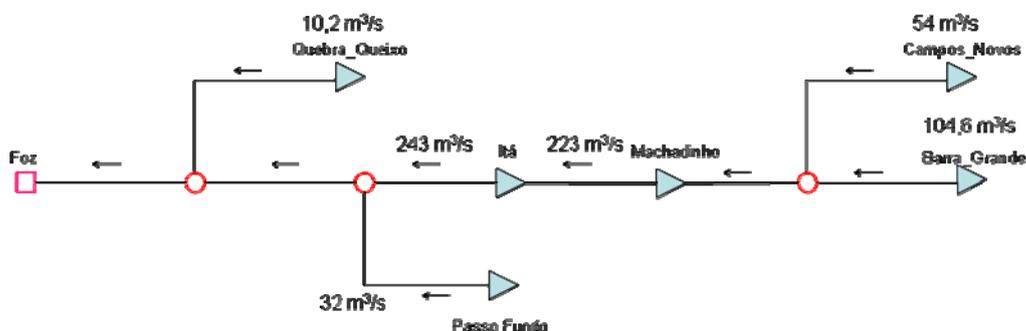


Figura 2-10. Diagrama com a vazão regularizada (100% de garantia) pelas hidrelétricas do rio Uruguai. Adaptado de ANA (2005) apud MMA(2006).

3 MODELO CONCEITUAL

3.1 *Análise da Conectividade da Rede de Drenagem*

A avaliação ambiental integrada exige um modelo conceitual de rios que não é compatível com a visão comum aos estudos de ecossistemas terrestres, onde a maioria das relações funcionais são modeladas como funções locais de produção, consumo e decomposição organizadas, principalmente, no eixo vertical (Schäfer, 1984). Ao contrário, os rios são sistemas de fluxo que separam horizontalmente estas funções ecossistêmicas.

Embora o conceito funcional de ecossistema tenha sido elaborado por Lindeman em 1942, a primeira teoria ecossistêmica de rios somente surgiu na década de 80 com a Hipótese do Rio Contínuo (Vannote et al., 1980). Em 1995, Bretschko incorporou ao modelo conceitual do rio contínuo a dinâmica de manchas oriunda da Ecologia de Paisagem, que não visualiza o trecho de rio como um ente homogêneo, mas como heterogêneo. A riqueza de habitats passa a ser algo incorporado nos modelos de rios. Deste modo, o rio se comportaria como um contínuo na escala do rio inteiro e como um descontínuo na escala de cada trecho.

Em 2004, Benda e colaboradores propuseram a Hipótese da Dinâmica de Redes. De acordo com os autores, esta hipótese permite que se façam previsões sobre como os arranjos de tributários em uma rede de drenagem (topologia de rede) interagem com processos estocásticos para influenciar os padrões espaço-temporais da heterogeneidade de habitats. Os autores trabalham com variáveis como tamanho e forma da bacia, configurações da rede, diferença de área de contribuição entre trechos confluentes de rios, densidade de drenagem, densidade de confluências, geometria da rede (ângulos nas confluências e distâncias entre tributários significativos). Assim, a teoria passa a se preocupar com a descrição das relações entre forma e função em escala de bacia hidrográfica, envolvendo toda a rede de drenagem.

A incorporação da visão de que um rio é um sistema de fluxo, que conecta cada ponto de uma bacia hidrográfica ao seu exutório, através do ciclo hidrológico, que estes fluxos são concentrados ao longo da rede de drenagem e que esta configuração faz parte de um sistema complexo, auto-organizativo, que se desenvolve no espaço e no tempo em resposta aos diferentes regimes de perturbações, é, portanto, muito recente.

Mais recente ainda são as proposições para implementar estudos relacionados com esta visão de rio em escala de planejamento de bacias hidrográficas.

Reconhecer o rio como sistema de rede, auto-organizativo, é o ponto de partida, mas também demanda informações nem sempre disponíveis. Deste modo, a seleção de variáveis torna-se um ponto crucial no desenvolvimento metodológico da avaliação ambiental integrada. Somente devem ser buscadas variáveis que têm potencial para modelarem qualitativamente ou quantitativamente as funções e padrões que são resultantes desta configuração conceitual.

Os estudos desenvolvidos pela FEPAM, juntamente com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e com a Universidade Federal de Santa Maria (FEPAM/UFRGS, 2001; FEPAM/UFRGS, 2004; FEPAM/UFSM, 2005), recomendam que se procure manter rios livres de barragens com a finalidade de conservar padrões e processos necessários para a preservação de parcela representativa da biodiversidade dos rios, bem como trechos livres de rios entre barramentos e um regime de vazões que procure

manter o regime de pulsos necessários para a manutenção dos processos ecossistêmicos ao longo dos rios.

Esta tarefa envolve a construção de estratégias de conservação para trechos de rios que devem ser desenvolvidas em várias escalas e etapas do processo de planejamento dos usos em uma bacia hidrográfica. A seleção de trechos de rios que devem ser mantidos livres de barragens envolve um processo de seleção daqueles que tem maior potencial para manterem preservada a biodiversidade e padrões e processos ecológicos fundamentais para a conservação. No entanto, uma vez selecionados os trechos, cabe ao poder público a criação de ferramentas para viabilizar a aplicação destes preceitos. Cabe realçar que não existe no Sistema Nacional de Unidades de Conservação uma categoria específica para atender à proteção de trechos de rios. Deste modo, diferentes estratégias têm sido efetuadas.

O MMA, no contexto dos acordos referentes ao licenciamento da UHE Barra Grande, com vistas a proteger o corredor ecológico do rio Pelotas realizou estudo para a implantação de Refúgio da Vida Silvestre (RVS) para proteger este trecho de rio em conjunto com o ambiente ribeirinho (MMA, 2007). A FEPAM, no Rio Grande do Sul, tem abordado o problema de manter trechos de rios livre de barramentos através de Portarias Internas, não envolvendo a criação de Unidade de Conservação, mas impedindo o licenciamento de barragens nos trechos. Outra experiência foi desenvolvida pela Agência Nacional de Águas, que propõe a conservação do trecho médio do rio Araguaia, condicionando a reserva de disponibilidade hídrica e a outorga à comprovação de que não causarão modificações no regime hídrico do trecho (ANA, 2009⁸). Cada uma destas abordagens tem suas vantagens e desvantagens do ponto de vista da conservação. A criação de um RVS envolve a delimitação de uma área que deve ser desapropriada quando os usos são incompatíveis com os objetivos da Unidade de Conservação, possuindo, portanto um alcance limitado em termos de viabilidade de implantação de uma política que englobe todas as áreas da drenagem a serem protegidas. No caso do RVS do rio Pelotas (MMA, 2007), o estudo identificou que os usos da área são compatíveis com os objetivos da UC, incluindo a pecuária extensiva nas áreas de estepe (Campos de Cima da Serra) e o ecoturismo. Já a abordagem da FEPAM, além de ser mais instável politicamente (status do ordenamento jurídico inferior) e de não envolver as áreas ribeirinhas (restringe-se à calha do rio), possui a vantagem de poder ser aplicada em grandes trechos de rios dentro de uma bacia hidrográfica. A abordagem da ANA, embora tenha como objetivo a conservação do trecho e de suas funções ecológicas, somente condiciona o uso do trecho a uma comprovação de não mudança do regime hidrológico, não garantindo a conservação de outras funções do ecossistema. Seria interessante a criação de uma categoria de Unidade de Conservação de Uso Sustentável que fosse restrita ao leito do rio e suas áreas de preservação permanente que impedisse qualquer atividade que resultasse em fragmentação física ou qualitativa de um trecho de rio. Esta seria uma possibilidade que uniria as vantagens de todas as abordagens. No entanto, cabe comentar que isto não invalida a proposição de RVSs para proteção de áreas de corredores ecológicos de

8 “No caso do Araguaia, pelas suas características hídricas e valor ambiental, o seu trecho médio - que inclui diversas terras indígenas, áreas de proteção ambiental, o Parque Nacional do Araguaia, um sítio Ramsar, os parques estaduais do Araguaia e do Cantão e um corredor ecológico - deve ser protegido, de modo a preservar o equilíbrio que depende da manutenção da dinâmica fluvial existente. As intervenções planejadas nesta bacia somente devem receber outorga de uso ou reserva de disponibilidade hídrica depois de demonstrarem que a dinâmica fluvial neste trecho não será afetada” (ANA, 2009).

excepcional importância para a biodiversidade, uma vez que estas atendem a objetivos de conservação mais amplos que a manutenção de trechos livres de rios.

Neste estudo, além da espacialização das diferenças de fragilidades ambientais em diferentes trechos da bacia e da drenagem, elencaram-se algumas variáveis que permitem a avaliação em rede dos padrões e processos mais atingidos pela fragmentação de rios na realidade da bacia hidrográfica do rio Uruguai: o estudo de trechos de rios para populações de peixes migradores, tomados como grupo “guarda-chuva” para a preservação da biota aquática e das funções ecossistêmicas necessárias para garantir a sua viabilidade e o estudo de redes de drenagem contínuas, tomadas como área de manutenção de espécies de importância para a pesca profissional artesanal, sustentando para cada rede, uma maior ou menor quantidade de pescadores. Mais do que simplesmente garantir a sobrevivência das espécies, essa análise visa à manutenção dos estoques que garantem a manutenção de um determinado esforço de pesca, representando manutenção de biota, recursos pesqueiros e valores culturais destas comunidades.

3.2 Características e Limitações

Este estudo configura uma atualização e aperfeiçoamento metodológico para a implementação da ferramenta de AAI de bacia hidrográfica, inserindo-se no processo de construção metodológica. Esta teve sua história de maior desenvolvimento na sequência de estudos efetuados no Rio Grande do Sul, pela UFSM e pela UFRGS, para as bacias hidrográficas do Taquari-Antas, Bacia 75, U10 e Inventário de Barragens para Irrigação na Parte Norte do Rio Grande do Sul desde 2001. Após, seguiu com os procedimentos assumidos no Termo de Referência para a AAI da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, que resultou em livro editado pelo MMA (Tucci e Mendes, 2006).

Em relação ao Termo de Referência elaborado pelo MMA, este estudo aperfeiçoa o relacionamento entre as fases de diagnóstico da bacia e análise ambiental distribuída. Esse aperfeiçoamento se tornou possível pela incorporação dos avanços efetuados na teoria ecológica dos rios, pelo uso da análise de fragilidades ambientais e da análise de trechos e de redes como ferramentas para traduzir o modelo conceitual em informações úteis para assessorar os tomadores de decisões.

Na presente abordagem, o rio é analisado como UM SISTEMA EM REDE COM CONECTIVIDADE TANTO A MONTANTE COMO A JUSANTE, em que, parte dos fluxos são movidos pela gravidade, como os escoamentos, no sentido de montante para jusante, mas existem outros fluxos, nem sempre tão visíveis, mas não menos providos de importância ecológica, que são os fluxos resultantes do consumo de energia metabólica dos organismos (que podem mover nutrientes e biomassa no sentido jusante para montante, como os peixes migradores) ou como aqueles fluxos determinados pelo consumo de energia fóssil, que redistribuem e transportam materiais, energia e informação independentemente da gravidade ao longo da bacia.

O uso destas ferramentas permite um detalhamento da distribuição das fragilidades ambientais tanto do terreno, no modelo digital “*raster*” pixel a pixel, como trecho a trecho de rio, considerando a fragmentação da bacia hidrográfica, e ainda a integração espacial dos diferentes planos de informação gerados, de modo a construir uma visão integrada das fragilidades da bacia.

Esta visão integrada está associada ao uso dos produtos da modelagem como instrumentos para assessorar a tomada de decisão no processo de planejamento

ambiental das bacias hidrográficas, bem como na orientação de processos de licenciamento ambiental de empreendimentos.

Neste sentido, algumas observações são importantes:

Em primeiro lugar, os resultados deste trabalho não definem a decisão quanto à viabilidade ou não de empreendimentos ou de inventários de empreendimentos. Este estudo busca organizar e sistematizar, à luz do modelo conceitual de fragilidades ambientais de uma bacia hidrográfica, as informações disponíveis para que os tomadores de decisão tenham o quadro mais completo possível da situação ambiental da bacia hidrográfica para definirem o contexto geral das negociações a serem efetuadas ao longo do processo de planejamento. Ou seja, este estudo somente avalia os trechos das bacias e dos rios que são mais ou menos frágeis aos empreendimentos que têm o potencial de fragmentá-los.

A decisão cabe às esferas de planejamento e licenciamento ambiental, mediante processo de negociação com os sistemas setoriais.

Outra observação necessária, inerente ao processo de assessoramento à tomada de decisões, refere-se ao fato de que sistemas complexos, como os rios e bacias hidrográficas, não são vistos, em situação de carência de dados, da mesma forma pelos diferentes profissionais e tradições disciplinares, nem mesmo pelas diferentes visões institucionais do mesmo problema. Deste modo, aspectos conflitantes devem ser modelados como cenários diferentes, permitindo aos tomadores de decisão a possibilidade de comparação de trechos de rios e de bacias sob diferentes alternativas de sua utilização.

Todo modelo é uma representação abstrata da realidade e dependente da qualidade dos dados de entrada. Algumas limitações são derivadas da qualidade da espacialização das informações disponíveis e outras estão relacionadas à escala das informações e sua relação com a escala dos processos relevantes para a análise em escala de bacia hidrográfica.

A principal limitação referente à espacialização das informações está relacionada com a necessidade de que se possa mapeá-las em 100% da área de estudo. Muitas vezes, é necessário o descarte de informações de alta qualidade, mas que cobrem uma área limitada. A sua inclusão provocaria um viés na tomada de decisões, como será detalhado no próximo item.

Outra limitação se refere à escala. Muitos processos, relacionados com os impactos ambientais, operam em escala local. Nesta situação, caso não estejam disponíveis informações sobre como se comportam as correlações entre estes processos e outros que operam em escala de bacia hidrográfica, deve-se deixar a sua consideração para os estudos ambientais de escala local. Também este aspecto é tratado com maior detalhe no item a seguir, referente aos critérios para a seleção de variáveis.

3.3 Critério de Seleção de Variáveis

A seleção de variáveis indicadoras é um processo crítico na abordagem metodológica ora proposta. Além da relação com o modelo conceitual, ou seja, quanto ao poder da variável de indicar o estado do sistema em relação a processos ou padrões relacionados com a fragmentação dos rios, outras limitações impõem cuidados na seleção das variáveis.

Um aspecto que torna a situação de carência de dados mais crítica, na maioria das vezes, é o problema da distribuição espacial da informação, uma vez que esta DEVE SER DISPONÍVEL SOBRE 100% DA ÁREA, para evitar possíveis distorções na análise, relacionadas ao viés por precaução e ao viés por desconsideração, conforme explicado a seguir.

O viés por precaução representaria a atribuição de fragilidades altas às áreas da bacia para as quais não existem informações disponíveis, o que, em relação à tomada de decisão com foco na implantação de empreendimentos hidrelétricos, resultaria num desvio das opções para as áreas aonde existem informações (Figura 3-1).

Já o viés por desconsideração traz consequências opostas. Neste caso, a fim de preservar áreas conhecidas, atribuem-se valores baixos de fragilidade para elas, o que resultaria em um desvio dos empreendimentos para as áreas desconhecidas (Figura 3-1).

A única forma de prevenir estes desvios é a utilização de variáveis que possam ser medidas, de mesma forma, para toda a área em estudo.



Figura 3-1 Tipos de viés provocados pela não cobertura dos dados em 100% da área de estudo.

O fato de existirem informações para janelas da área não significa, entretanto, que estas não possam ser utilizadas de forma qualitativa no assessoramento à tomada de decisão; somente não podem ser utilizadas na avaliação integrada pela análise de fragilidades ambientais, que é operacionalizada matematicamente por uma análise multicritério.

Assim, existem dois níveis de utilização da informação de cada indicador:

Análise desagregada: voltada à interpretação das particularidades de cada trecho e para subsidiar recomendações para os estudos ambientais do sistema de licenciamento.

Análise integrada: voltada à modelagem da bacia e à hierarquização de trechos, cenários e empreendimentos.

Na seleção de variáveis indicadoras, relacionadas ao modelo conceitual de fragmentação de rios, algumas limitações referem-se à escala das informações. Nem sempre uma base cartográfica selecionada (no caso deste estudo selecionou-se uma escala de 1:250.000) pode ser aplicada homogeneamente a todas as variáveis indicadoras. Muitas vezes a escala de determinados temas é menor, como é comum com

mapas temáticos do meio físico (solos, geologia, geomorfologia, por exemplo). Neste caso, podem ser efetuados cruzamentos com estes mapas. No entanto, a qualidade do todo não será determinada pela base de 1:250.000, mas pela escala dos mapas de menor detalhamento. Ou seja, o grau de incerteza incorporado pela variável é maior quanto menor a escala em comparação com a base cartográfica utilizada. Deste modo, pode-se fazer uma analogia com a Lei de Liebig: a qualidade global do modelo de análise de fragilidades ambientais é determinada pela variável INDICADORA LIMITANTE, ou seja, a de pior qualidade. Às vezes, o bom senso recomenda a não utilização de uma variável, uma vez que esta pode acrescentar mais incertezas que certezas no assessoramento ao processo de tomada de decisões. Para se tornar viável e útil a construção desta abordagem metodológica, torna-se necessária a disponibilidade de informações.

A seleção de variáveis é de certa forma uma arte, pois envolve, além de boa ciência e boa técnica, criatividade para buscar no universo de dados disponíveis aqueles que atendem simultaneamente aos requisitos de resposta ao estado de padrões e processos significativos, apresentar-se em escala compatível com a modelagem e o tamanho da área em estudo, e ser disponível para 100% da área.

Além disso, as variáveis indicadoras devem ter algumas propriedades, como:

Importância. Refere-se à percepção relativa da equipe multidisciplinar quanto aos processos mais significativos que são representados pelos mapas-critérios e sua hierarquização relativa. Depende da experiência da equipe, estado da arte de conhecimento da região, estado da arte da ciência ambiental – relacionada ao modelo conceitual do problema.

Discriminância. Refere-se ao poder de cada mapa-critério para discriminar, hierarquizar espaços ou empreendimentos. É dependente da qualidade e escala dos dados utilizados para compor os mapas-critérios e da intervariabilidade espacial dos valores. Somente pode ser identificada através de análise de sensibilidade. Está associada às seguintes perguntas: será que uma variável, mesmo sendo importante, permite hierarquizar trechos da área modelada? Ela consegue discriminar áreas? Onde é melhor, onde é pior? Em geral, quanto maior a variabilidade espacial dos valores do indicador, maior a sua utilidade para discriminar onde é melhor ou pior.

Consistência. Refere-se ao grau de ajuste entre os produtos da análise multicritério e a realidade verificada a campo pela equipe multidisciplinar. Esta é dependente, também, da experiência da equipe e deve ser construída através de expedição multidisciplinar que estabelece uma visão prévia da bacia pela equipe (a fim de não ser construída uma visão do problema enviesada pelos produtos da análise multicritério), e, eventualmente, por expedições complementares, posteriores à Análise MultiCritério (AMC), para checar dúvidas quanto à consistência dos mapas-síntese.

Há que se observar que cada um destes aspectos deve ser utilizado para que a racionalidade seja expressa em uma análise multicritério. Portanto, um bom processo de assessoramento à tomada de decisões, deve ser fundamentado em cada um destes aspectos.

Atendidos esses critérios de seleção, a análise de fragilidades ambientais torna-se um elemento fundamental para a avaliação ambiental integrada, considerados ainda os seguintes aspectos quanto aos principais resultados do estudo.

Hierarquização de trechos e cenários :

- São resultados **orientativos** para as negociações e processos de tomada de decisão: o estudo subsidia a decisão, **não decide!**

Identificação de áreas com fragilidades maiores:

- Não impede, *a priori*, a implantação de empreendimentos, mas alerta sobre a necessidade de estudos mais direcionados no âmbito de análise de projetos, em escala de maior detalhe.
- Alerta também sobre o aumento de custos, a complexidade de análise de licenciamento e de outorga.

Identificação de áreas com fragilidades menores:

No mesmo caminho, áreas com baixas fragilidades não remetem diretamente à viabilidade ambiental do empreendimento, posto que o estudo ambiental ainda deverá ser elaborado, visando a uma análise detalhada dos impactos na área de influência do empreendimento, com base em informações apropriadas à escala desse estudo.

Estas questões são consequências da diferença de escala e do objeto do estudo. Enquanto na AAI temos a bacia e a rede como objetos e fenômenos que se propagam em rede definindo a escala do estudo, no estudo ambiental o objeto é um determinado empreendimento e a escala é definida de acordo com as interferências do mesmo nos locais estudados (um determinado local mais as situações locais alternativas). Ou seja, a AAI não dispensa os estudos ambientais, que são instrumentos do sistema de licenciamento ambiental, mas é uma ferramenta para o planejamento ambiental da bacia hidrográfica, podendo ser aplicada para orientar os tomadores de decisão em diversas situações de planejamento; não somente para a análise ambiental de planejamentos setoriais (por exemplo, análises de inventários), mas também como ferramenta de suporte para a implantação de instrumentos do sistema de gestão de recursos hídricos (plano de bacia, outorga do uso da água, enquadramento de corpos de água, cobrança pelo uso da água e sistema de informações) e de planejamento territorial (zoneamentos, planos diretores, seleção de áreas para Unidades de Conservação, etc.)

3.4 Modelagem

O modelo de fragilidades ambientais é um modelo espacialmente distribuído, a partir da elaboração de mapas básicos e temáticos, que combinados e classificados com relação a maior potencialidade de geração de gerar ou sofrer impactos, dão origem a mapas de fragilidades ambientais. Ou seja, o modelo tem por objetivo gerar um zoneamento ambiental, considerando os aspectos agro-econômico-ecológico-antrópicos de uma bacia hidrográfica, que é utilizado como instrumento “auxiliar” para a tomada de decisão sobre “quais áreas” apresentam maior potencial para a implementação de empreendimentos.

Dois tipos de mapas (de fragilidades) são elaborados para o modelo: mapas de fatores e mapas de restrição. Dos sucessivos cruzamentos desses dois tipos de mapas, resultam os mapas sínteses, que, por conter informação agregada e sintética, fornece uma informação mais compreensível para a redução de incertezas, resultando em adequado suporte aos tomadores de decisão.

Uma necessidade gerada pela análise de multicritério é a padronização das variáveis contínuas (mapas de geocampos), isto é, dos valores atribuídos para cada local

em função de cada critério a ser considerado no modelo, de tal forma que se possam cruzar as informações.

A padronização envolve a transformação das escalas das variáveis, de tal forma que todas as variáveis sejam expressas no mesmo intervalo de grandeza, por exemplo, entre zero e um. Essa transformação pode ser feita de muitas maneiras (a partir de diferentes funções) e, geralmente, é efetuada de forma diferente para cada variável, sendo comum a interpolação linear.

3.4.1 Mapa de Fatores

Os mapas de fatores são mapas cujos valores espacializados variam de *zero* (restrição absoluta) a *1 (um)* (sem restrições), também chamados de “*utilidades*” na literatura de tomada de decisão (Porto & Azevedo, 1997). A fim de otimizar o armazenamento das informações e o processamento no *software* de geoprocessamento, a escala utilizada é a de bytes, com 256 valores (0 a 255).

Os mapas de fatores são aqueles que representam geocampos que hierarquizam cada célula do mapa de acordo com uma variável indicadora de algum processo relevante para o processo de tomada de decisão. Expressam as fragilidades (ou favorabilidades em escala pré-definida e igual para todas as variáveis) ambientais. São obtidos a partir do cruzamento de informações referentes a cada tema, devidamente valorados em escala comum.

3.4.2 Mapa de Restrições

Os mapas de restrições têm somente dois tipos de áreas: região sem restrições e outra zona com restrição absoluta, ou seja, áreas que não poderão, em hipótese alguma, receber a locação das intervenções objeto das análises. Deste modo, são apresentados em escala booleana, ou seja, valor 0 (zero) para as áreas onde não podem ser localizados os empreendimentos e 1 (um) para os locais onde podem ser localizados.

3.4.3 Mapa Síntese

Os mapas síntese expressam o resultado final do cruzamento das informações que sintetizam o grau de fragilidades ambientais.

O equacionamento deve ser desenvolvido *pixel a pixel* em ambiente de geoprocessamento e de forma georreferenciada.

Um primeiro modelo a ser utilizado é a soma ponderada dos mapas de fatores (que contém as notas de fragilidades ou favorabilidades):

$$VA = \sum (F_i * p_i) = F_1 * p_1 + F_2 * p_2 + \dots + F_n * p_n$$

onde *F* é o *fator* ou *aspecto* considerado; *p*, a ponderação do fator; e *n*, o número de fatores considerados. Em uma valoração padronizada de 0 a 1 para *VA*, o somatório de ($p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$).

O cruzamento de diferentes mapas que espacializam os critérios de valoração (mapas de fatores, *F*) caracteriza uma análise de multicritério para tomada de decisão. É claro que o equacionamento para o *VA*, conforme apresentado na equação anterior, pode envolver outras operações além do somatório (\sum), como o produtório (π), além de operações lógicas, estatísticas e multivariadas.

$$VA = F_1 * F_2 * \dots * F_n$$

3.4.4 Níveis de Decisão - Bloco X Aspecto X Variável

O princípio da parcimônia ensina que se deve utilizar o menor número possível de variáveis no modelo. Isto significa que, das variáveis indicadoras de algum processo ambiental importante, somente uma será aplicada, tanto em função da disponibilidade de dados como do valor indicativo da variável.

Porém, uma análise ambiental deve considerar na modelagem tanto aspectos do meio físico, como do biótico e do antrópico. À medida que muitas variáveis são utilizadas para a composição de um mapa síntese, informações vão sendo perdidas. Para que o modelo possa ser útil para a tomada de decisão, é importante que resultados intermediários sejam apresentados. Assim, o modelo está organizado em três níveis de modelagem: o mapa síntese da AAI é resultante de uma ponderação entre Blocos das fragilidades dos Meios Físico, Biótico e Antrópico. Cada bloco é formado por aspectos relevantes indicativos de processos geradores de impacto: das obras no meio e do meio nas obras. Cada aspecto é o resultado do equacionamento de variáveis indicadoras de estado, mapeáveis na escala do estudo (nesse caso 1:250.000) em 100% da área do estudo.

Os indicadores dos processos podem ser mapas de fatores (em escalas que variam de 1 a 255) ou de restrição (valores de 0 ou 1). O resultado dos cruzamentos das variáveis são mapas sínteses dos aspectos. O resultado do cruzamento dos diferentes aspectos gera um mapa síntese do bloco e finalmente, do cruzamento dos diferentes blocos, obtém-se o mapa síntese do modelo. Figura 3-2.

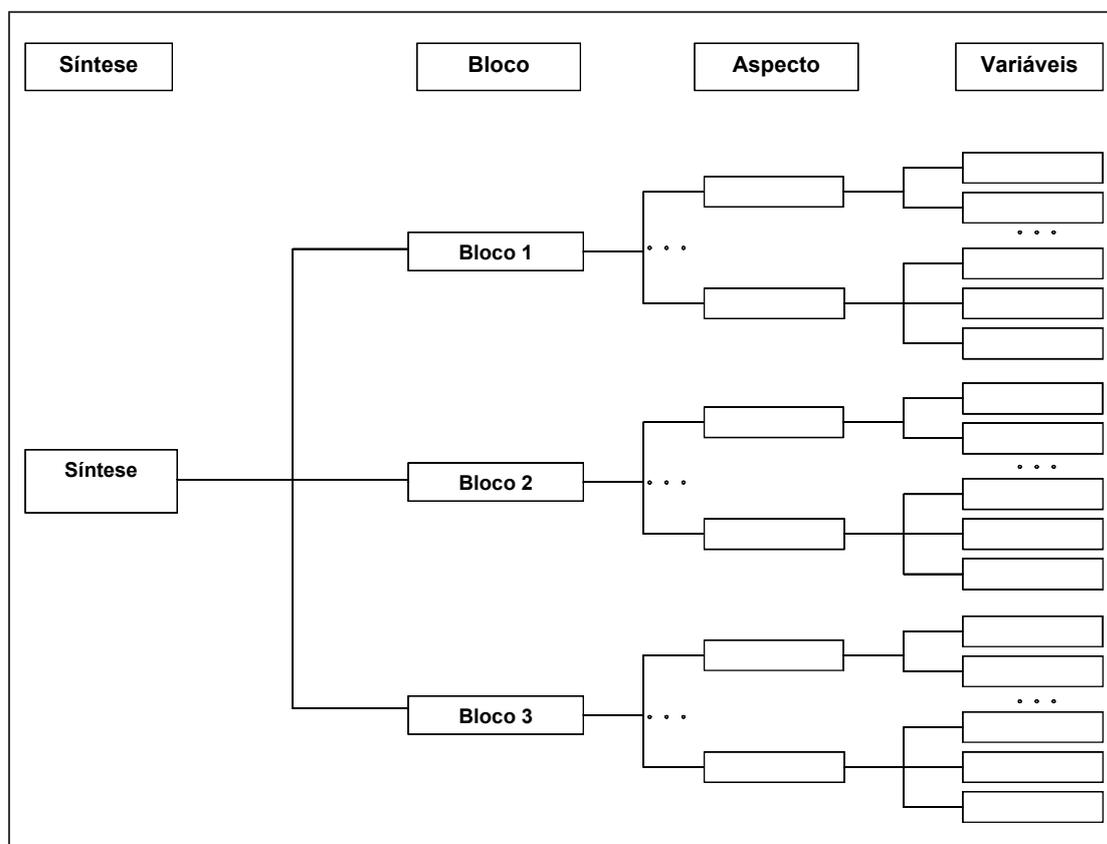


Figura 3-2 Níveis de decisão do Modelo

3.5 Abordagem Metodológica do Frag-Rio

A abordagem utilizada para Avaliação Ambiental Integrada da bacia do rio Uruguai (AAIB) teve como base a análise de fragilidades ambientais da bacia hidrográfica do rio Uruguai, regiões do Médio e Alto Uruguai, adaptada dos estudos efetuados para a bacia U-10 (Apuaê-Inhandava), utilizando-se a escala de mapeamento de 1:250.000. Embora o foco da avaliação seja direcionado para empreendimentos hidrelétricos, são incluídos todos os empreendimentos que provoquem fragmentação da rede de drenagem, como as barragens de abastecimento público e irrigação.

Com base nos modelos conceituais atuais de rios, foram elencadas variáveis indicadoras de estado compatíveis com a escala de mapeamento, para as quais existam dados disponíveis. As variáveis indicadoras selecionadas foram submetidas a uma análise multi-critério hierarquizada, agregando variáveis por macro-compartimento do modelo conceitual, até a geração de números-índices de fragilidades ambientais permitindo a hierarquização dos trechos de rios em termos de fragilidades ambientais para implantação de hidrelétricas, para subsidiar a análise de diferentes cenários de implantação de empreendimentos na bacia hidrográfica, assessorando o processo de tomada de decisões por parte dos órgãos licenciadores.

A abordagem demanda, para sua plena efetividade, o envolvimento dos órgãos licenciadores e dos Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas desde a fase de levantamento das variáveis indicadoras.

Para viabilizar a aplicação da metodologia, o estudo foi dividido em 3 etapas:

3.5.1 ETAPA 1. DIRETRIZES PARCIAIS

A Etapa 1 consiste na apresentação de um conjunto de diretrizes para subsidiar a análise de viabilidade de localização das UHEs previstas na área de estudo, em águas de dominialidade nacional. O trecho envolve toda a bacia do rio Uruguai à montante da confluência do rio Uruguai com o rio Peperi-Guaçú. O trecho do Médio Uruguai, situado à jusante desta confluência, será considerado para as variáveis que possuem efeito de rede que interferem na valoração dos trechos situados dentro da área de estudo desta etapa, como na análise de fragmentação e na avaliação das populações de pescadores profissionais artesanais.

Esta Etapa consiste na aplicação da abordagem metodológica aplicada para a bacia U-10 (Anexo 4), sem a separação de modelos para os meios aquático e terrestre, uma vez que a propagação dos efeitos de vertentes com a rede de drenagem não podem ser separados e com supressão, adaptação e proposição de novas variáveis indicadoras. Entre as variáveis suprimidas estão os indicadores relacionados à geometria da rede de drenagem (relacionadas à complexidade da rede e à disponibilidade de habitats aquáticos), mas que serão contempladas na segunda etapa do estudo (contingência relacionada com a meta temporal da Etapa 1), a variável marcos de fronteira (relacionada à complexidade governamental), considerada pouco relevante pelo Grupo de Trabalho, às variáveis relacionadas às cargas orgânicas e metálicas das indústrias (sistematizadas no Rio Grande do Sul, mas não em Santa Catarina).

Entre as variáveis adaptadas estão o índice fundiário (que visa a avaliar a disponibilidade de terras para realocação de atingidos bem como para medir o grau de pressão antrópica sobre os recursos naturais) foi ponderada pela declividade e pela proximidade dos rios. No meio físico, as variáveis foram reorganizadas para refletirem os processos erosivos de encostas, a estabilidade de encostas, a contaminação das águas

subterrâneas e geração de cargas potenciais de poluentes. Esta reorganização demandou adaptação de inúmeras variáveis do meio físico e inclusão de novas variáveis, como as destinadas a avaliarem a fragilidade das águas subterrâneas.

No meio antrópico, foram acrescentadas e reorganizadas variáveis relacionadas às populações indígenas, removendo-se as Terras Indígenas das restrições e tratando-as como fatores, além da inclusão das populações indígenas por municípios, mesmo naqueles onde não existem Terras Indígenas. Também foram acrescentadas variáveis relacionadas às comunidades remanescentes de quilombos e referentes à relação entre distribuição municipal de pescadores profissionais artesanais e as redes de rios contínuos e livres de barramento que sustentam os estoques de peixes de piracema, os quais garantem a sustentação da renda destes pescadores.

Também foram reorganizadas as variáveis relacionadas à infraestrutura, em especial, às rodovias. Além de serem incluídas as ferrovias, a pontuação foi adaptada para medir não o impacto sobre o custo da obra, mas sobre as comunidades ribeirinhas atingidas, invertendo-se a pontuação, bem como ponderando-se a proximidade dos cursos de água. No meio biótico foram reorganizadas as variáveis relacionadas à fauna e flora, as quais foram cruzadas juntamente com o mapa de cobertura da terra, ponderada pela declividade, para correção da perda de área representada pela projeção plana na cartografia de áreas com declividades altas. Para avaliação de áreas quanto à biodiversidade, além das áreas de alto valor, foram consideradas a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, as Unidades de Conservação de Uso Sustentável e as Zonas de Amortecimento das Unidades de Conservação de Proteção Integral.

3.5.2 ETAPA 2. DIRETRIZES PRELIMINARES

Nesta etapa, com base nos produtos da Etapa 1, serão elaboradas vistorias a campo para detalhamento e ajuste de variáveis indicadoras, bem como serão incluídas variáveis que requerem um processamento mais longo, como as variáveis relacionadas à geometria da rede fluvial (meio físico) e demarcação de áreas de valor para a biodiversidade não detectadas na cartografia temática na escala de 1:250.000, mas que podem ser demarcadas durante as vistorias a campo (áreas de afloramentos de rochas com populações de *Dickya* sp., por exemplo).

Ao final do sexto mês, as vistorias a campo terão sido efetuadas, o que permitirá que as informações coletadas possam ser utilizadas pelos órgãos licenciadores para subsidiar a tomada de decisões quanto às áreas especiais locadas nestas expedições.

As variáveis relacionadas à geometria das drenagens (densidade de confluências, ângulo de confluências e comprimento de trecho entre confluências) serão medidas manualmente (na U10 foram medidas características de 3.759 confluências em escala 1:250.000, para uma área de 14.506 km², o que gera uma expectativa de processamento de cerca de 29.000 confluências para os aproximadamente 115.000 km² da área de estudo), o que vai demandar o restante dos primeiros 12 meses para todo o processamento e geração dos resultados (Análise de Fragilidades Ambientais e Diretrizes Preliminares).

Nesta etapa também serão utilizadas variáveis indicadoras para avaliar o efeito de regularização em cascata sobre os empreendimentos existentes e em processo de licenciamento e será elaborada a prospecção para levantar a percepção da comunidade,

representada nos Comitês de Bacia, de modo a contemplar na análise os anseios comunitários e os interesses de outros usuários da água.

3.5.3 ETAPA 3 - ANÁLISE DE SENSIBILIDADE, DIVULGAÇÃO E DIRETRIZES FINAIS

A Etapa 3 envolve uma série de reuniões destinadas a divulgar os resultados dos estudos para os órgãos ambientais e comitês de Bacia, bem como o desenvolvimento de estudos relacionados à análise de sensibilidade das variáveis utilizadas⁹, comparação de resultados procedentes das análises efetuadas na Etapa 1 e na Etapa 2 e elaboração do conjunto final de diretrizes. Estas análises e comparações visam gerar um conjunto de recomendações para que as metodologias possam ser aplicadas de forma aperfeiçoada em novos estudos, tanto na revisão periódica da mesma área (para acompanhar as mudanças inevitáveis e muitas vezes imprevisíveis no uso da bacia), o que faz parte do manejo adaptativo, como para aplicação em outras regiões.

3.6 Resultados Esperados

1 - Bases metodológicas e tecnológicas para subsidiar as diretrizes gerais em apoio ao processo de gestão ambiental integrada e de licenciamento de hidrelétricas do Alto e Médio Uruguai. O estudo de caso envolve:

1a) Hierarquização de trechos de rios quanto à viabilidade ambiental para localização de empreendimentos hidrelétricos (inventariados, em implantação ou em operação);

1b) Identificação de áreas favoráveis ou críticas de restrições sócio-ambientais.

2 - Aplicação da inovação tecnológica na elaboração de diretrizes para o licenciamento ambiental na região e subsídio à formulação de políticas públicas para a gestão ambiental integrada da bacia hidrográfica.

3.7 Principais Conceitos

A metodologia da AAI é recente e está em desenvolvimento e aperfeiçoamento.

Na Figura 3-3 pode-se verificar o Fluxo Metodológico da AAI.

⁹ A metodologia para análise de sensibilidade das variáveis em análise multicritério, efetuada em ambiente de geoprocessamento, faz parte da tese de doutorado do Prof. Mario Luiz Trevisan (PPG Engenharia Agrícola/UFSM), orientado do Prof. Geraldo Lopes da Silveira (Trevisan, 2008).

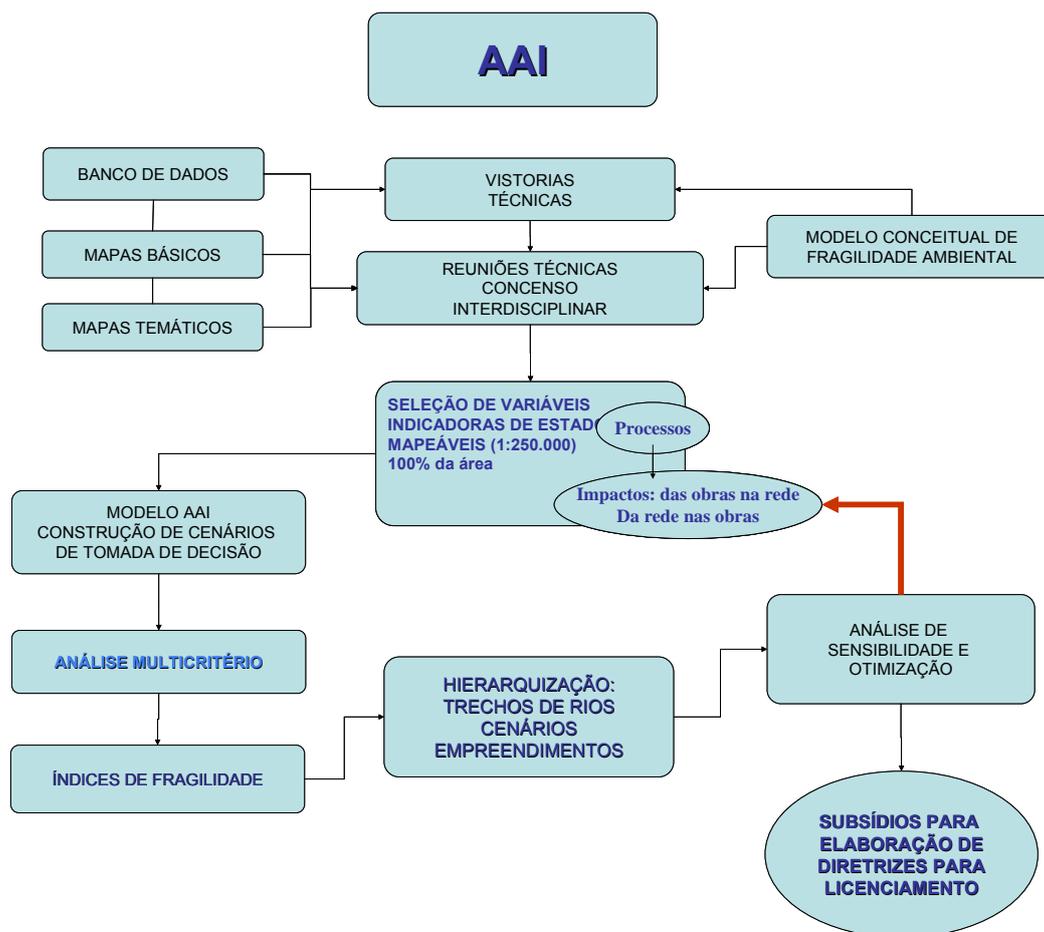


Figura 3-3 Fluxo Metodológico da AAI.

Para uniformizar a linguagem e melhor qualificar a compreensão dos estudos e seus resultados, são listados alguns conceitos que aparecem com freqüência, os quais refletem a conceituação definida pela equipe executora deste estudo, estando relacionadas ao modelo conceitual, restritas, portanto, aos limites do mesmo:

AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA

Uma ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA (AAI) é a construção de produtos sintéticos que integram informações ambientais sobre um determinado território. Dessa forma proporciona ao Estado um poderoso instrumento de planejamento e gestão territorial disponibilizando bases sobre as quais pode ser estabelecido o planejamento de investimentos e ações de políticas públicas (p.ex. saneamento, unidades de conservação, inventários hidrelétricos).

As limitações impostas à construção de uma AAI normalmente se correlacionam à necessidade de que existam bases de informações em escala compatível em todo o território alvo dos estudos. Dessa forma, algumas informações obtidas apenas em porções do território que não podem ser generalizadas para toda a área normalmente não compõem o conjunto de temas a serem integrados.

Essas informações, no entanto não devem ser desconsideradas em discussões e em janelas dentro do território.

FRAGILIDADE

Qualquer perturbação dos padrões e processos na bacia hidrográfica que pode provocar uma degradação na qualidade ambiental da bacia hidrográfica (meios terrestre e aquático, barreiras físicas ou qualitativas, permeáveis ou impermeáveis). As fragilidades são notas atribuídas para variáveis indicadoras dos processos e que podem ser mapeadas na escala do estudo. Essas notas espacializadas permitem identificar as áreas com maior ou menor sensibilidade às perturbações, permitindo discriminar regiões mais ou menos aptas a receber alterações antrópicas. No caso de fragilidades para implantação de hidrelétricas, a fragilidade está relacionada não diretamente com as propriedades de estabilidade do sistema aquático lótico, que é expressa em termos de resistência ou resiliência do sistema, mas sim ao processo de substituição de um sistema lótico por um sistema lêntico, no caso do ecossistema aquático, e pela substituição de um sistema terrestre por um sistema aquático (áreas inundadas). Ou seja, trata-se de um processo no qual perdem-se os valores ambientais de sistemas que são totalmente substituídos por um novo sistema: o reservatório. A fragilidade, neste caso, é diretamente proporcional ao valor ambiental do que se perdeu. A escala de trabalho nos mapas, varia de 1 (maior fragilidade) a 255 (menor fragilidade), valores em bytes.

FRAGMENTAÇÃO

Expressa, neste estudo, o efeito de rompimento de conexões em padrões e processos ambientais que se propagam ao longo da rede de drenagem e suas vertentes. Qualquer perturbação que cause este efeito de rompimento, seja física, como a implantação de barragens, ou qualitativa, como a introdução de efluentes químicos ou orgânicos, que tenham a capacidade de tornar um trecho de rio indisponível para a manutenção de determinados fluxos antrópicos, bióticos ou abióticos, resulta em fragmentação do rio.

FAVORABILIDADE

Expressa o inverso da fragilidade. Os valores que representam baixa fragilidade possuem alta favorabilidade, enquanto que valores que representam alta fragilidade indicam baixa favorabilidade.

POTENCIABILIDADE AMBIENTAL

Expressa a propriedade de um determinado espaço de prover um determinado serviço ambiental ou econômico para a sociedade.

ESCALA

A escolha da escala dos mapas deve ser compatível com o tamanho da área de estudo e com a possibilidade de existência de informações mapeáveis compatíveis com a escala adotada. No caso da bacia do Alto e Médio Uruguai, a escala de trabalho adotada foi 1:250.000.

VARIÁVEIS INDICADORAS

Variáveis que descrevem o status de padrões e processos ambientais que respondem a um determinado regime de perturbações. Neste estudo, o regime de perturbações é resultante dos processos de fragmentação dos rios e dos processos da bacia hidrográfica que podem resultar em degradação dos rios (fragmentação qualitativa de trechos livres de rios - ambiente lótico) ou de reservatórios de empreendimentos potenciais (uma vez tomada a decisão de construir uma barragem, ela deve ser protegida, a fim de evitar a perda do seu potencial ambiental). Os indicadores são selecionados a partir de informações básicas georreferenciadas como mapas de solos, de drenagem, de geologia, entre outros, a fim de obter, com o uso de técnicas de geoprocessamento (Capítulo3), mapas resultantes que servem para classificar os locais em uma escala que varia de “apropriado” (pouco frágil) a “não apropriado” (muito frágil) para implantação de barramento.

ASPECTO

Neste estudo, aspecto refere-se ao resultado da combinação linear ponderada de variáveis indicadoras relacionadas a padrões ou processos fortemente relacionados. Constitui o primeiro nível de agregação da informação.

BLOCOS

Refere-se ao segundo nível de agregação neste estudo, constituindo-se na combinação linear ponderada dos mapas de aspectos, agrupados para os ambientes físico, biótico e antrópico.

INVENTÁRIO

Estudo da bacia hidrográfica, ou de parte da mesma (trecho de rio), com a finalidade de encontrar a divisão de queda que otimiza a prestação de serviços do rio para alguma finalidade, como geração de energia hidrelétrica, armazenamento de água para irrigação, eclusas para navegação, abastecimento público, etc. (Silveira e Cruz, 2005; Sugai et al., 2008). Em um estudo de inventário, ***o objeto de estudo envolve um conjunto de aproveitamentos alternativos*** (diferentes configurações de divisão de queda) (ANEEL, 1998), ou seja, é pressuposto do estudo de inventário a definição de cenários de aproveitamentos. Neste caso, o estudo de inventário difere de uma Avaliação Ambiental Integrada de Bacias Hidrográficas, pois esta, embora possa ser focada na análise de alternativas de aproveitamentos, não visa, primariamente, medir as diferenças entre empreendimentos, mas, sim, de trechos de rios ou da bacia. Em outras palavras: o objeto da AAIB é a bacia hidrográfica, o que significa que o principal resultado da AAIB é estudar a fragilidade ambiental de cada trecho de bacia para determinado tipo de perturbação, não havendo necessidade de que se refira à empreendimentos pré-definidos.

VIABILIDADE

Viabilidade, neste estudo, expressa, genericamente, a propriedade de um empreendimento de determinar, devido à sua implantação, um balanço positivo entre os

benefícios e prejuízos sócio-ambientais que venha a induzir ou produzir. Não se refere à viabilidade como fase de projetos de engenharia (Silveira & Cruz, 2005), nem como objeto da Licença Prévia (Resolução CONAMA 237/97).

AAI X EIA

De acordo com EEA, 1999 apud Tucci e Mendes, 2006, a AAI “é o processo interdisciplinar e social, ligando conhecimento e ação no contexto de decisão pública, para a identificação, análise e avaliação de todos os relevantes processos naturais e humanos e suas interações com o atual e futuro estado da qualidade do meio ambiente e recursos nas apropriadas escalas de tempo e espaço, assim facilitando a definição e implementação de políticas e estratégias”. É, desta forma, uma ferramenta de suporte ao processo de tomada de decisões. Neste estudo, a interpretação desta definição difere da efetuada pelos autores citados, que concluem que “a AAI trata de estudar os impactos ambientais de Políticas, Planos e Programas previstos para o desenvolvimento da bacia hidrográfica...”. Aqui, a AAI é considerada, na sua anterioridade (condição ideal) em relação à definição das políticas, planos e programas, ou seja, como um verdadeiro instrumento para o planejamento ambiental integrado. Para que seja viável, a AAI prévia deve ter como objeto não os planos, programas e projetos, mas o meio ambiente em si. Somente após a avaliação da fragilidade ambiental da bacia é que se sobrepõem os aproveitamentos para análise de suas alternativas locacionais e tecnológicas. Deste modo, a AAI difere de um Estudo de Impacto Ambiental em vários aspectos. Em primeiro lugar, uma AAI tem por objeto a bacia hidrográfica ou outra unidade espacial de planejamento utilizada. No caso deste projeto, a unidade de planejamento é a bacia hidrográfica. Em segundo, a escala do estudo. Um EIA-RIMA pressupõe definições mínimas dos projetos de engenharia para que seja possível estudar em detalhe as interações entre o empreendimento e seu meio, o que normalmente se dá em escalas de detalhe (Silveira & Cruz, 2005). Um EIA tem por objetivo definir a viabilidade ambiental de localização de um empreendimento (Resolução CONAMA 237/97), ou seja, é focado em processos que operam em escala local. Uma AAI tem por objetivo avaliar processos que operam em rede e que se propagam em escala de bacia hidrográfica ou regional e não pressupõe a existência de qualquer estudo prévio de empreendimentos. Um trecho de rio pode ser considerado mais ou menos frágil para uma obra que cause sua fragmentação de forma independente quanto à definição de que aproveitamento é este (barragem de irrigação, PCHs, barragens de captação de água para abastecimento).

4 DESENVOLVIMENTO DA ETAPA 1

4.1 Procedimentos

Como já referido, a Etapa 1 objetiva a formulação de diretrizes para subsidiar a análise da viabilidade de localização das hidrelétricas previstas na área de estudo, no trecho do Alto Uruguai. A Figura 4-1 apresenta o esquema da organização dos trabalhos nesta Etapa.

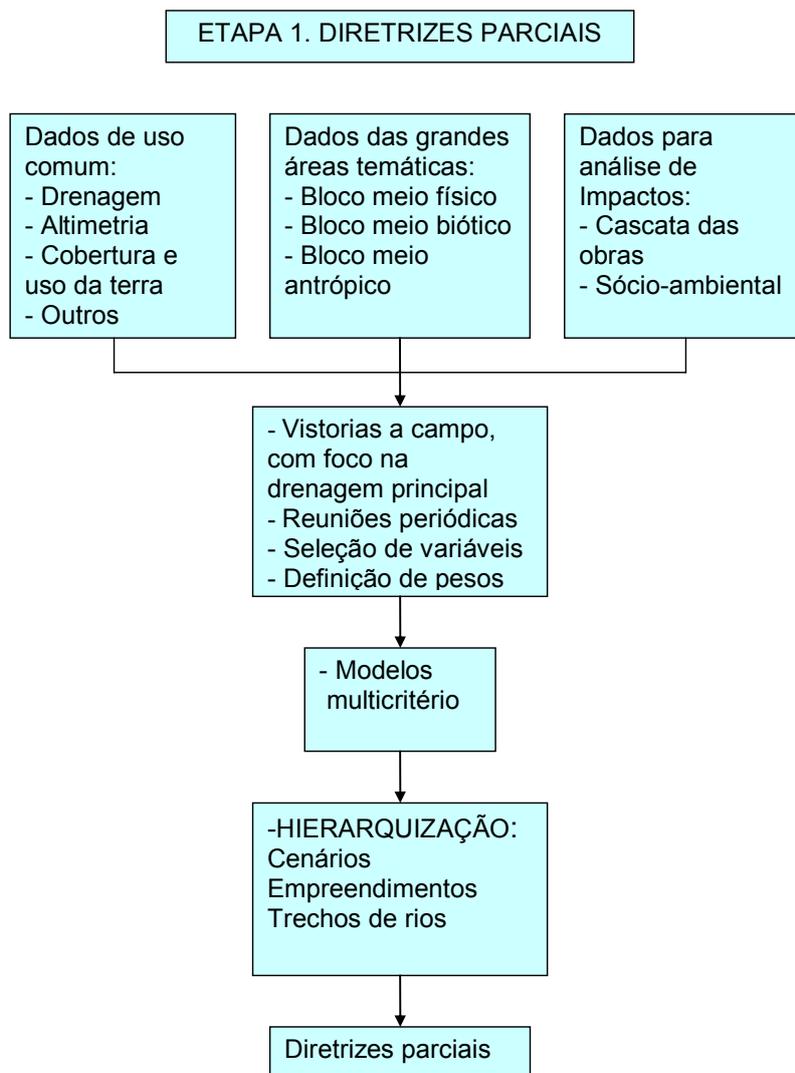


Figura 4-1 Fluxograma da Etapa 1

O bloco dos dados de uso comum envolve a sistematização e geração de dados cadastrais e cartográficos de temas de uso comum de todas as equipes de estudo de fragilidades e impactos. Este grupo envolve os temas relacionados à Drenagem e à Cobertura e Uso da Terra.

O bloco dos dados das grandes áreas temáticas agrupa todas as equipes de especialistas que selecionam e modelam as fragilidades nas seguintes grandes áreas temáticas: florestas, campos, fauna terrestre, fauna aquática, geologia, pedologia e sociologia.

O bloco dos dados para análise de impactos agrupa as equipes que sistematizam os índices relacionados às interferências da cascata das obras e dos impactos sócio-ambientais.

As reuniões periódicas com cada equipe objetivam a discussão permanente da metodologia, da adequada seleção de variáveis indicadoras e dos pesos a serem atribuídos nas análises de multicritérios. Essas reuniões buscam o consenso interdisciplinar, a fim de levar em conta a experiência qualitativa da equipe técnica, do MMA, FEPAM e FATMA, dos Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas, bem como da equipe de especialistas do projeto. Nesta Etapa 1 são utilizadas somente variáveis que podem ser mapeadas a partir de mapas e cadastros já disponíveis, sem que seja necessária a confirmação a campo para obtê-las.

A análise de multicritérios, efetuada em duas etapas hierárquicas, gera os mapas com os índices de fragilidades ambiental das drenagens (avaliação e hierarquia de trechos de rios) e a de fragilidade ambiental de barragens (avaliação e hierarquia de empreendimentos), assim como o índice de eficiência energética para cada barragem.

Os produtos desta fase poderão subsidiar a tomada de decisão quanto à viabilidade de localização de grandes UHEs no trecho de rio de águas nacionais, bem como permitirão planejamento adequado das atividades da Etapa 2, que envolverá atividades a campo e inclusão de variáveis que requerem processamento mais longo.

4.1.1 Metodologia Primeira Etapa

Como a AAI é um estudo quali-quantitativo, de construção de uma visão interdisciplinar da relação da bacia com os empreendimentos que têm potencial para fragmentá-la, a padronização de procedimentos metodológicos básicos visa construir rotinas de interação entre os diversos profissionais e tomadores de decisão de forma que se possa obter uma visão da bacia que tenha propriedades emergentes da interação entre os diversos olhares que são lançados sobre ela.

Deste modo, foram adotados princípios, relacionados com o modelo conceitual da abordagem metodológica, que ajudam a criar uma dinâmica para interação entre estes diferentes olhares.

O início do trabalho foi efetuado com a reflexão sobre a natureza do modelo conceitual e sobre as etapas construídas de acordo com as demandas verticais do Governo Federal, em reuniões da coordenação com o MMA e entidades parceiras.

Na sequência, foram realizadas expedições para vistoria das áreas onde estão previstos empreendimentos, sendo as mesmas de caráter interdisciplinar e interinstitucional, envolvendo grande quantidade de olhares simultâneos sobre a bacia, permitindo o estabelecimento de interações diante da própria realidade, as quais foram amadurecidas em reuniões efetuadas nos locais de hospedagem, resultando em frutíferos debates. Estas vistorias prévias também serviram para a construção dos consensos vinculados à verdade de campo que foram utilizadas para avaliação dos produtos da modelagem posterior da bacia, baseada em dados secundários. Também serviram para orientar a seleção das variáveis indicadoras, uma vez que forneceram informações para calibragem do modelo conceitual.

A pesquisa em bancos de dados foi definida em função do modelo conceitual. Ou seja, somente foram buscadas informações que pudessem compor variáveis

indicadoras relevantes para a análise de padrões e processos na bacia hidrográfica que pudessem indicar o estado da interação entre a mesma e empreendimentos que pudessem fragmentá-la. Ou seja, “não se juntaram informações para depois ver o que dava para fazer com elas”. A própria definição dos padrões e processos relevantes e de seleção das variáveis já é um produto do estudo nas suas fases iniciais, sendo construída em reuniões de planejamento e, principalmente, calibrada nas vistorias interdisciplinares e interinstitucionais prévias.

Esta dinâmica determinou um processo em que variáveis indicadoras inicialmente selecionadas foram descartadas em função da avaliação das informações disponíveis, de acordo com critérios elencados no item 3.5, determinando a necessidade de busca de novos indicadores ou da avaliação da incerteza associada à não inclusão da variável no modelo. Este procedimento foi efetuado em reuniões da equipe técnica do projeto, mas também em reuniões com a demandante e com o Grupo de Trabalho de acompanhamento do estudo.

Ou seja, não existe uma “receita prévia de variáveis” para a execução de uma AAI. A própria definição das mesmas é resultante da avaliação da realidade dos processos e padrões significativos em cada bacia hidrográfica, a qual, por ser única e complexa, determina possibilidades diferentes, além do fato de que a disponibilidade de dados varia de bacia para bacia hidrográfica. Por isto a AAI não é uma metodologia, mas, sim, uma abordagem metodológica, sendo a metodologia construída caso a caso.

Neste sentido, as reuniões técnicas foram desenvolvidas com o objetivo de situar os participantes quanto à construção do modelo conceitual e para avaliação da qualidade da informação disponível e do grau de incerteza associado às mesmas. Nesta dinâmica, também se desenvolve um processo de capacitação do pessoal envolvido, que passa a se apropriar da dinâmica da abordagem, gradativamente qualificando mais a sua participação e melhorando a síntese do grupo. As reuniões foram conduzidas, deste modo, como oficinas de trabalho. Como, muitas vezes, as variáveis são indicadoras quali-quantitativas de processos, a parte subjetiva da variável remete a uma impossibilidade de conhecimento objetivo dos erros. Neste caso, a análise da inclusão de novas variáveis acaba sendo resolvida através do debate interdisciplinar, até que o consenso tenha sido construído.

Por fim, como procedimento básico, foi efetuada a padronização da base cartográfica, a fim de serem evitados erros relacionados com a adequação cartográfica de projeções, escalas e fontes de dados.

Como a modelagem em ambiente de sistemas de informações geográficas (SIGs) se dá em modo de mapas matriciais (raster), algumas definições foram necessárias. Em primeiro lugar, definiu-se a base de dados sobre a qual seriam cruzadas as informações das variáveis indicadoras: foi definido o modelo numérico de terreno (MNT) do *Shuttle Radar Topography Mission*¹⁰ (SRTM), fornecida pelo Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil¹¹ (TOPODATA), com pixel de 30 metros, como a base. Também foi definida a padronização do sistema de coordenadas como Sistema de Coordenadas Geográficas (latitude e longitude, em graus decimais) com *South American Datum SAD-69*.

¹⁰ Projeto internacional liderado pela Agência Nacional de Inteligência Geoespacial e pela NASA, dos Estados Unidos

¹¹ Projeto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Os limites da área de estudo foram definidos por modelagem sobre o MNT, assim como a drenagem, que foi padronizada para serem evitados erros de generalização entre diferentes cartas da base cartográfica da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileira (DSG) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Este procedimento é importante porque afeta toda a configuração da rede de drenagem e seus índices associados (tal como densidade de drenagem, ordenação segundo Strahler (1952)). Sempre que uma base de informações era demandada por mais de um grupo de trabalho, a coordenação padronizou a base de informações.

4.2 Reuniões e Expedições

Foram efetuadas reuniões técnicas e expedições a campo para conhecimento da realidade, construção do modelo conceitual do problema, para a seleção de variáveis indicadoras, bem como para a definição de cenários e de modelos de ponderações nas análises multicritérios.

4.2.1 Expedições a Campo

Durante as expedições foram observados, entre outros, os padrões de uso e ocupação do solo com a finalidade de gerar subsídios para a análise de fragilidades ambientais para apoio a tomada de decisão de implantação de barramentos na bacia do Alto Uruguai. Também foram efetuadas discussões interdisciplinares in loco, com objetivo de construção de uma visão prévia da realidade.

4.2.1.1 Primeira Expedição

A primeira expedição foi realizada entre os dias 8 a 12 de setembro de 2008. Durante essa expedição foram visitadas localidades de interesse, previamente estabelecidas para a vistoria realizada nessa expedição. O dia 8 foi um dia utilizado para o deslocamento até São Joaquim, ponto inicial de encontro das diversas equipes, com a participação da FATMA, FEPAM, SEMA/RS, SDS/SC, IBAMA SEDE e Superintendências de SC e RS, ANA SMCQ, SRHU, SBF, ELETROSUL, UFSM e UNIPAMPA.

4.2.1.2 Segunda Expedição

A segunda expedição foi realizada entre os dias 20 a 23 de setembro de 2008. A equipe da UFSM iniciou no dia 20 o deslocamento para Itá, onde no primeiro dia avaliou a área de influência da UHE Ita. No dia 21, percorreu de barco as margens do lago, observando aspectos da geologia, geotecnia, saneamento e conservação de solo. Após, a equipe deslocou-se até a barragem de Machadinho, tendo tido a oportunidade de observar o lago por terra e a casa de comando da barragem. Depois, foi realizado o deslocamento para Vacaria.

Para os demais membros da expedição, o dia 21 foi de deslocamento até Vacaria, ponto de encontro para a vistoria da área da UHE inventariada de Pai Querê, com a participação da FATMA, SDS/SC, IBAMA SEDE e Superintendências de SC e RS, UFSM e UNIPAMPA. O dia 22 foi reservado a vistoria e o dia 23 ao deslocamento de retorno das equipes.

4.3 Reuniões Técnicas e Públicas

As reuniões técnicas foram organizadas com o objetivo de construir o modelo de simulação da Avaliação Ambiental Integrada da bacia do rio Uruguai, buscando um consenso (ou consensos) interdisciplinar com especialistas das mais diversas áreas e instituições.

Foram ao total 9 reuniões, a seguir listadas:

Tabela 4-1 Reuniões Técnicas Realizadas

Data	Local	Instituições participantes	Principais resultados
31/07/2008	SUPERINT. IBAMA/SC	MMA, IBAMA, Recursos Hídricos	Exposição da abordagem metodológica e discussão do modelo conceitual.
10/09/2008	Mondai/SC	FATMA, FEPAM, SEMA/RS, SDS/SC, IBAMA SEDE e Superintendências de SC e RS, ANA SMCQ, SRHU, SBF, UFSM e UNIPAMPA.	Exposição e explicação do projeto e dos três blocos: físico, biótico e antrópico; Discussões sobre algumas variáveis.
11 e 12/09/2008	Vacaria/RS	FATMA, FEPAM, SEMA/RS, SDS/SC, IBAMA SEDE e Superintendências de SC e RS, ANA SMCQ, SRHU, SBF, ELETROSUL, UFSM e UNIPAMPA.	Definição de cenários. Sugestões de variáveis para o modelo.
28/11/2008	Frederico Westphalen	CRH/RS, comitês de bacia hidrográfica dos rios Apuaê-Inhandava, Várzea, membros do comitê Passo Fundo, MMA, UFSM, UNIPAMPA	Apresentação do projeto e discussão sobre os aspectos dos meios físico, antrópico e biótico.
12/12/2008	Porto Alegre, SEMA/RS	MMA, IBAMA, EPE, MME, UFRGS, FEPAM, UFSM, UNIPAMPA	Apresentação de minuta do modelo, discussões e definições sobre os aspectos e suas variáveis.
20/01/2009	Chapecó, EPAGRI	CRH/RS, comitês de bacia hidrográfica dos rios da Várzea, Jacutinga e Apuaê-Inhandava, membros do comitê Passo Fundo, EMATER MMA SDS/DRHI, FATMA, , UFSM, UNIPAMPA e empresas do setor elétrico.	Apresentação do projeto e discussão sobre os aspectos dos meios físico, antrópico e biótico.
22 e 23/01/2009	IPH/UFRGS	MMA, IBAMA, EPE, MME, UFRGS, FEPAM, UFSM, UNIPAMPA, IACOREQ.	Apresentação de minuta do modelo, discussões e definições sobre os aspectos e suas variáveis.
17/02/2009	MMA/DF	GT/MMA e Universidades	Apresentação do modelo, resultados parciais, ponderações sobre as variáveis, aspectos e cenários.
18/02/2009	MMA/DF	MMA/MME/Universidades	Apresentação e discussão sobre resultados parciais.
09/03/2009 a 11/03/2009	UFSM	MMA/DF, IBAMA, FEPAM, UFSM, UNIPAMPA	Apresentação e discussão dos resultados da Primeira Etapa e discussão para elaboração das Diretrizes Parciais
28/04/2009 a 29/04/2009	MMA/DF	MMA/DF, SDS/SC, FATMA, IBAMA, FEPAM, UFSM, UNIPAMPA	Apresentação e discussão dos resultados da Primeira Etapa e discussão para elaboração das Diretrizes Parciais

4.4 Cenários utilizados

Os cenários utilizados neste estudo foram definidos na reunião do Grupo de Trabalho efetuada em 11 e 12/09/2008 em Vacaria, RS. Como a análise tem como objetos primários a bacia hidrográfica e os trechos de rios, os cenários foram definidos como diferentes arranjos espaciais de obras que se interpõem à determinados trechos de rios. Deste modo, a valoração primária é efetuada de forma independente da localização dos empreendimentos. Após toda a área ser avaliada, sobrepõe-se os empreendimentos e se verifica a mudança de valor dos trechos afetados. Em princípio, a base de dados estabelecida pode permitir a avaliação de qualquer empreendimento que fragmente o rio, dentro de cada configuração de trechos afetados. Neste caso, cada configuração de trechos afetados é um cenário, permitindo ao tomador de decisão o cotejo entre múltiplas alternativas.

De acordo com a disponibilidade de dados, tempo e modelos, as variáveis indicadoras foram tratadas de forma estática ou propagando seus efeitos em rede na drenagem. As variáveis estáticas foram modeladas sem cenarização, uma vez que os valores das variáveis estáticas não variam de acordo com a implantação dos empreendimentos. Neste estudo, as variáveis que compõem o bloco físico foram modeladas de forma estática. Ou seja, não variam com os cenários. Já as variáveis que foram estudadas propagando-se em rede variam de acordo com as diferentes configurações de trechos afetados, devendo ser modeladas para cada cenário.

Neste estudo, duas variáveis que se propagam em rede foram avaliadas: fragmentação de trechos de rios e número de pescadores profissionais artesanais acumulados por rede contínua de rios. Estas variáveis mudam de valor de acordo com as diferentes configurações de trechos afetados.

Para a área de estudo da Etapa 1, que engloba o Alto Uruguai, o objetivo é analisar os trechos remanescentes de rio principal: o trecho do rio Uruguai desde a confluência com o rio Peperi-Guaçú até a UHE Foz do Chapecó e o trecho do rio Pelotas situado à montante do reservatório da UHE Barra Grande. Entre estes dois trechos existe uma cascata de empreendimentos já implantados (UHEs Itá, Machadinho e Barra Grande) ou em implantação (UHE Foz do Chapecó) que não configuram alternativa para ampliação do parque hidrelétrico. Ou seja, o estudo, nesta etapa, centrou o foco nestes dois trechos de rios livres de barramentos que configuram ambientes lóticos (rios correntes). Nestes trechos, estão propostos três aproveitamentos. No trecho situado à jusante da UHE Foz do Chapecó (extremo oeste da área de estudo) está situado o trecho potencialmente afetado pela UHE Itapiranga. No outro trecho, situado na parte leste da bacia, estão situados os trechos potencialmente afetados pela UHE Pai Querê e pelo AHE Passo da Cadeia.

Considerando estes aproveitamentos, foram decididos, na reunião de Vacaria, estudar os seguintes cenários (configurações espaciais de trechos afetados):

- Cenário atual: nenhum aproveitamento implantado nos trechos remanescentes de rio livre;
- Cenário A: Seria implantada somente a UHE Itapiranga;
- Cenário B: Seria implantada somente a UHE Pai Querê;
- Cenário C: Seriam implantadas as UHE Pai Querê e o AHE Passo da Cadeia;
- Cenário D: Seriam implantadas as UHEs Itapiranga e Pai Querê e o AHE Passo da Cadeia.

Também se verificou que o trecho situado à jusante da UHE Foz do Chapecó, é conectado com o Uruguai Médio, que é livre em todo o trecho que vai da UHE Foz do Chapecó até a UHE Salto Grande, na divisa do Uruguai com a Argentina. Neste trecho está sendo proposta a implantação de um complexo hidrelétrico, que será formado por três UHEs (Garabi, San Javier e Santa Rosa), cuja implantação tem potencial para se propagar para montante, afetando o valor do trecho remanescente na parte situada no interior da área de estudo (entre a confluência do Peperi-Guaçú e a UHE Foz do Chapecó). Deste modo, os cinco cenários acima foram multiplicados por dois, para atender aos efeitos da inclusão ou não do Complexo Hidrelétrico de Garabi na simulação, resultando em 10 cenários:

- Cenário 1: atual sem Complexo Garabi;
- Cenário 2: atual com Complexo Garabi;
- Cenário 3: Cenário A sem Complexo Garabi;
- Cenário 4: Cenário A com Complexo Garabi;
- Cenário 5: Cenário B sem Complexo Garabi;
- Cenário 6: Cenário B com Complexo Garabi;
- Cenário 7: Cenário C sem Complexo Garabi;
- Cenário 8: Cenário C com Complexo Garabi;
- Cenário 9: Cenário D sem Complexo Garabi;
- Cenário 10: Cenário D com Complexo Garabi.

5 ANÁLISE DESAGREGADA DOS BLOCOS TEMÁTICOS

5.1 Bloco Meio Físico

Nas inúmeras reuniões realizadas com o Grupo de Trabalho, ficaram definidos os seguintes aspectos a serem trabalhados para avaliação da fragilidade ambiental do meio físico: Geologia/geomorfologia, Estabilidade de encostas, Erosão, Áreas de mineração e Contaminação das águas. No Quadro 5.1 estão representados os aspectos do meio físico, as variáveis associadas a cada um deles e sua importância no contexto do respectivo estudo.

Quadro 5-1 Aspectos avaliados no Meio Físico, variáveis associadas e sua importância

Aspecto	Variável(s) associada(s). Notas de 0 a 255. 0 = máxima fragilidade e 255 = fragilidade mínima.	Importância
Geologia e Geomorfologia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geologia Litologia; ▪ Declividade = solos ▪ Água subterrânea (sup. Potenciométrica - zona vadosa + Lineamentos - lavra água mineral); ▪ Geomorfologia. 	Qualidade da rocha, resistência ao intemperismo, resistência mecânica associados à declividade originando diferentes modelados de relevo. Avaliação de lineamentos, sup. potenciométrica- zona vadosa associados a probabilidade de contaminação de aquíferos.
Estabilidade de encostas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geologia (Litologia); ▪ Declividade; ▪ Geomorfologia. 	Probabilidade de ocorrerem movimentos de massa e áreas de risco.
Fragilidade à erosão	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solos; ▪ Declividades; ▪ Incremento da fragilidade ao redor dos cursos d'água de ordem maior ou igual a 3. 	Transporte de sedimentos aos leitos dos rios e reservatórios.
Áreas de mineração	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Títulos minerários = fase do processo X potencial poluidor do bem mineral; ▪ Incremento da fragilidade ao redor das áreas de mineração; ▪ Incremento da fragilidade ao redor dos cursos d'água de ordem maior ou igual a 3. 	Contaminação das águas superficiais.
Contaminação das águas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carga orgânica remanescente das populações; ▪ Carga orgânica das criações; ▪ Índice agrícola. 	Qualidade das águas superficiais.

A seguir, são apresentados os aspectos nas suas definições finais e respectivas discussões sobre os resultados obtidos.

5.1.1 Aspecto Geologia e Geomorfologia

A Figura 5-1 apresenta o fluxograma das variáveis envolvidas na avaliação do Aspecto Geologia/Geomorfologia, indicando os cruzamentos realizados entre elas, obtendo como resultado a fragilidade deste aspecto.

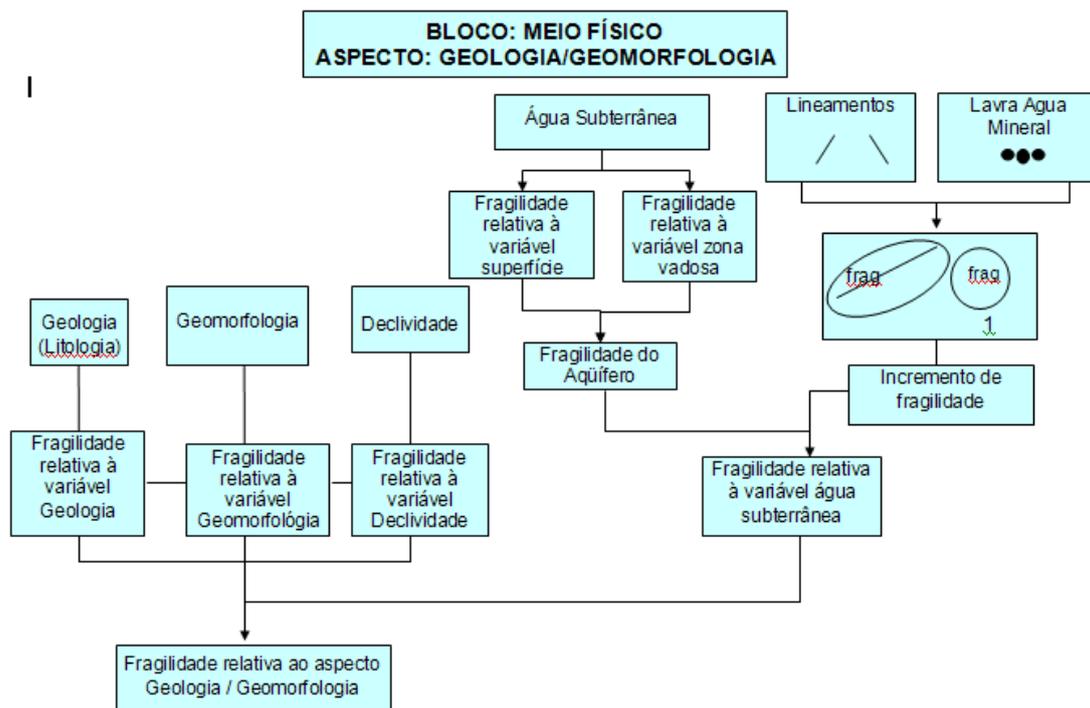


Figura 5-1 Fluxograma para Obtenção da Fragilidade do Aspecto Geologia/Geomorfologia

5.1.1.1 Variável Geologia

A geologia da Bacia do Alto Uruguai foi obtida da Carta do Brasil ao Milionésimo da CPRM (2003) com uma modificação que consistiu no agrupamento das Fácies da Formação Serra Geral em dois tipos litológicos principais: rochas ígneas básicas e rochas ígneas intermediárias e ácidas com o objetivo de simplificar a leitura do mapa. As demais Formações mantiveram-se como no original.

Para execução do mapa geológico foram consideradas também as informações obtidas nos trabalhos de campo. O Quadro 5-2 mostra as unidades geológicas da bacia.

Predominam na área as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral onde as rochas básicas ocupam grande parte da área dos estudos e as rochas intermediárias e ácidas concentram-se na porção SE e N-NW (Figura 5-2). No Rio Grande do Sul, sobre a Formação Serra Geral ocorrem os arenitos friáveis da Formação Tupanciretã, ao sul da bacia.

A maior variabilidade de rochas ocorre em Santa Catarina, na região do Domo de Lages. Nesta região ocorre uma grande variedade de rochas sedimentares como quartzo-arenitos, siltitos, calcários, folhelhos e diamictitos, pertencentes aos Grupos São Bento, Passa Dois, Guatá e Itararé. Além destes, ocorrem sienitos e carbonatitos do Grupo Caiuá.

Quadro 5-2 Unidades Geológicas da bacia do Alto Uruguai. Modificada de CPRM (2003)

Era	Período	Grupo	Formação	Tipo litológico
Ceno-zóico	Quaternário		Depósitos Aluvionares/Coluvionares	Areias, cascalhos
	Terciário		Tupanciretã	Arenitos
Mesozóico	Cretáceo	Caiuá	Intrusões Ígneas =- Lages	Sienitos, carbonatitos
		São Bento	Serra Geral – vulcânicas básicas	Basaltos, andesitos
			Serra Geral – vulcânicas Intermediárias e ácidas	Riolito, riodacitos, dacitos
	Jurássico	São Bento	Botucatu	Quartzo-arenitos
	Triássico	Passa Dois	Rio do Rasto	Pelitos, arenitos
Paleozóico	Permiano	Passa Dois	Teresina	Siltito argiloso
		Passa Dois	Serra Alta	Argilito, siltito, folhelho
		Passa Dois	Irati	Calcário, folhelho
		Guatá	Palermo	Arenito, siltito
		Guatá	Rio Bonito	Arenito, siltito carbonoso
		Itararé	Indiviso	Arenito, diamictito, folhelho

Os aluviões e os depósitos colúvio/aluvionares ocorrem nas calhas dos rios e em seu entorno.

As notas atribuídas para as litologias (Tabela 5-1) consideraram a fragilidade das rochas em relação à alteração pelo intemperismo e a sua resistência geomecânica. Desta forma, as rochas ígneas intermediárias e ácidas receberam notas mais altas (mais resistentes) e as rochas sedimentares as mais baixas.

Na Tabela 5-1 estão as notas atribuídas às diferentes Formações Geológicas.

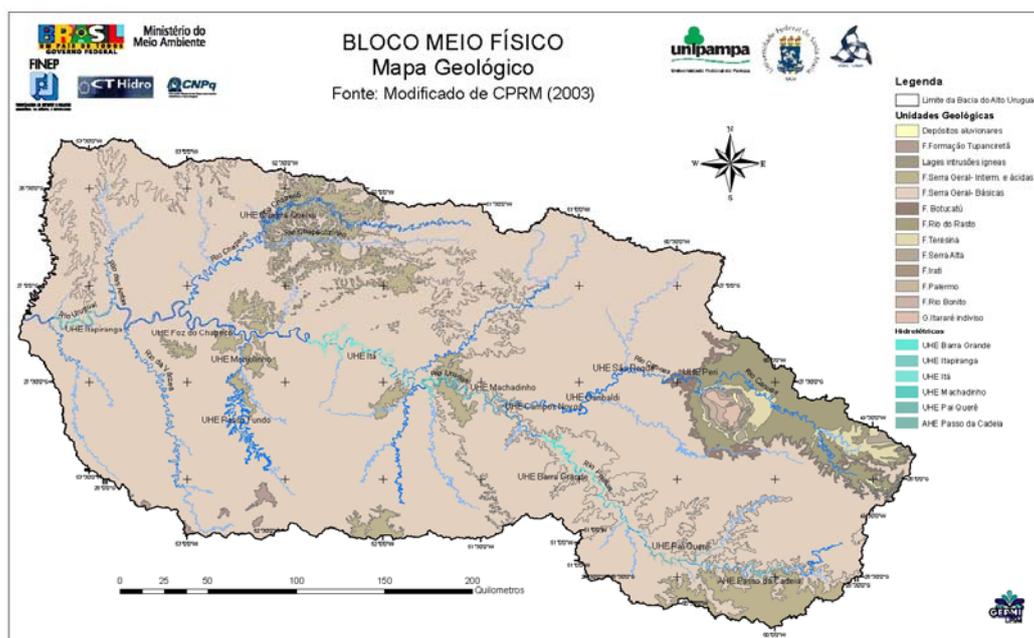


Figura 5-2 Mapa Geológico da Bacia do Alto Uruguai. Modificado de CPRM (2003)

Tabela 5-1 Formações geológicas, litologia e fragilidade das rochas na bacia do Médio e Alto Uruguai. Notas baixas indicam alta fragilidade.

Formações	Litologia	Fragilidade
Depósitos Aluvionares	areias, cascalhos	32
F. Tupanciretã	arenitos	64
Intrusões Ígneas-Lages	sienitos, carbonatitos	96
F. Serra Geral-Vulc. básicas	basaltos, andesitos	191
F. S.Geral-Vulc. interm.e ácidas	riolitos, riodacitos, dacitos	255
F. Botucatu	quartzo-arenitos	159
F. Teresina	siltito-argiloso	128
F. Serra Alta	Argilito, folhelho, siltito	128
F. Iratí	calcário, folhelho	96
F. Palermo	arenito, siltito	128
Indiviso	arenito, diamictito, folhelho	96

O mapa de fragilidade relativa à variável geologia (Figura 5-3) aponta as regiões do Domo de Lages e as rochas da F. Tupanciretã como as mais frágeis.

A maior parte da bacia, com presença marcante de rochas ígneas básicas, apresenta fragilidade baixa. Algumas porções, ligadas as rochas ácidas e intermediárias, como a centro-norte da bacia e ao sul do rio Pelotas, apresentam uma fragilidade também baixa, porém com resistência geomecânica mais alterada. Entende-se que este diferencial está relacionado às questões da resistência ao intemperismo de constituintes tais como o quartzo e feldspatos presentes nas rochas intermediárias e ácidas.

Sob os aspectos geológicos e geotécnicos de empreendimentos de barramentos, tanto as rochas ácidas como as básicas apresentam boas condições geomecânicas e hidrogeotécnicas, porém, pode-se admitir um comportamento ainda melhor para as rochas de caráter intermediário e ácidas. Desta forma, na pontuação da fragilidade geológica, as rochas básicas receberam uma nota da ordem de 25% menor do que as ácidas e intermediárias, o que não as desqualificam ou venha a impor restrições ou diretrizes específicas em relação a valores de fragilidade.

Assim, o mapa de fragilidades relativo à variável geologia (Figura 5-3) mostra que a predominância da bacia apresenta baixa fragilidade, o que é notório nesta região, onde já estão em operação grandes hidrelétricas como Itá, Machadinho, Campos Novos e Barra Grande. Sabe-se no meio técnico que nestes empreendimentos os aspectos geológicos, geomecânicos e hidrogeotécnicos locais são destacados como de alta favorabilidade para a implantação de grandes reservatórios d'água e barragens, com arranjos otimizados pelo aproveitamento de meandros dos rios.

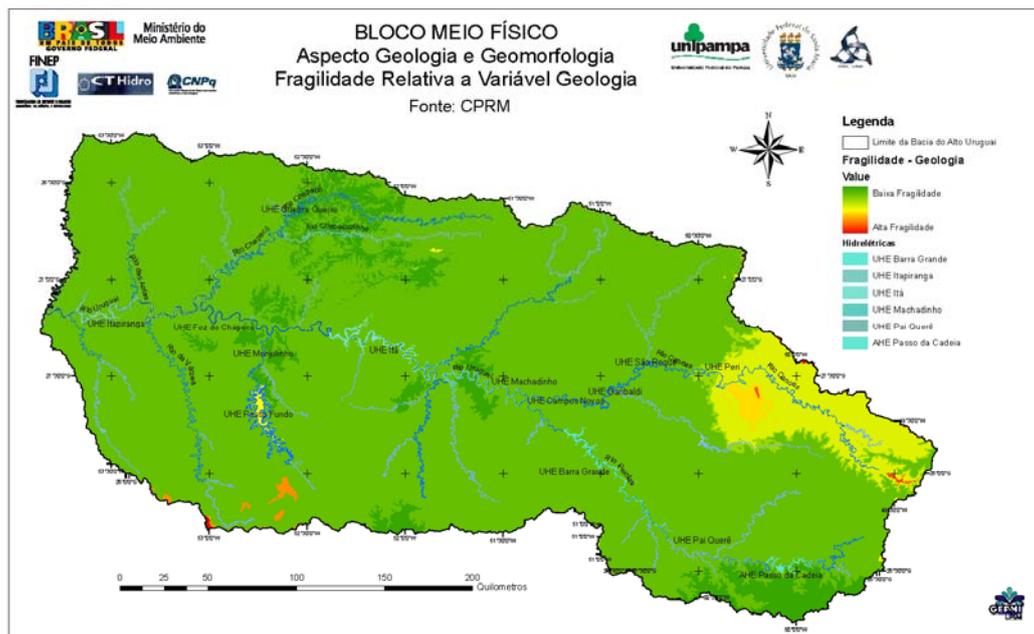


Figura 5-3 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Geologia

5.1.1.2 Variável Geomorfologia

O relevo da bacia do Alto Uruguai é constituído por uma série de patamares em forma de degraus, formado por uma sucessão de derrames básicos e ácidos, esculpidos pela erosão diferencial e desníveis formados por blocos falhados. As encostas são rochosas ou mais comumente cobertas por solo coluvionar, onde a grande maioria apresenta sinais de rastejo.

As características morfológicas encontradas na área são heterogêneas em função das diferenciações litológicas relacionadas à Formação Serra Geral, que se constitui no substrato litológico principal da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai. A diferenciação entre rochas vulcânicas ácidas e básicas corresponde a variações nos tipos de modelado de relevo encontrados, que vão desde áreas planas, mais ou menos conservadas, até porções onde a dissecação, comandada pelos cursos de água (Rios Pelotas, Uruguai, etc.), origina um relevo intensamente fragmentado.

As rochas vulcânicas ácidas estão distribuídas espacialmente em relevos de blocos isolados por áreas intensamente dissecadas, geralmente no topo das elevações. Já, as rochas vulcânicas básicas ocorrem em relevos profundamente dissecados, formando vales profundos e encostas em patamares que contornam os topos regionais isolando-os em blocos.

As cotas altimétricas mais elevadas ocorrem na porção leste da bacia, junto às AHE Passo da Cadeia e UHE Pai Querê. Na porção oeste, em direção a UHE Itaipiranga, as cotas caem gradativamente.

A variação de altimetria, com grandes desníveis entre as partes interfluviais e o fundo do vale dos rios Uruguai e Pelotas, se dá em função do aprofundamento da drenagem que apresenta vales encaixados em vários trechos de seu curso, como, por exemplo, no trecho da UHE Pai Querê, diminuindo as áreas de alagamento e as áreas agrícolas atingidas.

Para análise da fragilidade ambiental do aspecto Geologia e Geomorfologia optou-se por trabalhar com o mapa geomorfológico de modelados de relevo, que contribui com informações de processos superficiais predominantes e tipos de depósitos associados. Estas informações foram obtidas do mapa geomorfológico do RADAM BRASIL(1986).

Os modelados de relevo que ocorrem na área são: Acumulação, Aplainamento e Dissecação. O modelado de relevo Dissecação, definido pela combinação das variáveis densidade de drenagem e aprofundamento, foi dividido em três categorias com relação a sua intensidade: D1 (aprofundamento de 20 a 50m), D2 (aprofundamento de 50 a 150 m) e D3 (aprofundamento acima de 150m). O Quadro 5.3 apresenta os tipos de modelados de relevo que ocorrem na Bacia do Alto Uruguai.

Grande parte da bacia do alto Uruguai apresenta modelado de relevo de dissecação de de fraca intensidade (D1), com aprofundamento de vales entre 20 e 50m (Figura 5-4).

Na porção SE da bacia, como no entorno do rio Canoas ocorrem a maioria dos modelados de aplainamento, isto é, modelos de relevo com topos achatados, localizados em regiões de grandes altitudes.

Os modelados D2 e D3, que indicam maior intensidade de dissecação, ocorrem predominantemente no entorno do médio e alto curso do rio Uruguai, no entorno do Rio Pelotas e Passo da Cadeia. Isto significa que nestas regiões ocorrem vales mais fechados e que fornecem sedimentos para as áreas de acumulação do médio e baixo curso do rio (Fotos 5-1 e 5-2).

Quadro 5-3 Modelados de relevo da Bacia do Alto Uruguai. Fonte: RADAM BRASIL (1986)

Tipos de modelados de relevo		Morfologia e depósitos superficiais	Processos predominantes
Modelado de Acumulação		Planícies de terraços aluviais e lacustres com declividade muito fraca. Cicatrizes de movimentos de massa nas margens dos rios	Escoamento concentrado nas planícies fluviais, inundações e movimentos de massa. Eventualmente escoamento freático e superficial difuso nas planícies aluviais
Aplainamento		Modelado aplainado, levemente ondulado, colúvios com linhas de pedra e fraca dissecação. Declividades fracas. Podem ocorrer sulcos e ravinas	Escoamento freático e superficial difuso, com exceção dos afloramentos de rocha onde são concentrados. Nas áreas colúvias ocorre escoamento superficial difuso
Dissecação	D1	Modelado côncavo-convexo com aprofundamento de 20 a 50m. Densidade de drenagem variando de fina à grosseira. Inclinação de vertentes entre 10 e 18 graus. Movimentos de massa, sulcos ravinas e voçorocas. Colúvios e lajeados são comuns.	Escoamento freático e movimentos de massa. Escoamento superficial difuso e concentrado. Movimentos de massa rápidos e pontuais
	D2	Modelado convexo-côncavo com aprofundamento entre 50 e 150m. Inclinação de vertentes entre 18 e 45 graus, Formas de erosão acelerada são comuns. Lajeados, tálus, cristas, cornijas e quedas d'água são comuns. Colúvios com espessuras variadas.	Escoamento freático e movimentos de massa. Escoamento superficial difuso e concentrado. Movimentos de massa rápidos e pontuais
	D3	Modelado plano-convexo com forte controle estrutural, Declividade entre 35-45 graus ou maior que 45. Aprofundamentos maiores que 150m. Esporões, cristas, escarpas, cornijas, leitos rochosos. Colúvios com espessura variada, presença de tálus	Movimentos de massa lentos. Movimentos de massa concentrados e esporádicos

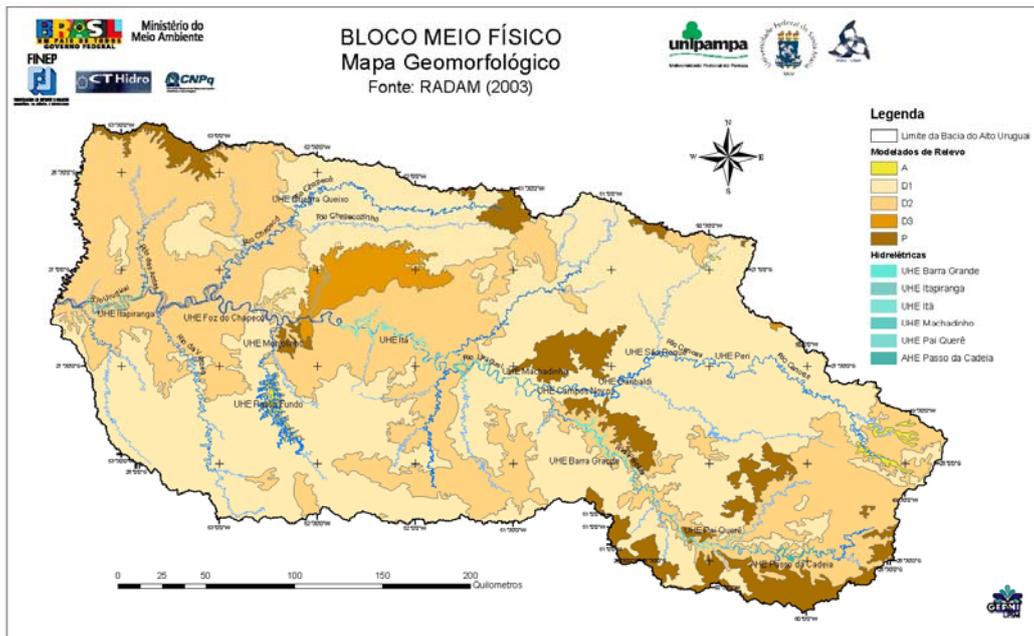


Figura 5-4 Mapa Geomorfológico da Bacia do Alto Uruguai. Fonte: RADAM (1986)



Foto 5-1 Vista geral 1 da calha do rio Pelotas no trecho de Passo da Cadeia – rio com leito rochoso, vale profundo e com margens íngremes rochosas e com pouca cobertura de solos

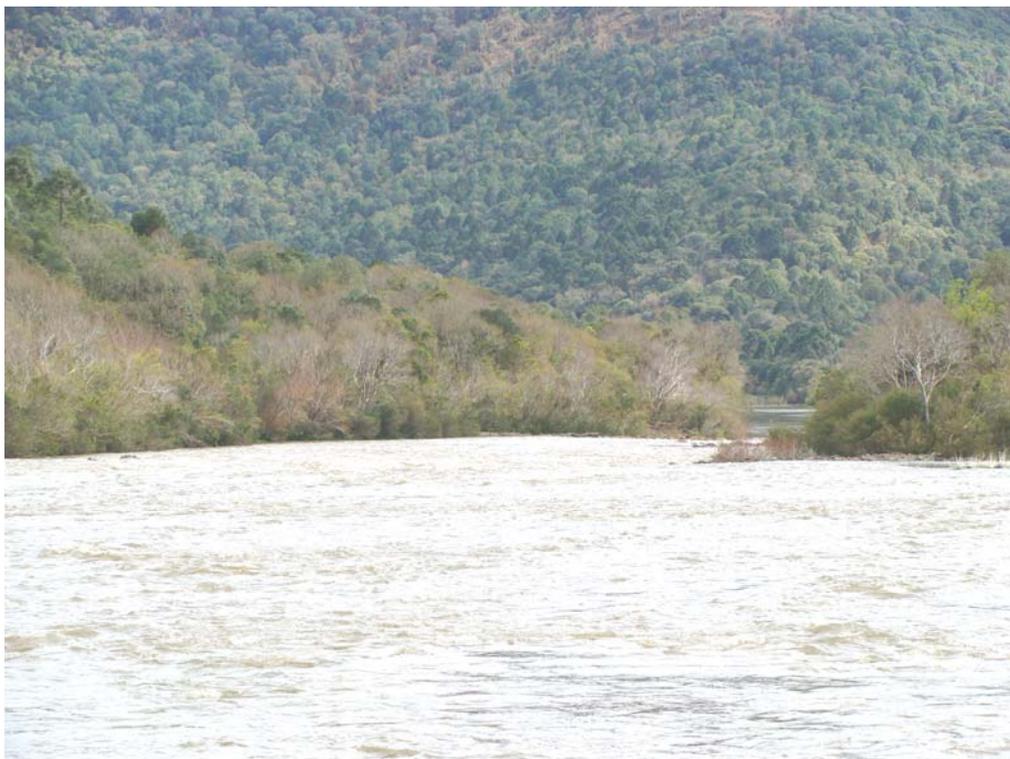


Foto 5-2 Vista geral 2 da calha do rio Pelotas no trecho de Passo da Cadeia – rio com leito rochoso, vale profundo e com margens íngremes rochosas e com pouca cobertura de solos

As notas atribuídas aos tipos de modelado de relevo para o Aspecto Geologia/Geomorfologia levaram em consideração principalmente a morfologia do relevo (Tabela 5-2). Desta forma, tratando-se de fragilidade ambiental, os modelados de Acumulação, por constituírem vales mais abertos, com declividades menores, receberam as notas referentes à maior fragilidade e os modelados de Dissecação as notas de menor fragilidade, em vista das características geomecânicas dos taludes rochosos da Formação Serra Geral na calha dos rios na parte leste da Bacia. O mapa resultante pode ser visto na Figura 5-5. As Fotos 5-3 a 5-8 ilustram o relevo observado na região de estudo.

Tabela 5-2 Notas de fragilidade para geomorfologia do aspecto Geologia/geomorfologia. Valores baixos indicam alta fragilidade.

Modelado de relevo	Fragilidade
P=aplainamento	227
D1=dissecação	198
D2=dissecação	227
D3=dissecação	255
A=acumulação	170

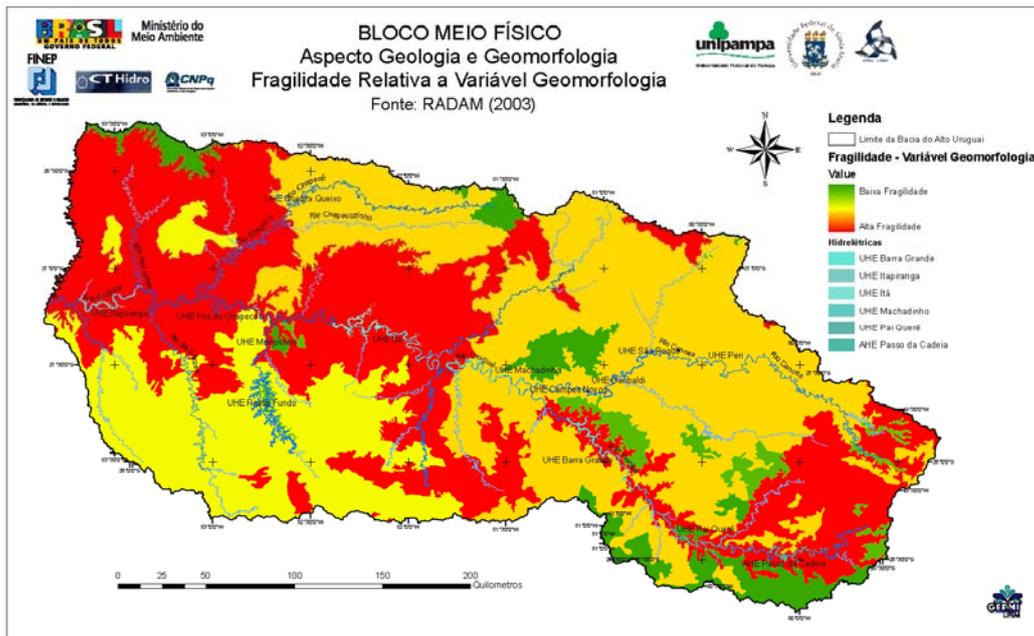


Figura 5-5 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Geomorfologia



Foto 5-3 Vista geral da calha do rio Pelotas na área de Pai Querê – rio com leito rochoso, vale profundo e com margens íngremes rochosas e com pouca cobertura de solos



Foto 5-4 Vista geral da calha do rio Pelotas nas proximidades do eixo do projeto da barragem Pai Querê – ao fundo vê-se o talude rochoso com boas condições geomecânicas e com pouca cobertura de solos



Foto 5-5 Vista geral 1 da calha do rio Uruguai no trecho do projeto da barragem Itapiranga – rio com leito rochoso, vale com profundidade média, com margens mais suaves e ocorrências de terrenos coluvionares espessos



Foto 5-6 Vista geral 2 da calha do rio Uruguai no trecho do projeto da barragem Itapiranga – rio com leito rochoso, vale com profundidade média, com margens mais suaves e ocorrências de terrenos coluvionares espessos



Foto 5-7 Vista de um reservatório às margens do rio Uruguai no trecho do projeto de Itapiranga –são comuns os reservatórios deste tipo para a destinação final de efluentes líquidos de criação de suínos e aves



Foto 5-8 Idem foto anterior

5.1.1.3 Variável Declividade

A variável declividade é considerada importante, pois interfere nos processos superficiais que atuam no âmbito da bacia hidrográfica, condicionando os diferentes tipos de modelado de relevo.

Para elaboração do mapa de declividade, submeteu-se o MNT (Modelo numérico do Terreno) do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission - NASA), em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, ao módulo de extração das declividades, gerando-se um mapa que foi, posteriormente, submetido a um processo de fatiamento, considerando-se as mesmas classes utilizadas pelo aspecto de erosão, estabelecidas por EMBRAPA (1999).

Com base no mapa foram atribuídas notas de fragilidade para as diferentes classes de declividade, como pode ser visto na Tabela 5.3

Tabela 5-3 Classes de declividade e notas de fragilidades atribuídas. Valores baixos indicam alta fragilidade.

Classes de declividade	Fragilidade
0-3%	255
3-8%	204
8-20%	123
20-45%	82
45-75%	41
> 75%	10

O mapa de fragilidade da declividade pode ser visto na Figura 5-6. A maior fragilidade da bacia em relação à declividade encontra-se no entorno do rio Uruguai na sua porção de médio curso e na porção NW. Encontram-se também regiões de fragilidades elevadas no entorno do Domo de Lages e da calha do rio Canoas.

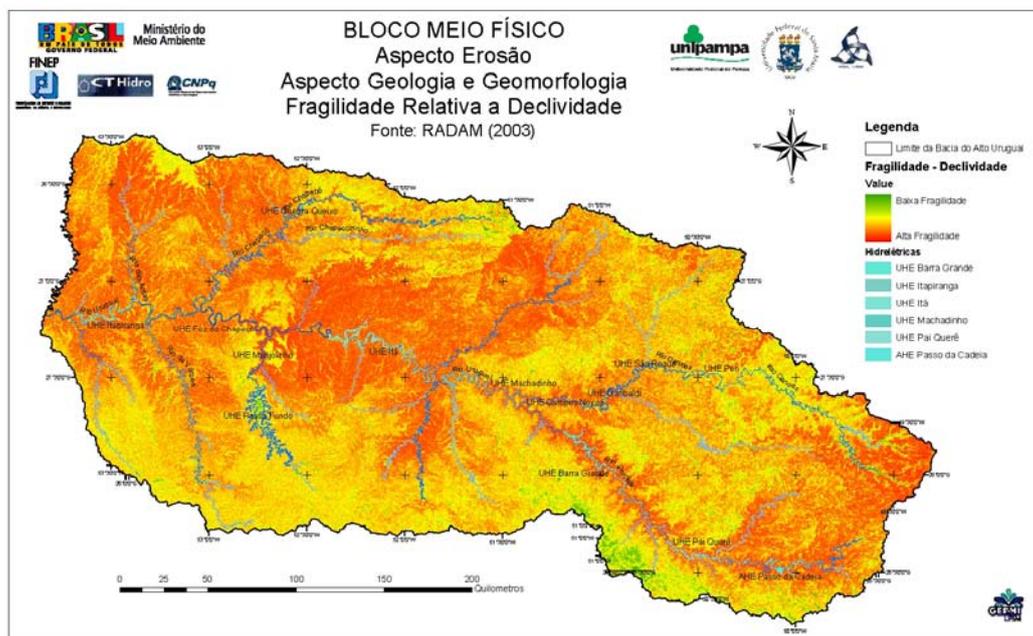


Figura 5-6 Mapa de Fragilidades Relativo à Declividade para os Aspectos Geologia/Geomorfologia e Erosão.

5.1.1.4 Variável Água Subterrânea

A região da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai pertence à Bacia Sedimentar do Paraná capeada por derrames de rochas vulcânicas de composição básica (basaltos e andesitos) bem como ácidas (riólitos e granófiros). Portanto, apresentam-se relativamente homogêneas em seus aspectos composicionais por grandes extensões, considerando-se uma escala regional 1:2.500.000 a 1:250.000. Por outro lado, apresentam uma variabilidade em escala local a nível de afloramentos ou de perfis de poços, relacionadas às ocorrências de fraturas, fissuras e diáclases verticais e sub-horizontais, podendo também apresentar aspectos maciços, amigdalóides e vesiculares que lhes conferem anisotropia e porosidade secundária.

Nos tipos ácidos predominam as fraturas sub-horizontais, enquanto que nos básicos predominam as fraturas verticais a sub-verticais. Em profundidades variáveis ocorrem rochas porosas pertencentes à Bacia Sedimentar do Paraná relativas à Formação Botucatu e a Formação Rio do Rasto (CPRM, 2002), as quais apresentam diferentes estruturas sedimentares primárias bem como variações nas frações areia, silte e argila, o que lhes confere a condição de reservatórios, apresentando diferentes proporções na razão porosidade/permeabilidade, vazões, cargas hidráulicas.

Estas formações geológicas formam dois grandes domínios espacializados por CPRM (2008):

Domínio 2- Bacias Sedimentares (Bacia do Paraná) engloba os estados do RS, SC e ainda partes dos estados PR, SP, GO, MT, MS, MG (Aquífero Poroso). Constitui o

Sistema Aquífero Guarani (SAG), poroso, granular, não aflorante na área em estudo. É considerado confinado profundo e pode ocorrer na forma de interderrame (intertraps) nas bordas da Bacia do Paraná de pequenas dimensões em cotas altimétricas variadas. Pode apresentar águas doces, mas também salobras, comumente bicarbonatadas cálcio-magnesianas, sódicas e mistas (potáveis de mesa) e utilizadas para abastecimento humano preferencialmente.

No estado do Rio Grande do Sul podem apresentar concentrações anômalas de flúor, tanto em áreas de confinamento profundo como em Três Arroios, Santo Ângelo, bem como em zonas confinadas rasas em afloramentos do SAG, fora da área em estudo (Silva et al., 2002 e 2008). Pontualmente pode apresentar hidrotermalismo e ser utilizada para lazer em Estâncias Hidrominerais (Ex. Piratuba, Campo Novo, Águas de Chapecó, Palmitos, Santa Rosa de Lima, São João D'Oeste, São Carlos em Santa Catarina e no estado do Rio Grande do Sul em Erechim, Três Arroios, etc.).

De acordo com CPRM (2002), a cota do Sistema Aquífero Guarani no Oeste do Estado de Santa Catarina ocorre em profundidades que variam de 360m, registrados nos poços de Itá e Tangará, a 1.267m em poço profundo de São João D'Oeste. No estado do Rio Grande do Sul ocorre o topo do SAG em cerca de 1100m em Três Arroios e no Município de Quaraí em cerca de 39m (fora da área deste estudo).

Domínio 5- Rochas vulcânicas (Aquífero Fissural) englobam os estados do RS, SC e ainda partes dos estados PR, SP, GO, MT, MS, MG. Constitui o Sistema Aquífero Serra Geral (fissural) utilizado frequentemente como captação para abastecimento de poços tubulares para abastecimento humano em diversos municípios pela Companhia Riograndense de Saneamento/CORSAN, Companhia Catarinense de Água e Saneamento/ CASAN, prefeituras Municipais para abastecimento urbano e rural e ainda diversos segmentos industriais.

De acordo com CPRM (2002), dos 2.723 poços tubulares cadastrados no oeste catarinense, 2714 captam água do Aquífero Serra Geral, com profundidades variando entre 24m a 310m (média de 117m). Alguns destes poços possuem concessões de lavra junto ao Departamento Nacional da Produção Mineral/DNPM para engarrafamento de água mineral e para utilização em estância hidrotermais.

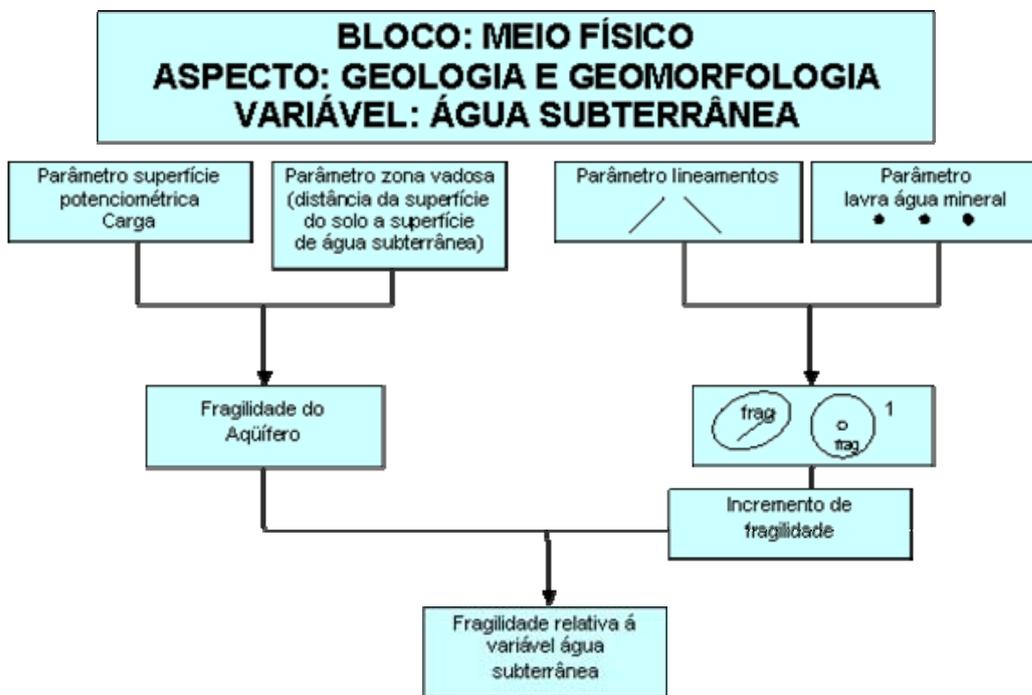
Desta forma, devem ser considerados como empreendimentos que representam recursos econômicos para a região e o país e devem ser considerados quando da realização de estudos de licenciamentos ambientais para empreendimentos de Usinas Hidroelétricas na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, buscando a proteção destes mananciais subterrâneos bem como de sua termalidade natural.

Os aspectos geológicos, em escala regional, apresentam homogeneidade litológica e composicional (básica e ácida), porém apresentam anisotropia em escala local, em relação à morfologia interna dos derrames como a presença de zonas vesiculares, amigdalóides, maciças, fissuradas, e ainda a ocorrência de diáclases sub-horizontais (predominantes nas rochas ácidas) e sub-verticais a verticais nos tipos básicos.

Indica a existência de um potencial de águas para abastecimento humano, bem como sítios hidrotermais relativos ao Sistema Aquífero Guarani e Serra Geral.

A fragilidade da variável água subterrânea foi avaliada com base nos seguintes parâmetros: superfície potenciométrica, espessura da zona vadosa, lineamentos e concessões de lavra de água mineral e balneários hidrotermais, conforme fluxograma apresentado na Figura 5-7.

Estes parâmetros são importantes para avaliação da direção do fluxo subterrâneo no caso de haver uma carga contaminante disposta na superfície do terreno, bem como de sua recarga ou descarga de base para os cursos de água.



Observações:

Lineamento (falhas)	Buffer de 500 metros	Incremento de Fragilidade
Lavra água mineral dos poços	Buffers dos poços	-
	25 m³/dia – 500 metros	1,5
	25 a 250 m³/dia – 1000 m	1,2
	> 250 m³/dia – 2500 m	1,3
	> 2500 m	1

Figura 5-7 Fluxograma para obtenção da fragilidade da variável água subterrânea do aspecto geologia e geomorfologia

Grande parte do sistema aquífero da bacia hidrográfica do Alto Uruguai pode ser classificado como fraturado com comportamento heterogêneo e anisotrópico. Desta forma, a utilização das variáveis superfície potenciométrica e espessura da zona vadosa, geram um grau de incerteza na abordagem desenvolvida para a avaliação da fragilidade da água subterrânea, nesta etapa do projeto. Para uma segunda etapa, serão ensaiadas novas metodologias que reduzam as incertezas relacionadas à anisotropia do aquífero como, por exemplo, aquelas que trabalham com densidade de fraturas e estatística vetorial.

5.1.1.4.1 Parâmetro Superfície Potenciométrica

Superfície Potenciométrica é a relação entre a cota altimétrica da boca do poço e o nível da água e indica uma carga hidráulica sobre um datum, que neste caso é o nível zero ou Nível do Mar (Oceano Atlântico). A superfície potenciométrica também indica a direção do fluxo subterrâneo, portanto se houver contaminantes oriundos da superfície

do terreno (carga antrópica poluente), ela seguirá esta tendência. É traçada perpendicularmente as linhas de fluxo subterrâneo. A Figura 5-8 ilustra a superfície potenciométrica indicativa de uma carga hidráulica (Heath, 1983).

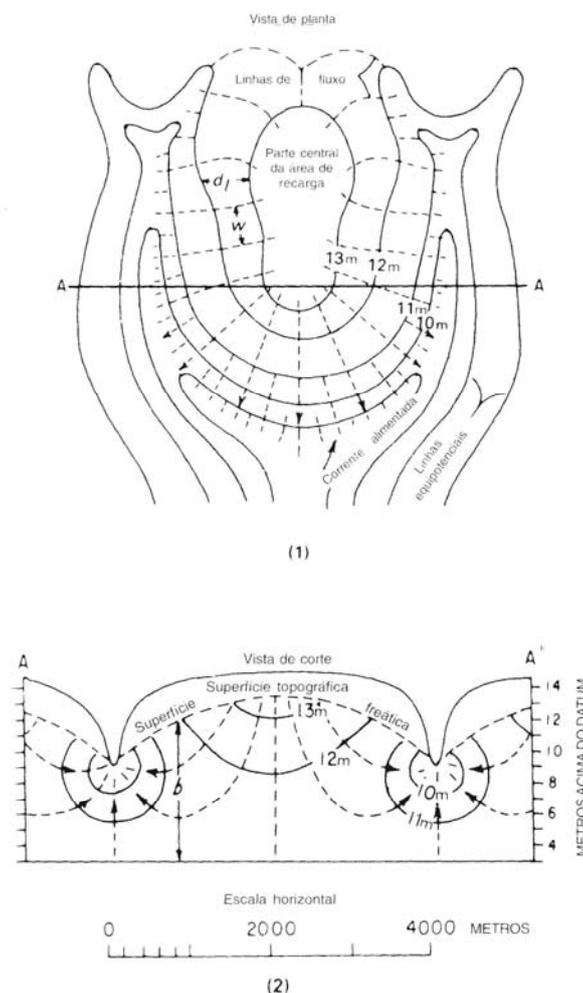


Figura 5-8 A parte 1 é a vista em planta das linhas equipotenciais e linhas de fluxo na vizinhança de uma corrente que recebe água de suas cabeceiras. A parte 2 indica a espessura da coluna de água sobre um Datum. Fonte: Heath (1983).

A partir das linhas equipotenciais avaliadas das superfícies potenciométricas infere-se que, quanto maior for a sua espessura (carga hidráulica), menor será a influência no nível do reservatório nos aquíferos subjacentes. Assim, admitindo um vale profundo como um meio homogêneo e isotrópico com os níveis máximos da linha freática maiores que os níveis de operação de um reservatório, nestas condições o aquífero local permanece na condição de efluente, cedendo água para o rio. Corroborando ideias de Maciel Filho et al. (2005), vales em V fechados e profundos com reservatórios dentro de sua calha, como o projeto Pai Querê, pouco afetariam as condições de fluxos subterrâneos locais.

Para espacializar a superfície potenciométrica da região foram incluídos os poços tubulares e/ou escavados e nascentes cadastrados no SIAGAS/CPRM (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas no Brasil – <http://www.cprm.gov.br/siagas>). No Estado do Rio Grande do Sul, o cadastro contém informações de poços de diâmetro igual ou superior a 100 mm (4 polegadas).

A Figura 5-9 ilustra a espacialização dos 2.623 poços cadastrados junto ao SIAGAS/CPRM na Bacia do Alto Uruguai. Para a simulação da Superfície Potenciométrica e também da zona vadosa, foram utilizados 1019 poços no Estado do Rio Grande do Sul e 1604 poços no Estado de Santa Catarina que apresentavam informações completas. Os números na figura indicam os municípios que não possuem informação até março de 2009.

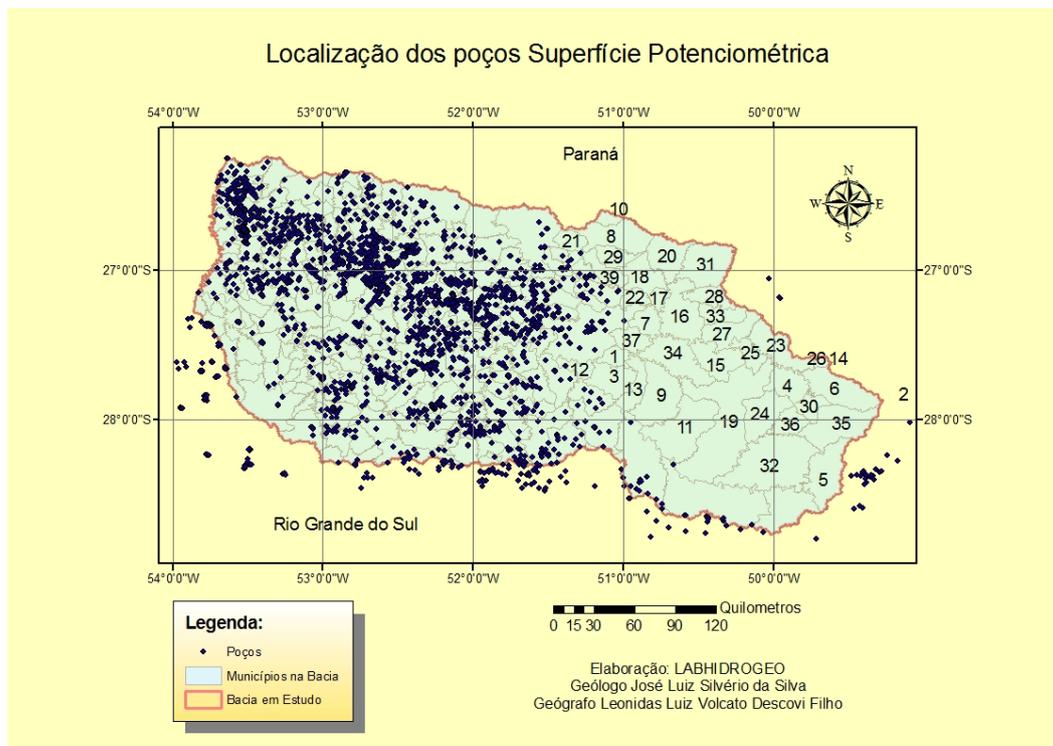


Figura 5-9 Espacialização dos Poços Cadastrados no SIAGAS/CPRM, indicando-se uma numeração dos municípios com vazios de informação de poços.

Percebe-se que há um vazio de informações no setor Nordeste do Estado de Santa Catarina e também Sudeste. Salienta-se que por este motivo deve-se ter cautela nas avaliações decorrentes desta variável. Na segunda etapa deste projeto espera-se que novos dados sejam incorporados nas análises, suprimindo as regiões com vazios de informações, diminuindo a incerteza de outras áreas.

Os municípios que não possuem informação a respeito de poços cadastrados são listados no Quadro 5.4. Deve-se salientar que em alguns municípios que apresentam grandes dimensões territoriais, como é o caso de Lages em Santa Catarina, apresentam apenas dois poços cadastrados, conferindo ao trecho simulado um grau de incerteza na espacialização dos dados.

As notas para a superfície potenciométrica foram estabelecidas utilizando-se como critério o valor de 55 para o menor valor da superfície potenciométrica (128m) e de 255 para o maior valor (1188m). As demais notas foram proporcionais.

Analisando os resultados da fragilidade da superfície potenciométrica (Figura 5-10) pode-se afirmar que a zona de maior fragilidade está localizada na parte oeste da bacia e na porção central. Na região SE com vales fechados, as superfícies potenciométricas elevadas receberam notas mais elevadas, indicando baixa fragilidade e uma menor possibilidade do reservatório encaixado contribuir para o aquífero (nestas condições, o rio permanece com caráter influente). O inverso pode ser pensado para o lado oeste, onde as notas são mais baixas, indicando altas fragilidades.

Quadro 5-4 Municípios que não possuem cadastro de poços

1 Abdon Batista	20 Lebon Régis
2 Anitápolis	21 Macieira
3 Anita Garibaldi	22 Monte Carlo
4 Bocaina do Sul	23 Otacílio Costa
5 Bom Jardim da Serra	24 Paineira
6 Bom Retiro	25 Palmeira
7 Brunópolis	26 Petrolândia
8 Caçador (1 poço de águas minerais)	27 Ponte Alta
9 Campo Belo do Sul	28 Ponte Alta do Norte
10 Calmon	29 Rio das Antas
11 Capão Alto	30 Rio Rufino
12 Celso Ramos	31 Santa Cecília
13 Cerro Negro	32 São Joaquim
14 Chapadão do Lajeado	33 São Cristóvão do Sul
15 Correia Pinto	34 São José do Cerrito
16 Curitibaanos (1 poço de água mineral)	35 Urubici
17 Frei Rogério	36 Urupema
18 Fraiburgo	37 Vargem
19 Lages (apenas 1 identificado SIAGAS), existem 2 poços de águas minerais	38 Videira

Os valores de fragilidade mais elevadas obtidos para a porção leste da bacia são resultantes da ausência de dados para esta região. Estes modelos serão rodados novamente em outra etapa do projeto, e com a aquisição de novos dados que supram esta deficiência, provavelmente permitirão uma melhor análise desta variável.

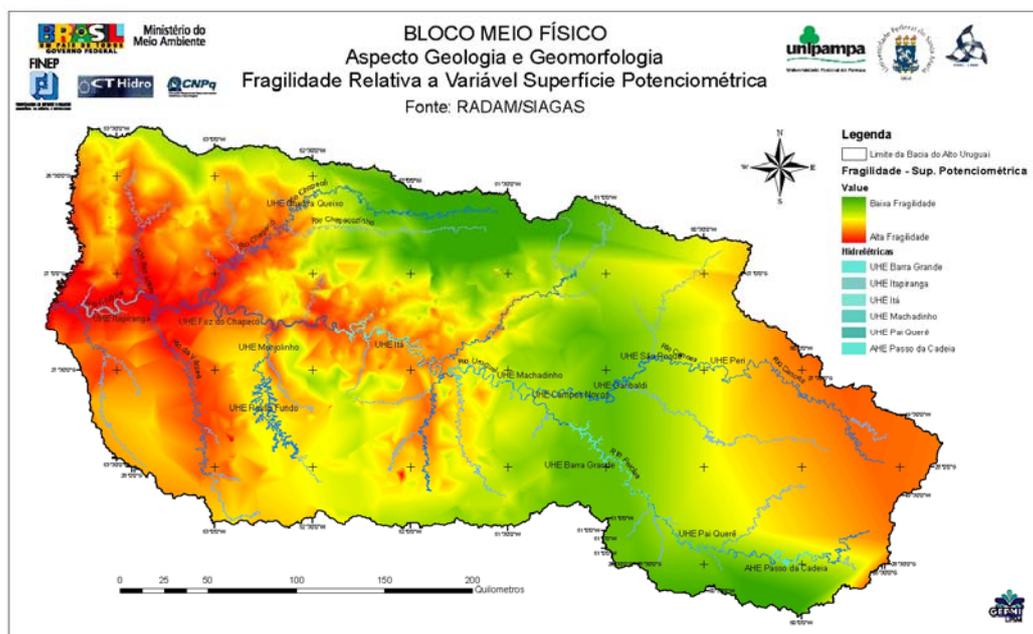


Figura 5-10 Mapa de Fragilidades Relativo à Superfície Potenciométrica

tectônicas, predominam duas direções preferenciais: NE-SW e NW-SE, onde algumas delas estão materializadas na forma de diques de diabásio (Foto 5-9).

Os lineamentos que ocorrem na bacia influenciam a forma dos vales e as direções de drenagens. Podem ser áreas de reativação tectônica como fraturas e falhas, e discontinuidades atectônicas, como diáclases horizontais e verticais próprias do resfriamento do magma. As áreas de fraturas e falhas representam manifestação de atividades sísmicas que podem sofrer reativação especialmente pelo enchimento dos reservatórios. Por outro lado também influem na recarga direta dos aquíferos e podem levar consigo cargas contaminantes impostas na superfície.



Foto 5-9 Vista de um dique de diabásio margem esquerda do rio Pelotas no trecho da AHE Passo da Cadeia – este é um dos tipos de discontinuidade que potencializa a infiltração da água no subsolo e pode comprometer a estanqueidade de um reservatório.

O mapa de estruturas geológicas contendo os principais lineamentos da bacia foi construído com base no RADAM (1986). Na área predominam as estruturas de direção NE e NW relacionadas à abertura do Oceano Atlântico (Figura 5-12). Percebe-se uma concentração de estruturas na porção W da bacia.

Para avaliação da fragilidade, considerando principalmente a influência das estruturas nas recargas dos aquíferos, foram criados *buffers* de 500m ao redor dos lineamentos, com incremento da fragilidade em torno de 30%.

As discontinuidades abertas (fraturas, falhas, diáclases) são caminhos preferenciais de fluxos locais e de recarga de aquíferos e por onde os contaminantes da superfície podem atingir os aquíferos. Desta forma é importante uma caracterização detalhada da geologia estrutural da área, identificando as discontinuidades abertas quanto a parâmetros de resistência geomecânicas e hidrogeológicas.

5.1.1.4.4 Parâmetro Concessão de Lavra de Água Mineral

As concessões de Lavras de Águas Minerais, os balneários de fontes hidrominerais (turismo/lazer) e águas termais são importantes fontes de recursos financeiros e de produção de turismo local e por isso foram considerados nesta avaliação. As informações foram obtidas direto do Sítio Recursos Hidrogeológicos do Brasil SIGHIDRO/DNPM (<http://www.dnpm.gov.br/SIGHIDRO>). Foram gerados *buffers* para incremento da fragilidade ao redor dos poços considerando as vazões diárias utilizadas no Estado do Rio Grande do Sul (SEMA) onde considerou-se cerca de 10 horas diárias de bombeamento expresso em metros cúbicos por dia. Adotou-se, portanto, três classes de consumo diário de águas:

- < 25 m³/dia *buffer* (500m),
- 25- 250 m³/dia *buffer* (1000m)
- > 250 m³/dia *buffer* (2500m).

Ex. Um poço com produção diária de 24 m³/hora X 10 horas de bombeamento diário = 240 m³/dia utiliza-se um *buffer* de 1000m ao redor do poço.

Para incremento da fragilidade das águas subterrâneas, foram cruzados os parâmetros lineamentos e concessão de lavra de água mineral e balneários hidrotermais (Figura 5-12).

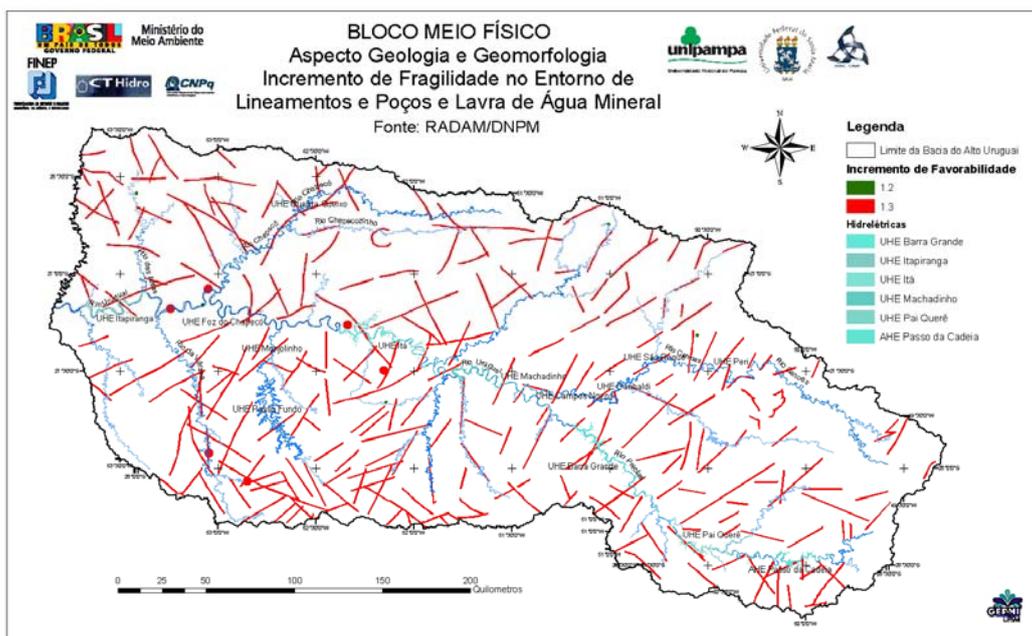


Figura 5-12 Incremento de Fragilidades Relativo a Lineamentos e Poços e Lavra de Água Mineral.

5.1.1.4.5 Cadastro de Poços de águas minerais SIGHIDRO/ DNPM e SIAGAS/CPRM

Os poços de águas minerais e balneários hidrominerais cadastrados no SIGHIDRO/DNPM e complementados pelo SIAGAS/CPRM podem ser observados no Quadro 5-5, que apresenta o uso da água, o estado e o município onde se localizam as captações.

Quadro 5-5 Cadastro de poços localizados na Bacia do Alto Uruguai

Uso	Estado	Nº de poços	Municípios
Engarrafadoras de água mineral	RS	03	Barra Funda Carazinho Iraí
	SC	07	São Carlos Caçador Lages Curitibanos Guaraciaba Palmitos
Balneários Hidrominerais	RS	02	Erechim Três Arroios (Basaltos Serra Geral e Botucatu/SAG) poço 4300013499, T= 32,5° C
		03	Ita Palmitos (água mineral) T=35°C São Carlos T=31°C

Foram registradas outras fontes termiais no Estado de Santa Catarina, que são:

- Campo Novo T= 34,5 °C Mesotermal (poço 4300002257)
- Águas de Chapecó T= 33 °C Hipotermal (poço 4300003953)
- Palmitos T= 35 °C Mesotermal (poço 4300012770)
- Palmitos T= 35 °C Mesotermal (poço 4300012771)
- Santa Rosa de Lima T= 34 °C Mesotermal (poço 4300003136)
- São João do Oeste T= 33°C Hipotermal (poço 430005618)
- Piratuba Termas Piratuba Park Hotel
- Águas de Chapecó (Prefeitura Municipal) abastece o balneário T= 28 °C Hipotermal
- São Carlos (Balneário Águas da Prata)

A Figura 5-13 (CPRM, 2002) ilustra os principais sistemas aquíferos existentes na área da Bacia do Rio Uruguai nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Observar a variabilidade da cota altimétrica do topo do Sistema Aquífero Guarani entre 1267 a 360m, o qual em certos pontos devido ao seu confinamento, apresenta condições de hidrotermalismo. Estes aspectos não são avaliados em estudos de escala regional 1:250.000, portanto necessitam de informações complementares em escala de detalhe a partir de informações pré-existentes.

Na área oeste do Estado de Santa Catarina, onde foi desenvolvido o projeto PROESC/SC (CPRM 2002), os poços apresentam águas com temperaturas entre 28°C (ITA-06-CPRM) até 54°C em Aberlardo Luz (Topo da Formação Botucatu/Aquífero Guarani) poço 2-AI-01-SC, com temperatura média de 39,8°C. Dados indicam que em Santa Catarina o gradiente hidráulico varia de 900m a 300m. Na primeira simulação realizada pela equipe da UFSM em março de 2009, na área do Projeto Bacia do Rio Uruguai, obteve-se uma faixa de variação da carga hidráulica de 168m (Município Barra do Guarita/RS próximo a Itapiranga/SC) até Água Doce/SC com 1318m. (Figura 5-14).

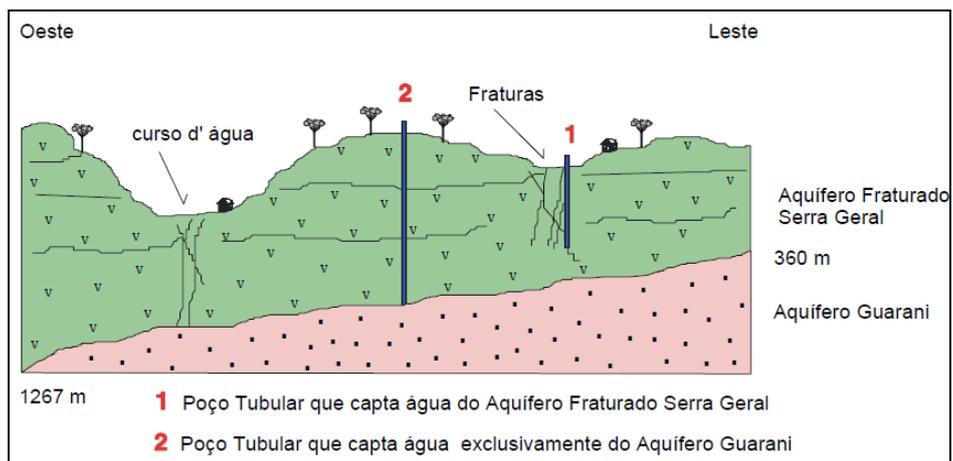


Figura 5-13 Sistemas Aquíferos Existentes na Região Oeste Catarinense

Salienta-se que os poços tubulares que captam águas profundas hidrotermais são dotados de sistemas de estanqueidade e utilizam revestimento de aço galvanizado para evitar perdas de temperatura na fonte de captação, portanto sua fragilidade ocorre em escala pontual e profunda avaliada na simulação realizada nesta pesquisa.

A Figura 5-14 ilustra o fluxo das águas subterrâneas através de uma simulação realizada com 2623 poços no programa Surfer 8, utilizando-se o método de interpolação Krigagem. Notar o ponto P1 localizado no Município Água Doce com valor de superfície potenciométrica de 1318 metros, formando um alto potenciométrico de direção nordeste sudoeste, em direção a Barra do Guarita, onde forma-se um baixo potenciométrico com 168 m, sugerindo uma contribuição para a descarga dos sistemas aquíferos no Rio Uruguai.

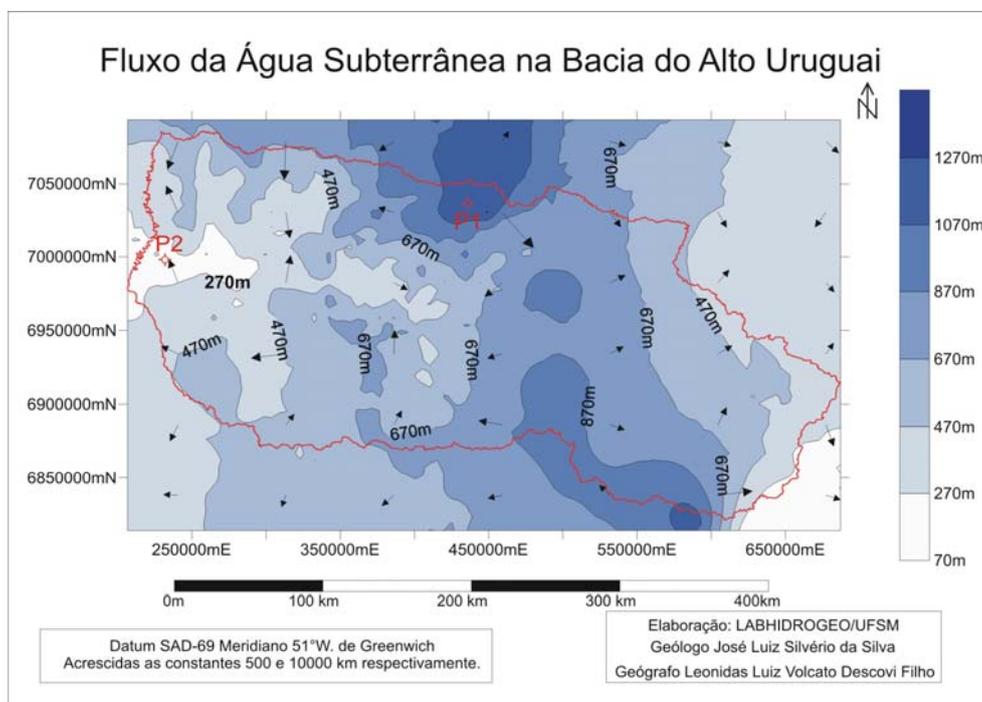


Figura 5-14 Direções Preferenciais de Fluxo Subterrâneo na Área de Estudo, Poços Simulados 2.623.

Pode-se observar a direção regional de fluxo subterrâneo de NE para SW em direção a calha do Rio Uruguai, indicando zona de descarga, o que concorda com o trabalho de Rosa Filho et al. (1998), citado em CPRM (2002).

5.1.1.4.6 Fragilidade água subterrânea

A Figura 5-15 apresenta as fragilidades relativas à variável água subterrânea. Observando-se a Figura 5-15 pode-se dizer que a metodologia empregada foi capaz de discriminar trechos da Bacia do Médio e Alto Rio Uruguai com fragilidades distintas, numa ampla área de rochas vulcânicas pertencente à Bacia do Paraná.

A maior fragilidade ocorre na porção central, noroeste e oeste, onde localizam-se as UHE de Monjolinho, Foz do Chapecó, Itá e nos trechos do Rio da Várzea, Rio Chapecó, Rio Chapecozinho, Rio das Antas e no Rio Uruguai (Itapiranga). Salienta-se que a alta fragilidade simulada para o setor leste e nordeste, onde situam-se os projetos de Peri, São Roque, Garibaldi e Campos Novos no Rio Canoas, deve-se ao vazio de informações sobre poços tubulares cadastrados, associando-se a isto **um elevado grau de incerteza** nas informações simuladas.

Salienta-se que as informações complementares de poços de abastecimento da CASAN, SAMAEs e particulares, cadastrados junto à SDS/SC e ainda não outorgados, licenciados pela FATMA deverão discriminar melhor a variável água subterrânea no trecho avaliado, para a segunda Etapa do Estudo.

O trecho onde se insere o projeto de Barra Grande há incertezas associadas na avaliação, devido ao baixo número de poços tubulares cadastrados no Município de Lages, sendo apenas dois de águas minerais conhecidos até o presente momento. Este município ocupa uma área de grande extensão no trecho avaliado, produzindo lacunas de informações.

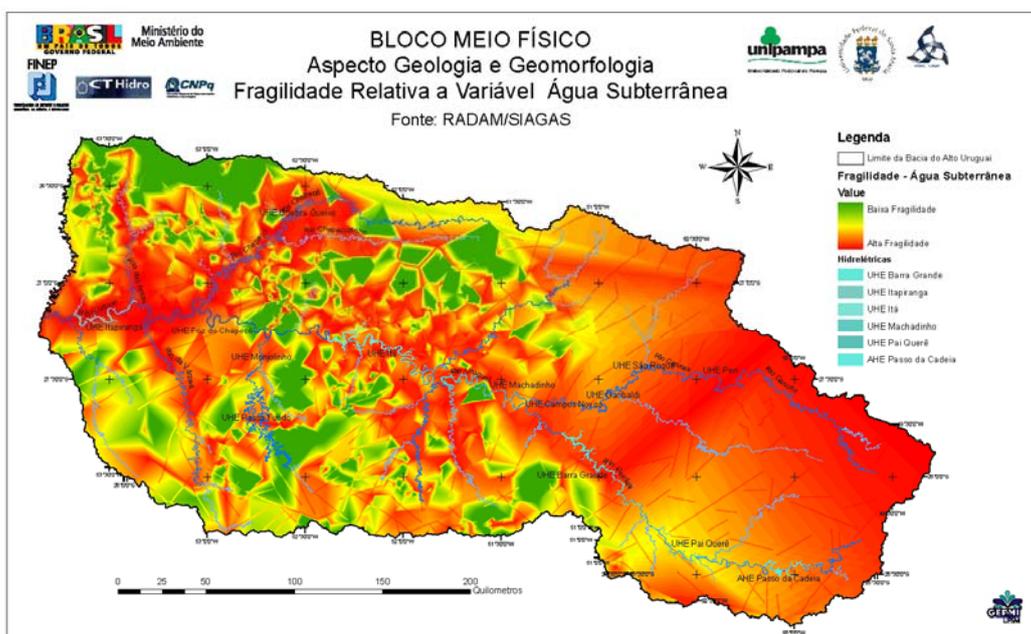


Figura 5-15 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Água Subterrânea

5.1.1.5 Análise Parcial dos Resultados

Como a geologia e a geomorfologia da área são variáveis positivas em relação à implementação de empreendimentos hidrelétricos e pouco discriminantes com relação a áreas mais ou menos frágeis dentro da bacia, optou-se por dar um peso mais elevado à variável água subterrânea para avaliação da fragilidade deste aspecto. Para tanto, os pesos distribuídos entre as variáveis foram: fragilidade da água subterrânea (P4), fragilidade da declividade (P1), fragilidade da geologia (P3) e fragilidade da geomorfologia (P2), conforme Tabela 5-4 .

Tabela 5-4 Modelo utilizado para construir o Aspecto Geologia/Geomorfologia

Variável	Peso
fragilidade da geologia	3
fragilidade da geomorfologia	2
fragilidade da declividade	1
fragilidade da água subterrânea	4
Total	10

A fragilidade do Aspecto Geologia/Geomorfologia pode ser visto na Figura 5-16.

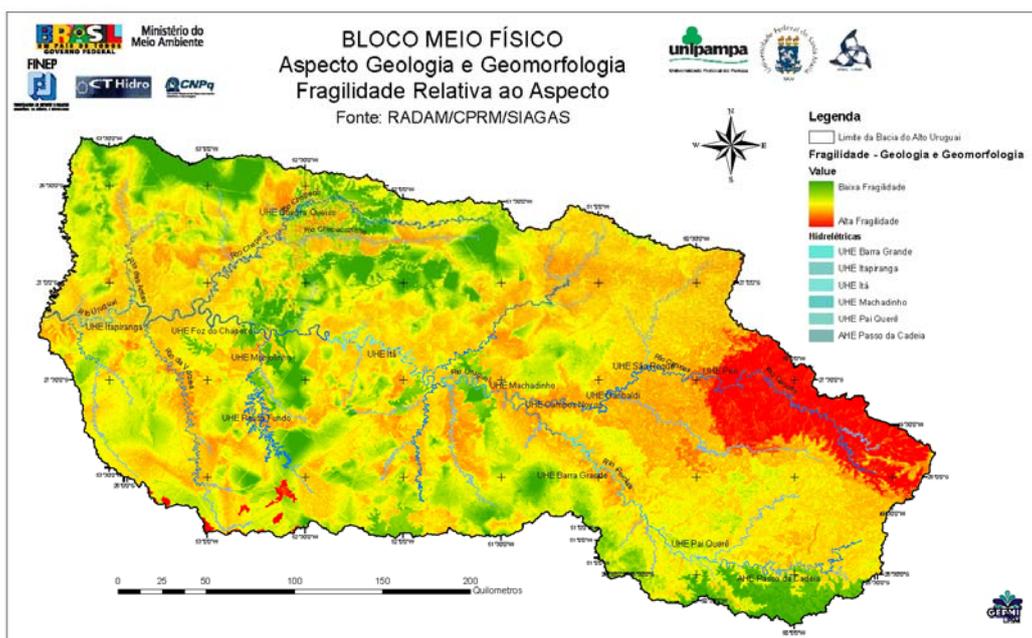


Figura 5-16 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Geologia/Geomorfologia

As maiores fragilidades estão localizadas na parte central e oeste da bacia e a leste junto ao Domo de Lajes. As menores fragilidades ocorrem ao norte e no entorno do Rio Pelotas, onde estão previstas a implantação das APHs Passo da Cadeia e Pai Querê. Deve-se ter em mente que, devido ao peso que foram dados as variáveis, provavelmente a fragilidade da água subterrânea está influenciando a caracterização final da fragilidade deste aspecto.

Este raciocínio é correto, pois tanto a geologia quanto a geomorfologia não são discriminantes para toda a bacia em escala regional. Desta forma, optou-se por dar um

peso maior, isto é, valorizar a variável água subterrânea, a qual incorpora aspectos tanto de influencia regional como local.

Na Bacia do Alto Uruguai ocorre uma considerável quantidade de poços utilizados para abastecimento e balneários hidrotermais, fato este que suscita questionamentos sobre a influência dos reservatórios artificiais sobre a qualidade e/ou termalidade dos aquíferos. Em razão da complexidade e da falta de estudos que comprovem tal fato, sugere-se que sejam aprofundados os estudos hidrogeológicos nas fases de licenciamento. Desta forma sugere-se que sejam realizados:

- Estudos de padrões e densidades de fraturas e demais descontinuidades em escala de detalhe próximo da Área de Influência Direta/AID dos reservatórios a serem implantados
- Estudos de hidrogeologia relativos à cota do topo do Sistema Aquífero Guarani/SAG e sua espacialização em Sistema de Informação Geográfica/SIG, bem como avaliação de sua termalidade e recarga.
- Mapeamento das fontes/nascentes incluindo estimativa das vazões e áreas de recarga para subsidiar implantação de programas de proteção;
- Monitoramento sistemático de níveis de água subterrânea e sua qualidade na AID e AII de reservatórios a serem executados antes, durante e depois da implantação dos empreendimentos.
- Programas de investigação geológicas indiretas e diretas que forneçam entre outros a profundidade do nível da água subterrânea, pressão d'água, presença de aquíferos, temperatura da água, qualidade que servirão para estudos hidrogeológicos e tomadas de decisão em relação a empreendimentos futuros.

5.1.2 Aspecto Estabilidade de Encostas

Para avaliação do aspecto Estabilidade de Encostas foram analisadas as seguintes variáveis: geologia, geomorfologia e declividade conforme Figura 5-17. O mapa base utilizado foi o RADAMBRASIL (1986).

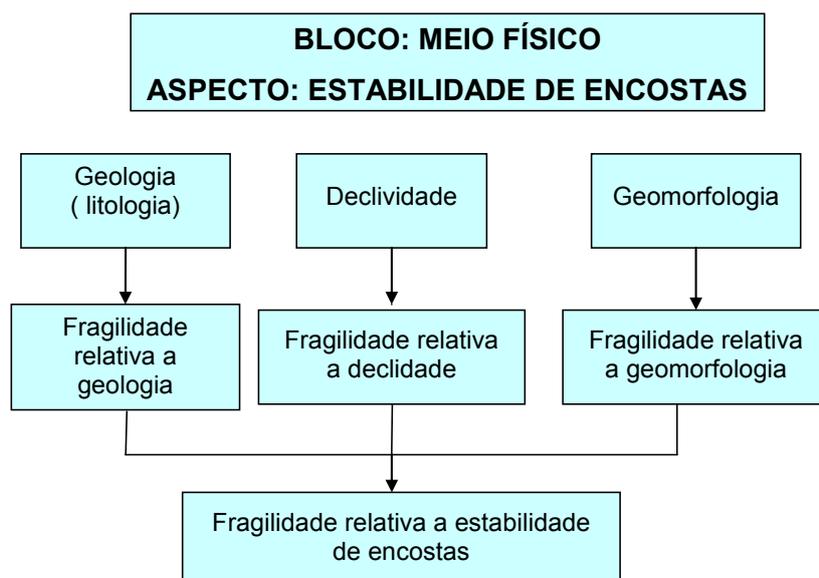


Figura 5-17 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do aspecto Estabilidade de Encostas.

Nos trabalhos de campo foram identificados diferentes tipos de movimentos de massa na bacia do alto Uruguai. Na porção mais a oeste, são comuns as coberturas de colúvio/tálus de diferentes espessuras, atingindo áreas consideráveis nas margens do rio Uruguai. Muitos destes depósitos superficiais mostram sinais de movimentos de massa do tipo rastejo, que são movimentos lentos, na ordem de 1 a 2 cm por ano.

Caso ocorra alguma modificação das forças de equilíbrio que atuam na encosta, como pluviosidade excessiva, desmatamento, ou algum tipo de ação antrópica como cortes e aterros e rebaixamento rápido do nível da linha freática, os movimentos de massa são acelerados e passam de rastejo para escorregamento. Os escorregamentos são rápidos e podem atingir grandes áreas e volumes.

As maiores concentrações populacionais junto às margens do rio e próximo às áreas com cobertura coluvionar encontram-se na porção oeste da bacia, configurando zonas de risco. O risco está associado aos escorregamentos das encostas, erosão superficial e solapamento das margens do rio.

Nas porções da bacia onde ocorrem rochas vulcânicas ácidas e intermediárias, os vales dos rios são mais encaixados e com taludes rochosos. Estes tipos de rochas originam colúvios pouco espessos e pouco significativos. Nestas unidades geológicas são comuns os afloramentos de rocha na forma de paredões íngremes e os tipos de movimentos de massa mais comuns são quedas de blocos, tombamentos, deslizamentos planares e corridas de detritos, que são movimentos mais localizados. As Fotos de 5-10 a 5-15 dão uma ideia do tipo de relevo e dos depósitos superficiais encontrados na bacia.



Foto 5-10 Vertente com cobertura coluvionar, presença de linhas de pedra, solos rasos do tipo litólicos na margem direita do rio Uruguai no trecho da UHE Itapiranga



Foto 5-11 Vista geral da margem direita do rio Uruguai no trecho da UHE Itapiranga – a foto mostra terraços com cobertura coluvionar em taludes com declividade suave



Foto 5-12 Vista de um talude rochoso na margem esquerda do rio Pelotas (trecho da AHE Passo da Cadeia) onde se pode observar uma descontinuidade potencialmente favorável à ocorrência de um deslizamento planar



Foto 5-13 Vista geral de um talude coluvionar na margem do reservatório da Barragem de Itá – vê-se na linha d'água erosão do talude, potencializando a instabilidade do mesmo ao escorregamento



Foto 5-14 Idem a foto anterior



Foto 5-15 Vista geral de um talude de rocha decomposta na margem do reservatório da Barragem de Ita, com ocorrência de um escorregamento

5.1.2.1 Variável Geologia

Com base no mapa geológico da CPRM (2003) modificado e nos trabalhos de campo, foram atribuídas notas de fragilidade para as litologias, considerando-se os depósitos superficiais associados e os tipos de movimentos de massa predominantes (Tabela 5-5).

Desta forma, dentre as rochas ígneas, as básicas receberam notas de maior fragilidade, pois pela sua composição condicionam o aparecimento de depósitos superficiais do tipo colúvio/tálus de maior espessura e maior área de abrangência.

Alem destas, as rochas sedimentares também receberam notas indicativas de fragilidade mais alta devido à baixa resistência que apresentam frente aos processos de intemperismo e devido a sua baixa resistência mecânica.

As rochas ígneas intermediárias e ácidas receberam notas de fragilidade mais baixas, pois condicionam vales mais íngremes onde predominam movimentos de massa do tipo queda, rolamento de blocos e corridas de detritos.

Avaliando o mapa de fragilidade relativa à variável geologia com ênfase em estabilidade de encostas (Figura 5-18), percebe-se que associado à presença de rochas ígneas básicas têm-se fragilidades médias, o que corresponde à maior parte da área da bacia. As baixas fragilidades estão correlacionadas às rochas intermediárias e ácidas localizadas nas porções NE e Norte-NW.

Tabela 5-5 Notas de Fragilidade das rochas. Valores baixos indicam alta fragilidade.

Formações	Litologias	Favorabilidade
Depósitos Aluvionares/Colúvio aluvionares	areias, cascalhos	36
F. Tupanciretã	arenitos	73
Intrusões Ígneas-Lages	sienitos, carbonatitos	109
F. Serra Geral-Vulc. Básicas	basaltos, andesitos	145
F. S.Geral-Vulc. interm.e ácidas	riolitos, riodacitos, dacitos	255
F. Botucatu	quartzo-arenitos	182
F. Teresina	siltito-argiloso	146
F. Serra Alta	Argilito, folhelho, siltito	146
F. Iratí	calcário, folhelho	109
F. Palermo	arenito, siltito	146
Indiviso	arenito, diamictito, folhelho	109

As maiores fragilidades estão associadas às rochas sedimentares da Formação Tupanciretã e aos carbonatitos encontrado no Domo de Lages.

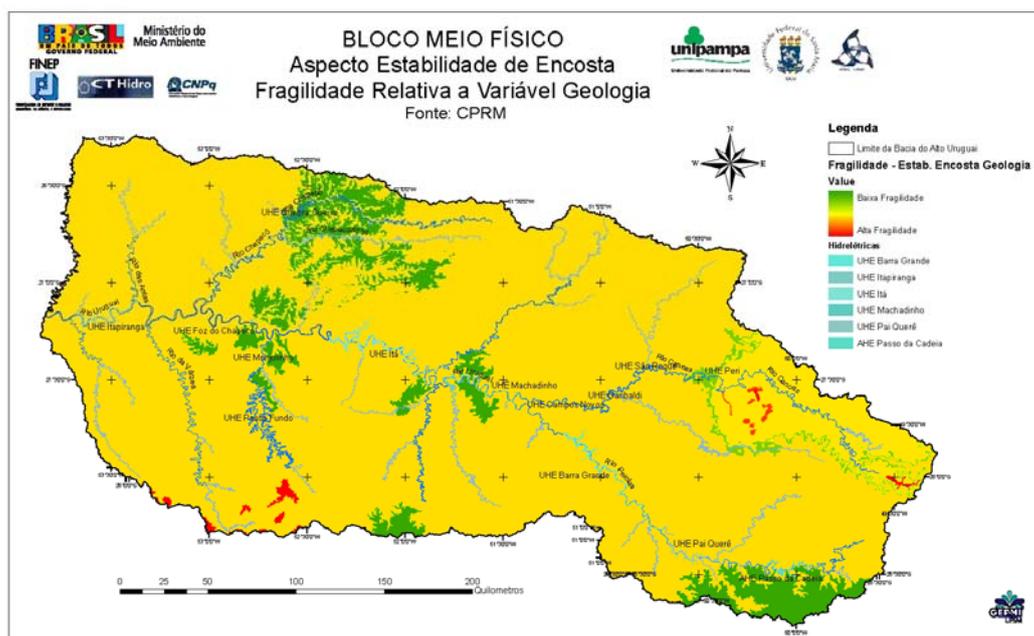


Figura 5-18 Mapa de Fragilidades Relativo a Variável Geologia para Estabilidade de Encostas

5.1.2.2 Variável Declividade

A declividade teve suas notas alteradas quando avaliada em função do aspecto estabilidade de encostas. Áreas mais íngremes receberam notas de maior fragilidade e áreas mais planas notas de menor fragilidade. As notas de fragilidade das classes intermediárias foram mais baixas, pois nestas áreas ocorre material coluvionar como cobertura, e estes são passíveis de escorregamentos, mesmo em declividades pouco acentuadas (Tabela 5-6).

Tabela 5-6 Notas de fragilidade da declividade para estabilidade de encostas. Valores baixos indicam alta fragilidade.

Classes de Declividade	Fragilidade
0-3%	255
3-8%	230
8-20%	179
20-45%	128
45-75%	102
>75%	51

Avaliando o mapa de fragilidade da declividade (Figura 5-19), percebe-se uma faixa ao redor da bacia que apresenta baixa fragilidade. As áreas mais frágeis estão na porção central e oeste da bacia e também próximo ao Domo de Lages.

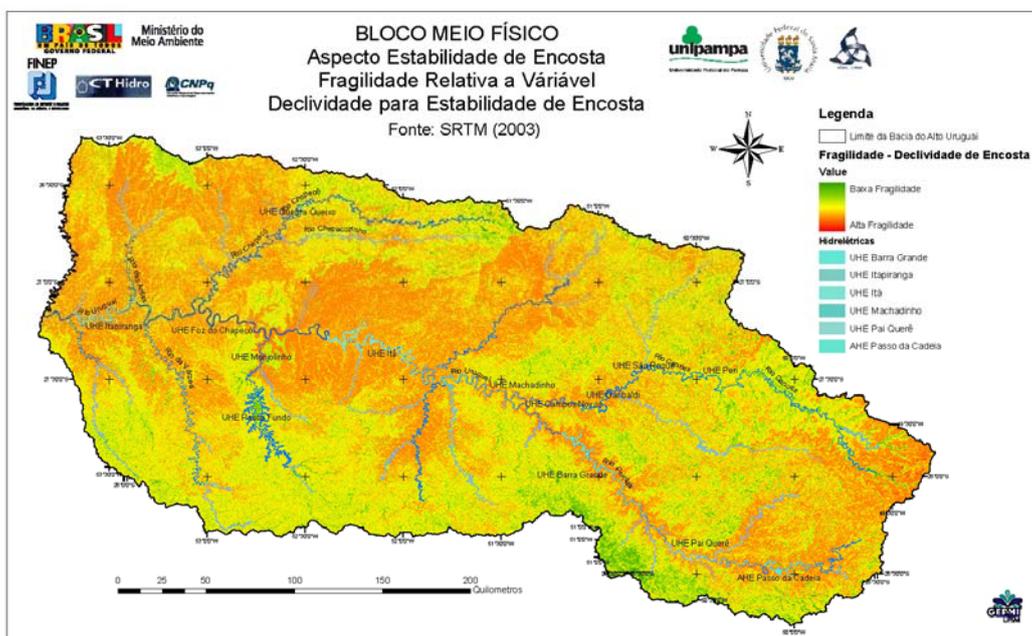


Figura 5-19 Mapa de Fragilidades Relativo à Declividade para Estabilidade de Encostas

5.1.2.3 Variável Geomorfologia

Os tipos de modelados de relevo são respostas aos diferentes processos superficiais que ocorrem sobre a superfície da Terra, além de condicionar a formação de alguns tipos de depósitos superficiais, como colúvios e tálus, e a presença de algumas feições erosivas como ravinas e voçorocas.

As notas atribuídas à geomorfologia levaram em consideração a morfologia do relevo, a presença de depósitos superficiais e os processos geomorfológicos predominantes. As menores notas de fragilidade foram atribuídas para áreas de aplainamento e acumulação e as maiores notas para áreas de dissecação mais intensa, como D2 e D3 (Tabela 5-7).

Tabela 5-7 Notas de fragilidade para geomorfologia. Valores baixos indicam alta fragilidade.

Modelado de relevo	Fragilidade
P=aplainamento	255
D1=dissecação	191
D2=dissecação	159
D3=dissecação	159
A=acumulação	223

As regiões de maior fragilidade da Geomorfologia encontram-se a oeste e norte da bacia e em sua porção mais central. Também se encontram áreas de alta fragilidade ao redor do Domo de Lages. As baixas fragilidades estão associadas aos modelados de relevo aplainados nas porções mais elevadas da bacia, próximos aos rios Pelotas e Canoas (Figura 5-20).

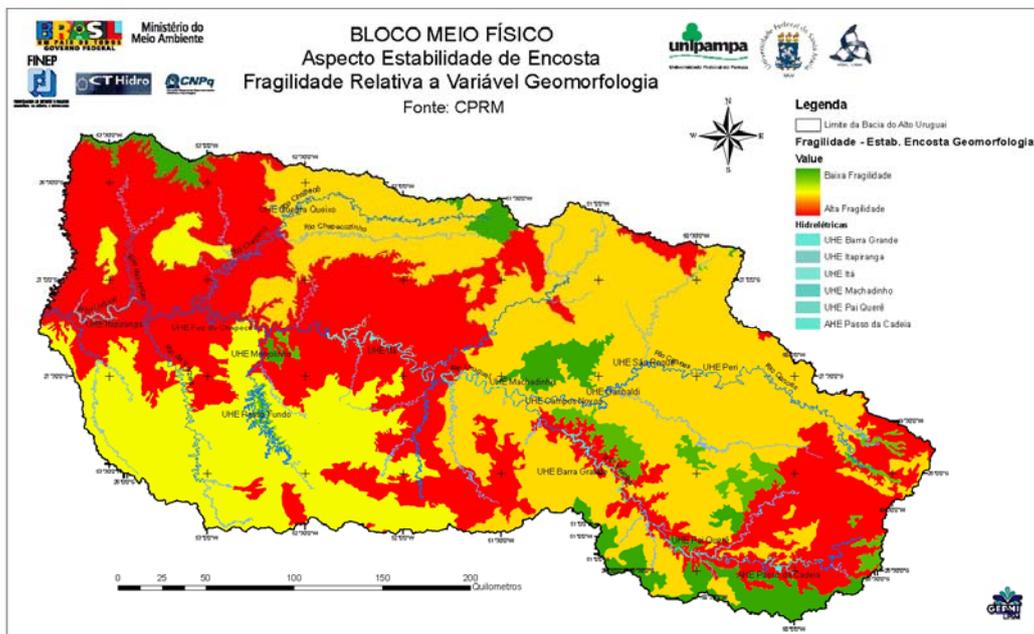


Figura 5-20 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Geomorfologia

5.1.2.4 Análise Parcial dos Resultados

Para análise da fragilidade do aspecto estabilidade de encostas foram cruzados, com o mesmo peso, os mapas de fragilidades da geologia, geomorfologia e declividade. (Figura 5-21).

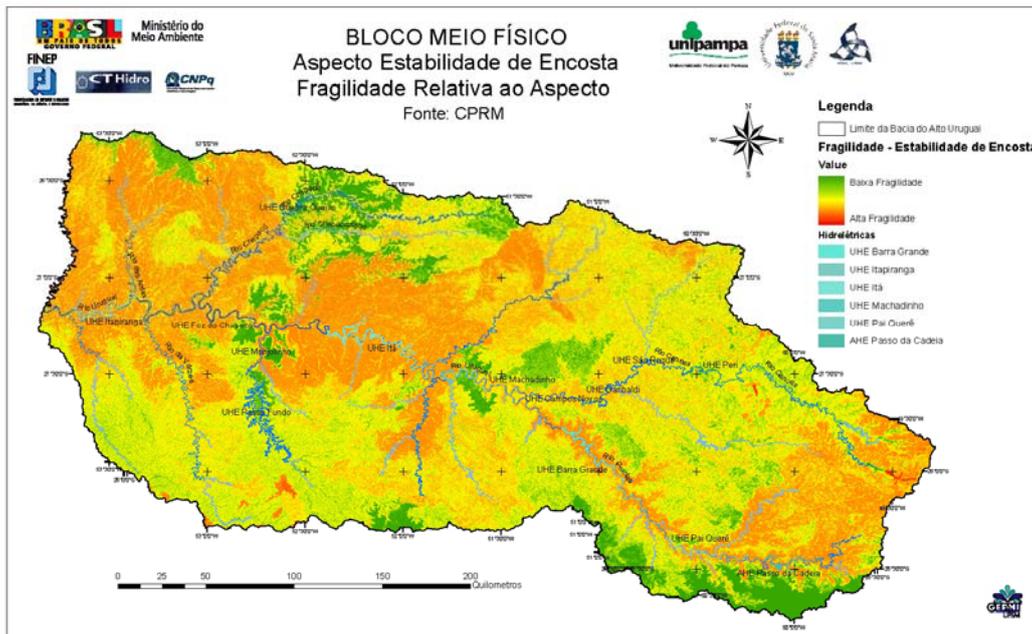


Figura 5-21 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Estabilidade de Encostas

As áreas mais frágeis em relação à estabilidade de encostas encontram-se na porção central e NW da bacia, justamente onde ocorrem as áreas mais povoadas e o uso da terra é mais intenso. As áreas menos frágeis encontram-se a sul do rio Pelotas e nas áreas de relevo aplainado, como aquelas próximas a UHE Machado e Campos Novos.

Sugere-se o mapeamento de áreas potencialmente instáveis ou críticas com relação a movimentos de massas e áreas de risco, em escala adequada apontando diretrizes apropriadas para cada nível de risco encontrado. A localização destas áreas é importante inclusive para a não relocação das populações atingidas por barragens em novas áreas de risco.

Alem disto, é importante o monitoramento das áreas com instabilidade de encostas durante e após a instalação de empreendimentos, com a implementação de programas de prevenção de riscos.

5.1.3 Aspecto Fragilidade à Erosão

Esse aspecto foi construído como um indicador dos possíveis impactos relativos aos transportes de sedimentos dos solos aos leitos dos rios e aos lagos formados pelos reservatórios.

O fluxograma da Figura 5-22 apresenta como esse aspecto foi construído. As variáveis que compõem esse aspecto são: mapa de solos para o RS e SC (Figura 5-23), na escala de 1:250.000, onde as classes de solos foram classificadas segundo a resistência a impactos ambientais segundo a FEPAM (2005) (Figura 5-24), mapa de declividades classificado segundo critério adotado pela Embrapa e mapa de distâncias das calhas dos rios de 3ª ordem ou maior em escala 1:250.000. No entorno da rede de drenagem adotou-se um incremento de fragilidade de 50% para a distância da rede de

drenagem até 500m e de 30% de 500 a 1000m da rede de drenagem (Tabela 5-8). Este incremento tem sua importância pela maior facilidade de que os sedimentos erodidos de um solo cheguem mais rapidamente até a rede de drenagem e lagos de reservatórios, causando impactos.

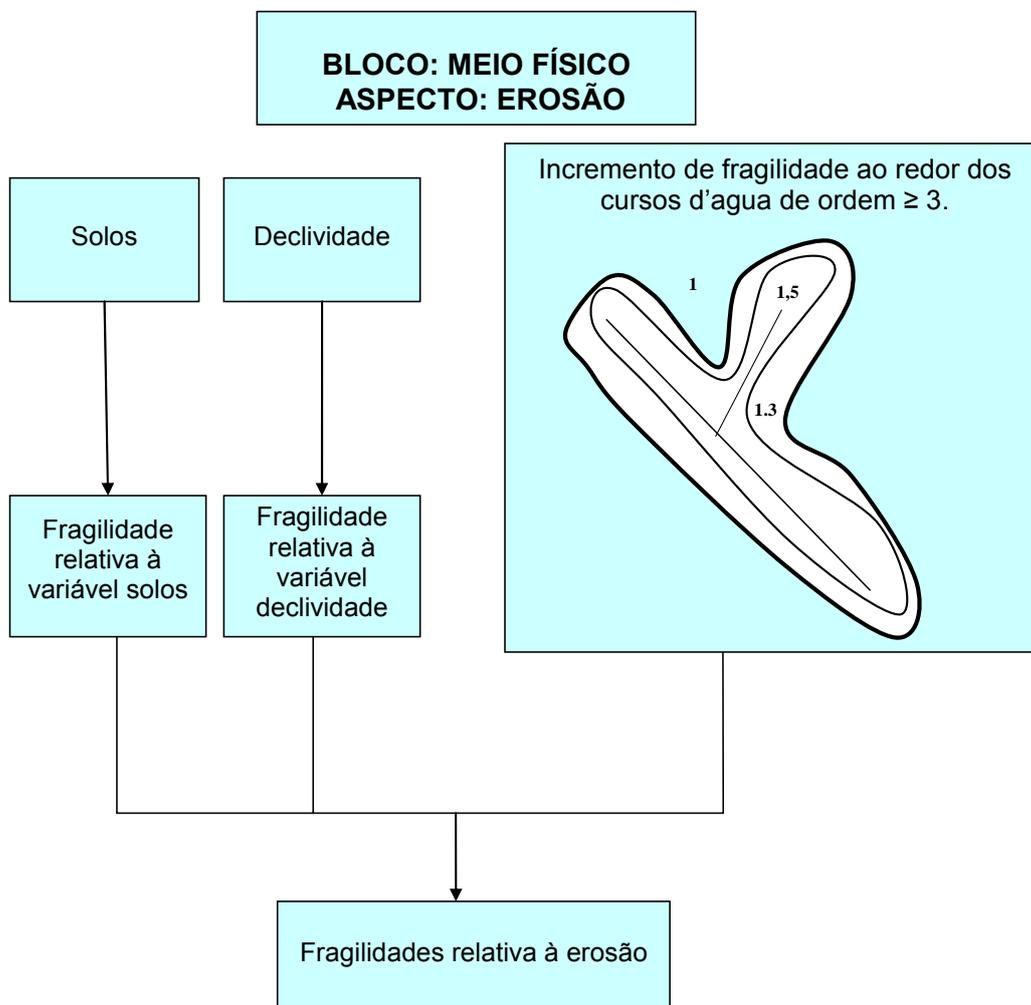


Figura 5-22 Fluxograma para Fragilidades do Aspecto Relativo à Erosão

Tabela 5-8 Distâncias adotadas e respectivos fatores de incremento de fragilidade

Distância ao Rio	Incremento de Fragilidade
0 a 500 metros	50 %
500 a 1000 metros	30%
> 1000 metros	-

5.1.3.1 Variável Solos

Para esta variável, tomou-se o mapa de solos do RS e de SC (Figura 5-23), na escala 1:250.000, os quais contemplam na região de abrangência do projeto 11 classes de solos (Tabela 5-9). Estas classes de solos possuem variada resistência a impactos ambientais, em função de sua profundidade, textura, gradiente textural, drenagem, lençol freático, lençol suspenso, risco de inundação, suscetibilidade à erosão, relevo, declividade, aptidão agrícola e tipo de argilomineral (Giassom et al., 2005). De acordo com os fatores do solo ou do terreno, os solos são então classificados em 4 classes de resistência a impactos ambientais: Alta (A); Média (B); Baixa (C) e Muito Baixa (D). Para estas classes, foram atribuídas fragilidades, a saber: A – 205(baixa); B – 153; C – 102; D – 51(alta). A Tabela 5-9 apresenta os solos existentes na bacia, suas classes de resistência e notas. A partir disto foi gerado o mapa de fragilidades de solos. A Foto 5-16 mostra um Latossolo bruno típico da região próxima a Pai Querê.

A fragilidade 205 não é mais baixa (255) para os solos de maior resistência a impactos ambientais (A) porque, mesmo sendo a resistência alta, estes solos não são imunes à degradação, principalmente à erosão. E mesmo para os solos de resistência muito baixa (D), foi atribuída a fragilidade 51, porque sua resistência não é nula (0). As demais fragilidades foram proporcionais entre as classes de maior e menor resistência. A Figura 6-24 mostra o mapa de fragilidades resultante.

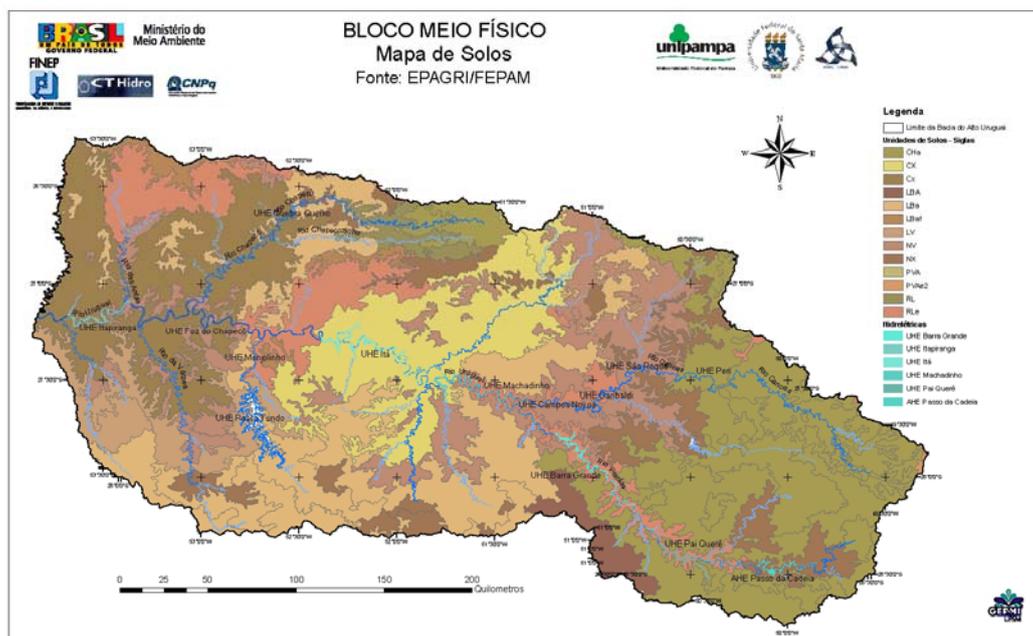


Figura 5-23 Mapa de solos

Tabela 5-9 Classes de solos, suas classes de resistência a impactos e respectivas fragilidades adotadas

SIGLA	NOMENCLATURA	Classe de Resistência	Fragilidade
LVaf	LATOSSOLO VERMELHO Aluminoférrico típico	A	205
LVd 3	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico	A	205
NVdf 1	NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico latossólico	A	205
MTf-RLe	CHERNOSSOLO ARGILÚVICO férrico típico- NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico chernossólico	C	102
CHa 1	CAMBISSOLO HÚMICO Alumínico típico	B	153
Cla	CAMBISSOLO HÍSTICO Alumínico típico	D	51
RLd 5	NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico	D	51
LBa 1	LATOSSOLO BRUNO Alumínico câmbico	A	205
LVdf 1	LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico	A	205
RLe 1	NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico chernossólico	D	51
LBa 2	LATOSSOLO BRUNO Alumínico típico	B	153

**Foto 5-16 Latossolo Bruno**

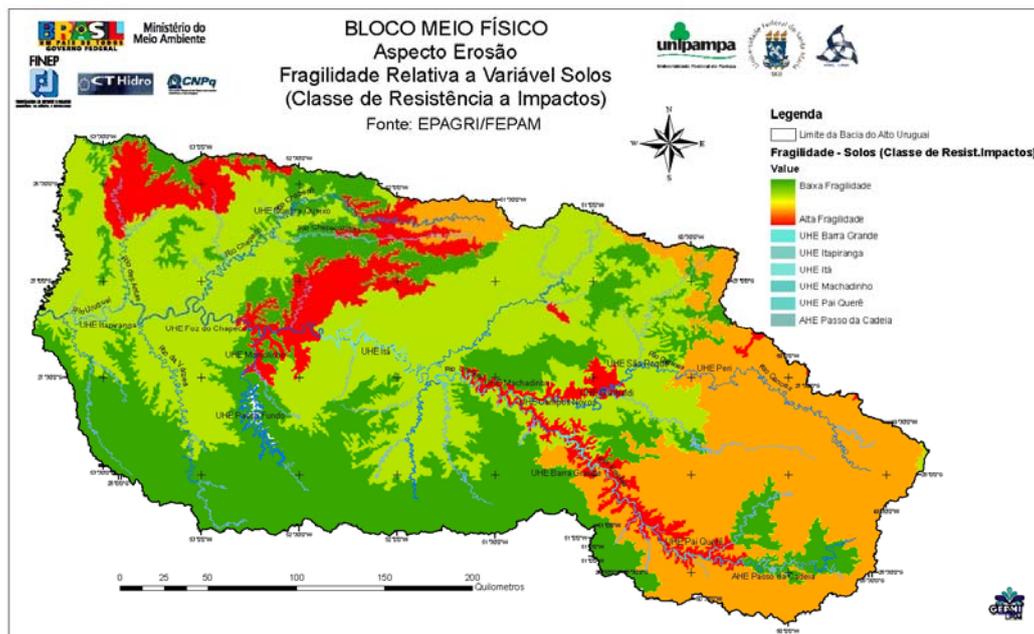


Figura 5-24 Mapa de Fragilidades relativo à variável Solos (Classe de Resistência a Impactos Ambientais)

5.1.3.2 Incremento de Fragilidade ao Redor dos Cursos D'Água

Foi criado um “buffer” em torno da rede de drenagem a partir da 3ª. Ordem, definindo duas regiões, sendo uma de 0-500 m e outra de 500-1000 m. Os solos que ocorrem dentro desta área de buffer têm sua fragilidade (inverso da favorabilidade) incrementada em 50% quando estão dentro da área de 0-500m em torno da rede de drenagem e em 30% quando estão dentro da área de 500-1000m da mesma rede. Além de 1000m, sua fragilidade não é alterada (0%). A Foto 5-17 mostra um exemplo do uso do solo na região do entorno da drenagem, em uma distância compatível com o “buffer” adotado no modelo.

5.1.3.3 Variável Declividade

As classes de declividade consideradas para a composição do aspecto de probabilidade de erosão foram as classes definidas pela EMBRAPA SOLOS (1999). Para as cinco classes de declividade (0-3; 3-8; 8-20; 20-45; 45-75 e maior que 75) foram atribuídas fragilidades, a saber: (0-3) – 250 (baixa); (3-8) - 200; (8-20) - 120; (20-45) - 80; (45-75) – 40 e (>75) – 10 (alta). A Figura 5-6 mostra o mapa resultante dessa avaliação, pois é o mesmo critério utilizado.

Seguindo o mesmo raciocínio feito para as classes de resistência a impactos ambientais, para as classes de declividade foi atribuída fragilidade baixa - 250 (não 255) para a classe de 0 a 3% de declividade, porque solos com 3% de declividade já podem sofrer erosão considerável. Da mesma forma, para a classe > 75%, foi atribuída fragilidade 10, que é alta, mas não zero, porque mesmo nesta declividade, os solos ainda têm alguma resistência ao processo de erosão hídrica. A Foto 5-18 mostra uma área com várias declividades, com um mesmo tipo de solo.



Foto 5-17 Buffer para a Rede de Drenagem



Foto 5-18 Classes de Declividade

5.1.3.4 Análise Parcial dos Resultados

O mapa de declividade do terreno foi gerado e cruzado com o mapa de fragilidade de solos, por produto de mapas considerando pesos iguais, gerando um mapa de solos x declividade. O resultado foi cruzado com o mapa de buffer em torno da rede de drenagem. O mapa final gerado foi o da Fragilidade a Erosão (Figura 5-25).

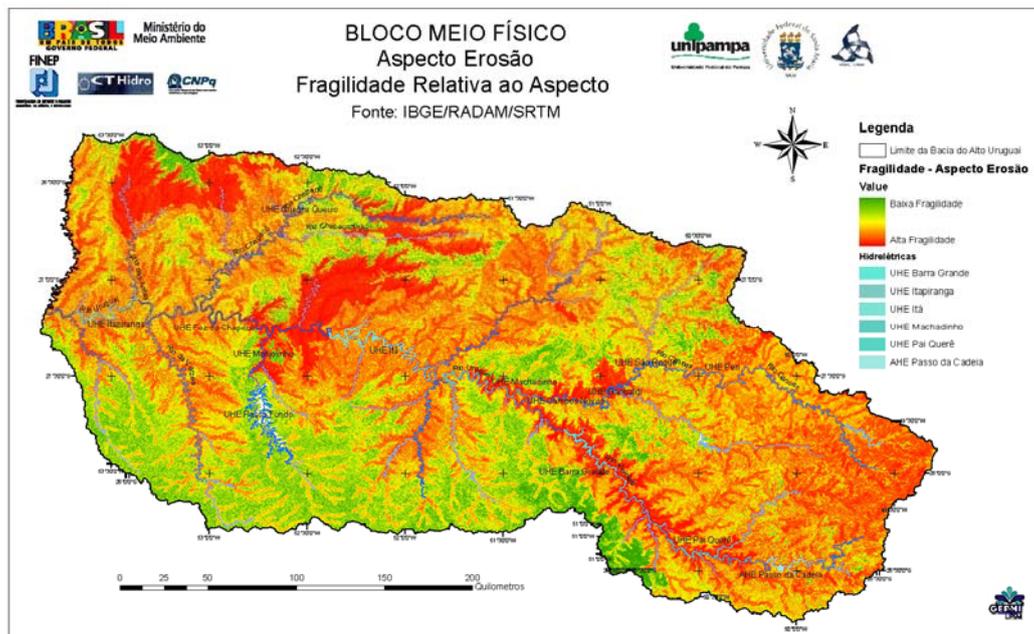


Figura 5-25 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Erosão

Áreas em verde significam baixa fragilidade e áreas em vermelho significam alta fragilidade. A análise do mapa final mostra que as fragilidades são maiores próximas da rede de drenagem, pela maior declividade associada e pela maior facilidade de carreamento de sedimentos gerados pela erosão hídrica diretamente para dentro da calha dos rios e reservatórios. As áreas em vermelho são em grande parte decorrentes da maior declividade onde os solos ocorrem. Esta maior declividade é um grande acelerador do processo erosivo, mas não sua determinante. Se estes solos estiverem cobertos, este processo ou é pequeno ou nulo. Este fato indica que as atividades agrícolas na bacia devem ser associadas a práticas agrícolas conservacionistas, como o terraceamento e o plantio direto, minimizando o processo de erosão hídrica e o consequente transporte de sedimentos para a rede de drenagem. Outra recomendação importante decorrente da análise do mapa é que atividades agrícolas que impliquem em baixa movimentação do solo, como silvicultura, fruticultura e pastagens, que já ocorrem normalmente na bacia, devam ser indicadas preferencialmente para as áreas com maior declividade. É importante que a taxa de sedimentos ao longo dos rios e reservatórios seja monitorada, para que eventuais problemas possam ser minimizados a tempo quando ocorrerem.

As Fotos 5-19 e 5-20 mostram cultivos sendo manejados de forma adequada, onde a cobertura permanente do solo reduz o processo de erosão hídrica, reduzindo os impactos sobre a rede de drenagem.



Foto 5-19 Milho cultivado em Plantio Direto



Foto 5-20 Cultivo de Macieiras

5.1.4 Aspecto Áreas de Mineração

Para avaliação da fragilidade do Aspecto Áreas de Mineração foram utilizados os dados disponíveis no *site* do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). As variáveis avaliadas foram: fase do processo junto ao DNPM e potencial poluidor do bem mineral. Foram criados *buffers* para incremento da fragilidade ao redor dos cursos d’água de ordem maior que 3 ao redor da área do empreendimento, com os mesmos critérios utilizados para o aspecto de Erosão (Tabela 5-8). A Figura 5-26 mostra o fluxograma utilizado na composição do Aspecto.

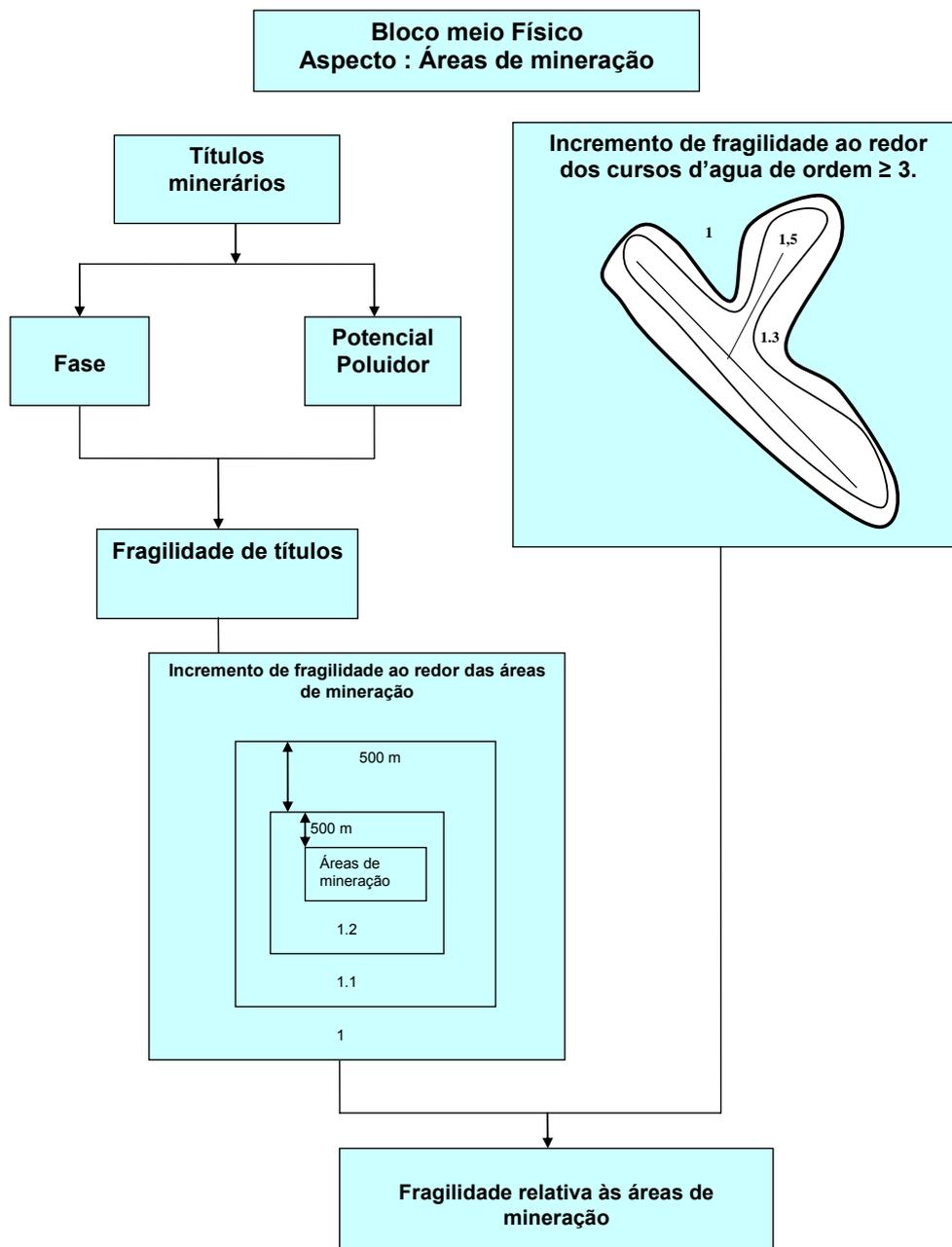


Figura 5-26 Aspecto Áreas de Mineração

5.1.4.1 Variável Títulos Minerários

Os processos de requerimento para exploração de bens minerais na bacia do Alto Uruguai encontram-se em diferentes fases junto ao DNPM, como: requerimento de pesquisa, autorização de pesquisa, requerimento de licenciamento, licenciamento, registro de extração, requerimento de registro de extração, requerimento de lavra, concessão de lavra, requerimento de lavra garimpeira, lavra garimpeira e disponibilidade.

Os bens minerais explorados ou com pedidos de pesquisa são: basalto, cascalho, argila, diabásio, areia, saibro, siltito, fonólito, carvão, bauxita e ametista. A maioria dos bens minerais são para uso na construção civil.

Para dar nota de fragilidade, foram cruzados os parâmetros Fase X Títulos Minerários. As fases correspondentes aos requerimentos, autorização de pesquisa e disponibilidade receberam notas de baixa fragilidade. As concessões, registros, licenciamentos e lavra receberam notas indicativas de mais alta fragilidade.

Além disto, ao potencial poluidor do bem mineral foram atribuídas notas de fragilidade conforme Tabela 5-10. Foram criados buffers ao redor das áreas de mineração de 500 e 1000m onde houve um incremento da fragilidade.

Tabela 5-10 Notas atribuídas às fases e tipos de bens minerais. Notas baixas indicam alta fragilidade.

FASE-BEM MINERAL	FRAGILIDADE
requerimento de pesquisa	229,5
autorização de pesquisa	229,5
requerimento de licenciamento	229,5
licenciamento basalto	178,5
licenciamento cascalho	102
licenciamento argila	127,5
licenciamento diabásio	178,5
licenciamento areia	102
licenciamento saibro	153
licenciamento siltito	178,5
licenciamento fonólito	178,5
requerimento de registro de extração	229,5
registro de extração cascalho	102
registro de extração basalto	178,5
registro de extração saibro	153
registro de extração fonólito	178,5
requerimento de lavra	229,5
concessão de lavra basalto	178,5
concessão de lavra argila	127,5
concessão de lavra fonólito	178,5
concessão de lavra carvão	51
concessão de lavra bauxita	76,5
concessão de lavra ametista	153
concessão de lavra saibro	153
requerimento de lavra garimpeira	229,5
lavra garimpeira ametista	127,5
Disponibilidade	204

5.1.4.2 Incremento de Fragilidades ao Redor dos Cursos D'Água

Foi criado um buffer ao redor dos cursos d'água de ordem superior a 3, onde a fragilidade recebeu um incremento (Tabela 5-8). O cruzamento da fragilidade dos recursos minerais com o buffer ao redor das áreas e o buffer dos cursos d'água originou a fragilidade das áreas minerais.

5.1.4.3 Análise Parcial dos Resultados

A fragilidade das áreas minerais pode ser vista na Figura 5-27. Percebe-se que grande número de processos estão localizados na parte oeste da bacia e uma segunda maior concentração ocorre na parte leste. Na parte oeste predominam as concessões de lavra garimpeira de ametista, licenciamentos para basalto e areia para uso na construção civil e pedidos de pesquisa.

A maior fragilidade desta área está associada ao tipo de lavra, que normalmente utiliza poucos recursos e técnicas de conservação ambiental.

Sugere-se que na instalação de empreendimentos próximos, as lavras que já estão em operação sejam utilizadas para fornecimento de material de empréstimo evitando com isto que novas áreas sejam impactadas.

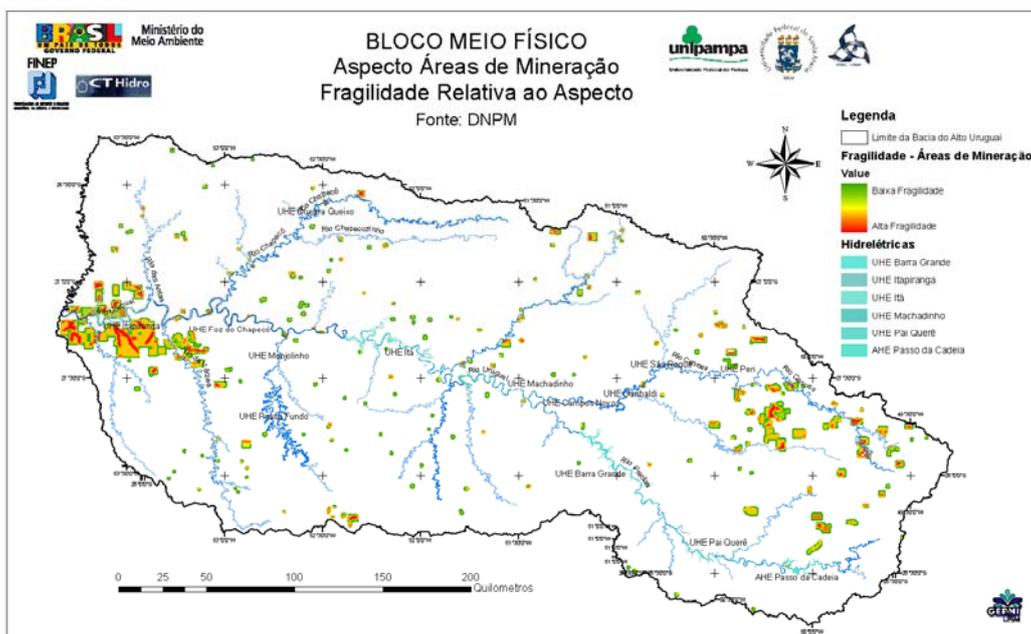


Figura 5-27 Mapa de Fragilidades Relativo às Áreas de Mineração

5.1.5 Aspecto Contaminação das Águas

A qualidade da água é um dos fatores mais restritivos para a implantação de barragens e por essa razão, a contaminação das águas foi considerada como aspecto para compor o bloco do meio físico.

Para sua composição, foram utilizadas 3 das 4 variáveis constantes no Relatório da U10 (FEPAM/UFSM, 2005), em função da disponibilidade de dados distribuídos em todo território da bacia em estudo. Utilizaram-se indicadores que possibilitam uma avaliação de cargas poluidoras urbanas e rurais a partir de dados espacializáveis na

escala da malha municipal: carga orgânica remanescente da população, carga orgânica das criações e índice agrícola (Figura 5-28).

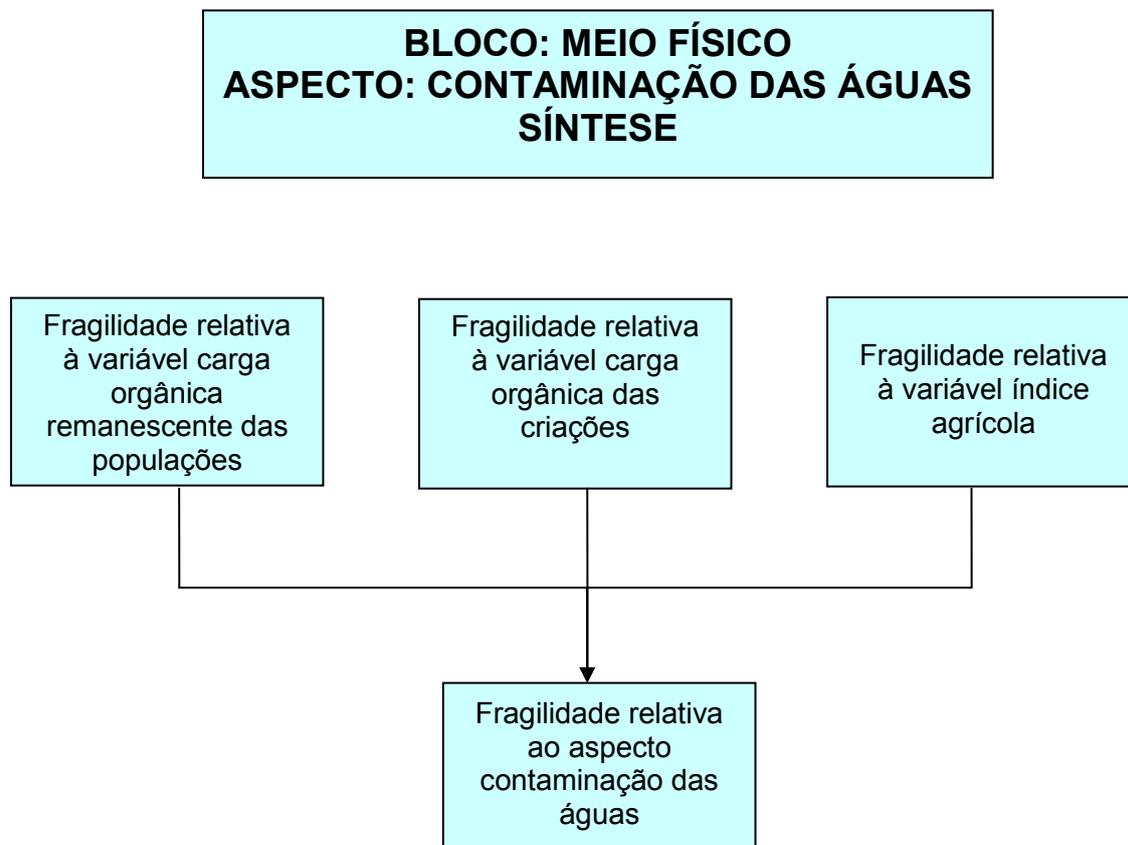


Figura 5-28 Fluxograma da Síntese do Aspecto Contaminação das Águas

5.1.5.1 Variável Carga Orgânica Remanescente das Populações

A partir do censo populacional do IBGE (1991), foram obtidas informações relativas à população média de habitantes urbanos e rurais por município e aos respectivos tipos de tratamento de esgoto doméstico por domicílio e município. A carga orgânica remanescente por município foi estimada com base no equivalente populacional da DBO₅ (54 g/hab/dia) e em fatores de redução, de acordo com a classificação das situações dos domicílios e a classe de tratamento, segundo a equação:

$$C_{rem} = Pop * (54g/hab/dia) * F_{red}$$

Onde C_{rem} é a carga orgânica remanescente, Pop é a população do município e F_{red} é o fator de redução (Tabela 5-11).

Tabela 5-11 Fatores de redução (F_{red}) de cargas de DBO (CNEC, 1980).

Parâmetro	Classes	Fator de redução
DBO _{5,20}	Populações ligadas a rede geral (canalizações mistas)	0,5
DBO _{5,20}	Populações atendidas por fossa séptica (sistema decantação/infiltração)	0,85

A Figura 5-29 detalha o procedimento de obtenção do mapa de fragilidades relativo à variável carga orgânica remanescente das populações, onde quanto maior a carga orgânica, maior é a fragilidade. Os valores obtidos foram re-escalados linearmente para valores entre 0 (alta fragilidade) a 255 (mínima fragilidade). O Mapa correspondente pode ser visualizado na Figura 5-30.

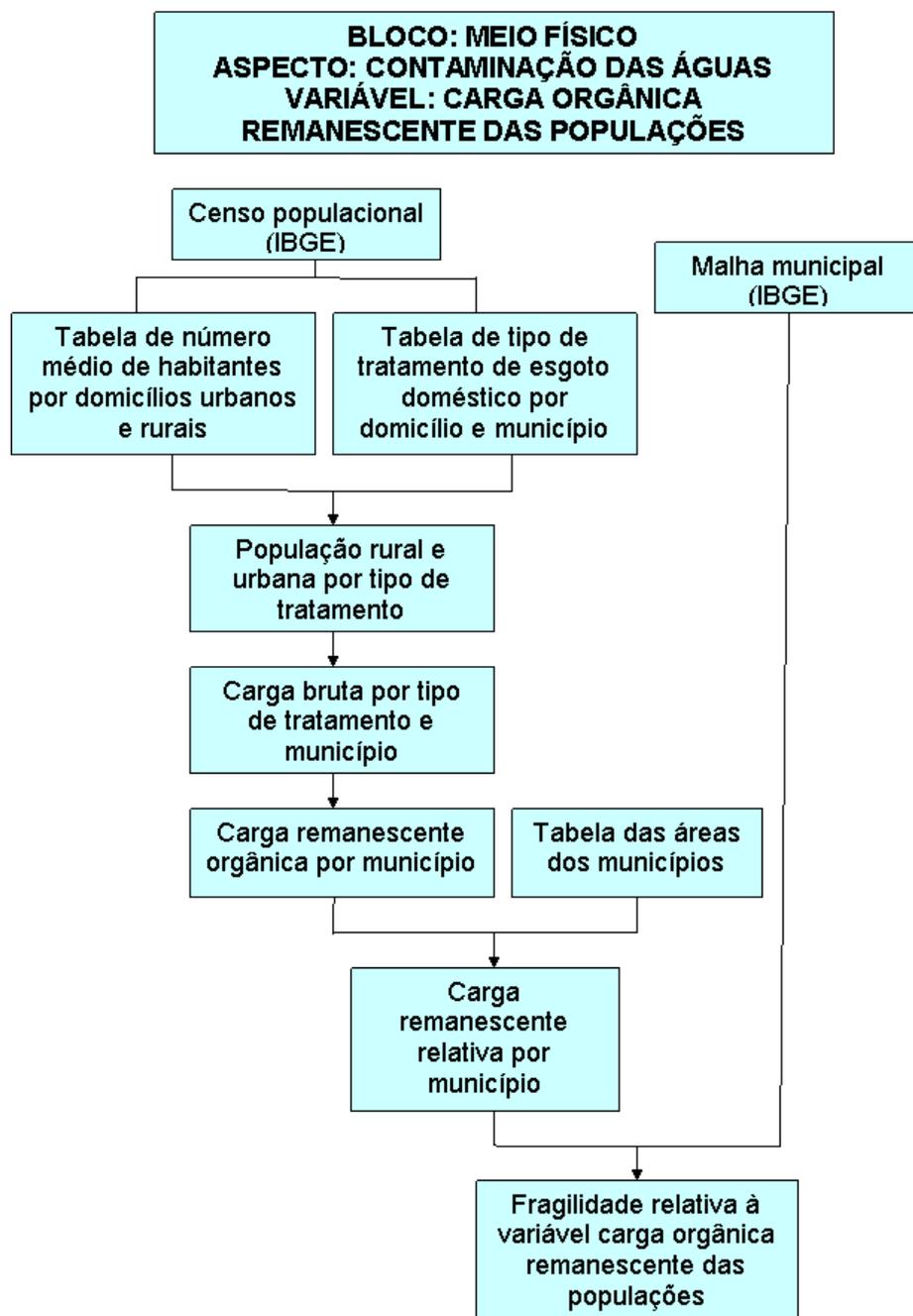


Figura 5-29 Fluxograma da Variável Carga Orgânica Remanescente das Populações

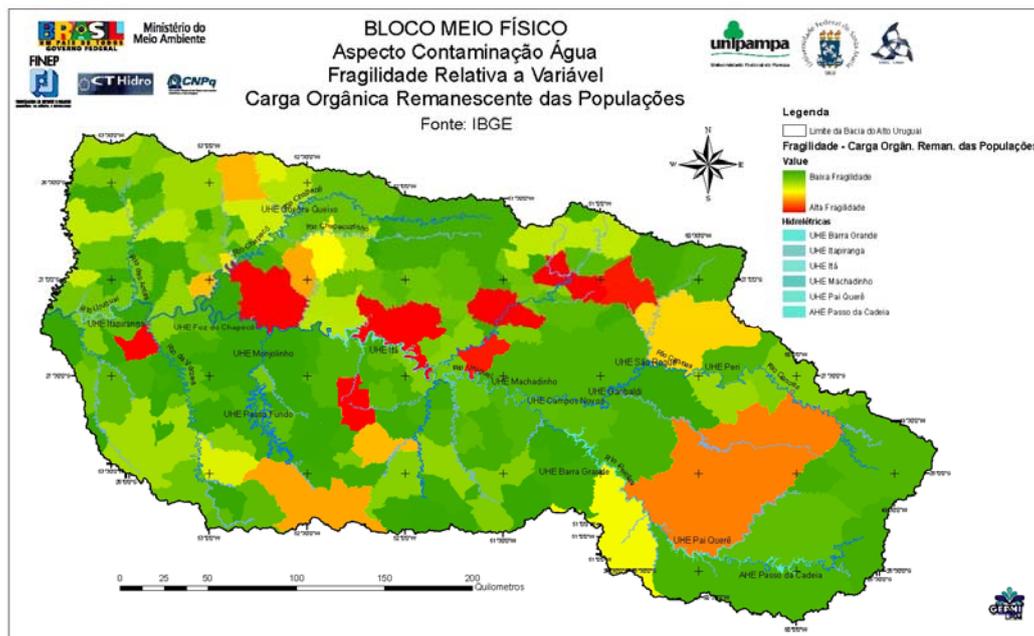


Figura 5-30 Mapa de Fragilidades Relativo à Carga Orgânica Remanescente das Populações

A variável carga orgânica remanescente das populações é proporcional à densidade populacional dos municípios. Portanto, o mapa resultante dessa variável, apresenta como áreas mais frágeis os municípios mais densamente povoados, não necessariamente os de maior população, como se pode ver na Tabela 5-12. A maior fragilidade relativa a carga orgânica remanescente das populações está localizada em Santa Catarina, na margem direita do Rio Uruguai, como função de uma associação de fatores: maior densidade populacional associada a pouco saneamento.

Tabela 5-12 Os dez municípios com maior população e os dez com maior carga orgânica remanescente

	Município	Estado	População Total	Município	Estado	Carga Remanescente
1	Passo Fundo	RS	168458	Joaçaba	SC	2439
2	Lages	SC	157682	Luzerna	SC	2439
3	Chapecó	SC	146967	Chapecó	SC	1750
4	Erechim	RS	90347	Guatambú	SC	1750
5	Caçador	SC	63322	Nova Itaberaba	SC	1750
6	Concórdia	SC	63058	Cordilheira Alta	SC	1750
7	Carazinho	RS	59894	Videira	SC	1643
8	Vacaria	RS	57341	Iomerê	SC	1643
9	Videira	SC	41589	Herval d'Oeste	SC	1442
10	Palmeira das Missões	RS	38192	Erechim	RS	1372

5.1.5.2 Variável Carga Orgânica das Criações

A partir do censo agrícola, foram obtidas informações relativas à área de propriedades rurais por classe de tamanho, o tamanho do rebanho efetivo por município, a área rural explorada. Para compor essa variável foi utilizada a carga a bruta de DBO, devido aos tipos de dados disponíveis (IBGE, <http://www.ibge.gov.br>); FEE, 2001) que não permitem avaliar qual o tipo de tratamento utilizado para os resíduos ou se há ausência de tratamento. Para a estimativa das cargas brutas orgânicas foram utilizadas (Tabela 5-13) as cargas unitárias de DBO para bovinos, equinos, suínos, caprinos e aves listadas em Lassevils & Berrux (2000), utilizando-se o equivalente de 1 g P = 21,6 g DBO (OSPAR, 2000).

Tabela 5-13 Cargas unitárias de fósforo e DBO, por cabeça.

Rebanho	Carga unitária de Fósforo (gP/cab/dia)	Carga unitária DBO (gDBO/cab/dia)
Bovinos	42,3	913,7
Equinos	3,9	84,2
Suínos	20,0	432,0
Ovinos	5,0	108,0
Aves	2,5	54,0

(adaptado de LASSEVILS & BERRUX, 2000).

A carga bruta é obtida multiplicando-se a carga unitária de DBO pelo efetivo de cabeças de cada tipo de criação. Para compor a carga total, foi utilizado o critério (FEPAM/UFSM, 2005) de que as criações predominantemente confinadas (aves e suínos) impactam bem mais que as não confinadas.

Deste modo, o total das cargas, por município, foi obtido através da seguinte fórmula:

$$I_{\text{rebanho}} = (0,2 * \text{DBO}_{\text{bov}}) + (0,2 * \text{DBO}_{\text{equ}}) + (0,2 * \text{DBO}_{\text{ovi}}) + (\text{DBO}_{\text{sui}}) + (\text{DBO}_{\text{ave}})$$

Onde bov, equ, ovi, sui e avi, são respectivamente, a população de bovinos, equinos, ovinos, suínos e aves no município.

O total das cargas foi dividido pela área municipal em quilômetros quadrados, passando a expressar a carga potencial de DBO, que é gerada pelos rebanhos por quilômetro quadrado. Como quanto maior a carga é maior a fragilidade, os valores foram re-escalados: a maior carga específica recebeu valor de zero (maior fragilidade) até 255 para a menor carga (menor fragilidade). O mapa resultante é o mapa de fragilidades relativo ao potencial de contaminação orgânica dos rebanhos.

A Figura 5-31 detalha o procedimento de obtenção do mapa de potencial de contaminação orgânica dos rebanhos e a Figura 5-32 mostra o respectivo mapa.

BLOCO: MEIO FÍSICO
ASPECTO: CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS
VARIÁVEL CARGA ORGÂNICA DAS CRIAÇÕES

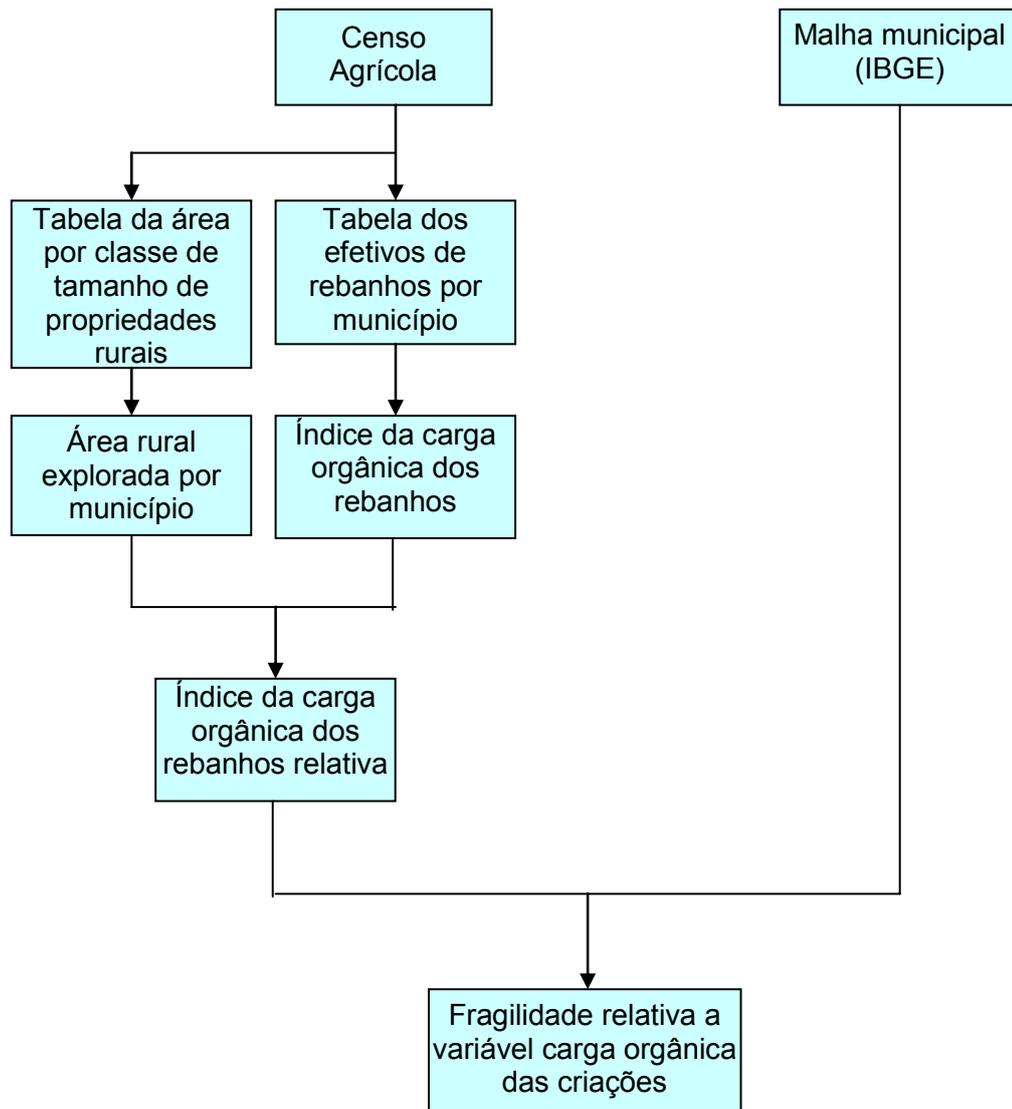


Figura 5-31 Fluxograma da Variável Contaminação Orgânica das Criações

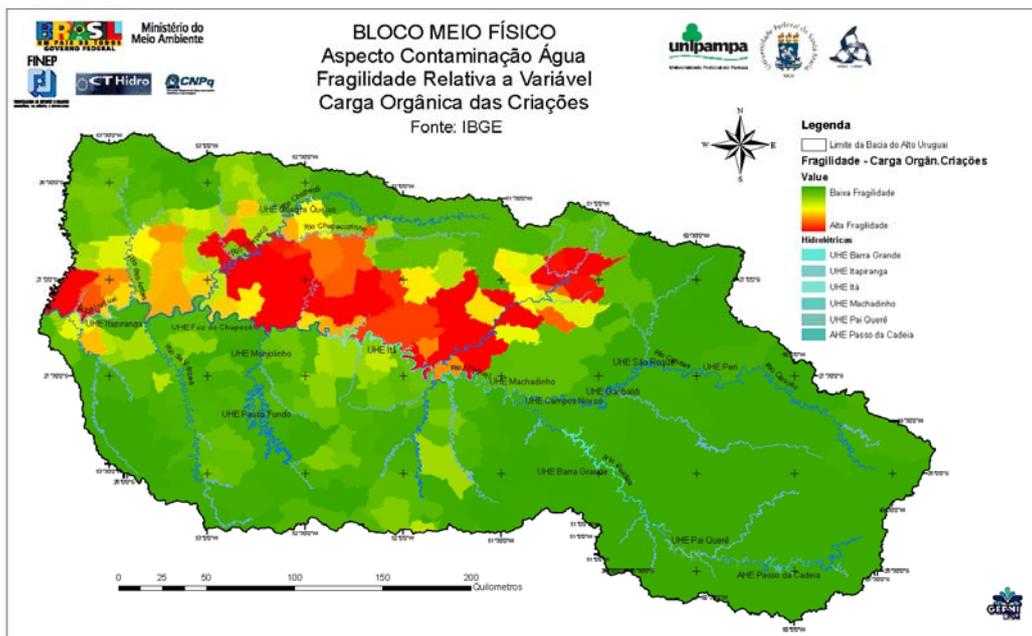


Figura 5-32 Mapa de Fragilidades Relativo à Carga Orgânica das Criações

O mapa mostra que a maior fragilidade relativa à variável carga orgânica das criações se concentra na região do centro para oeste, na margem direita do Rio Uruguai. Nesta região concentram-se as criações de aves e suínos, em regime de parceria dos produtores rurais com as indústrias. A falta de técnicas eficientes de saneamento nas criações, aliada ao fato de que muitas destas criações são realizadas diretamente dentro da calha do Rio Uruguai, como vista na primeira expedição do projeto (8 a 12/9/2008), acentua os problemas de contaminação das águas. A região leste da bacia estudada possui criação extensiva de gado, em grande parte em pastagens nativas, com baixa fragilidade em relação a esta variável.

5.1.5.3 Variável Índice Agrícola

O índice agrícola retrata a intensidade da atividade agrícola e é um indicativo da potencialidade de contaminação por insumos agrícolas. É construído a partir das áreas colhidas ou destinadas a colheita disponibilizadas, obtidas em IBGE (<http://www.ibge.gov.br>) e pela FEE (2001). A partir do censo agrícola, foram obtidas informações relativas à área por classe de tamanho de propriedades rurais, à área rural explorada, à área explorada com culturas permanentes e também temporárias, o que permitiu gerar o índice agrícola relativo por município.

O índice é calculado da seguinte forma:

$$I_{agr} = S_{ct} + (0,2 * S_{cp})$$

S_{ct} – Somatório das áreas ocupadas por todas as culturas temporárias, por município.

S_{cp} – Somatório das áreas ocupadas por todas as culturas permanentes.

Considerou-se, para fins de modelagem, que a perda de nutrientes é proporcional à perda de solos. Portanto, no equacionamento utilizou-se como critério que uma

unidade de área de culturas temporárias equivale a 20% (quinta parte) da área das culturas permanentes no que se refere ao potencial poluidor, considerando-se que as perdas de solos em lavouras permanentes são menores do que as de lavouras temporárias na ordem da quinta parte (FEPAM/UFSM, 2005).

Após, relativizou-se o índice dividindo-se pela área do município, em hectares.

O índice expressa, portanto, a probabilidade de aporte de nutrientes oriundos das lavouras por unidade de área. Quanto maior o índice, maior o aporte potencial, ou seja, quanto maior a carga é maior a fragilidade. O índice para ser expresso em termos de fragilidade foi re-escalonado linearmente para 255 o menor valor (menor fragilidade) e para zero, o maior valor (maior fragilidade).

A Figura 5-33 detalha o procedimento de obtenção do mapa de fragilidades relativo à variável índice agrícola e a Figura 5-34 mostra o respectivo mapa obtido.

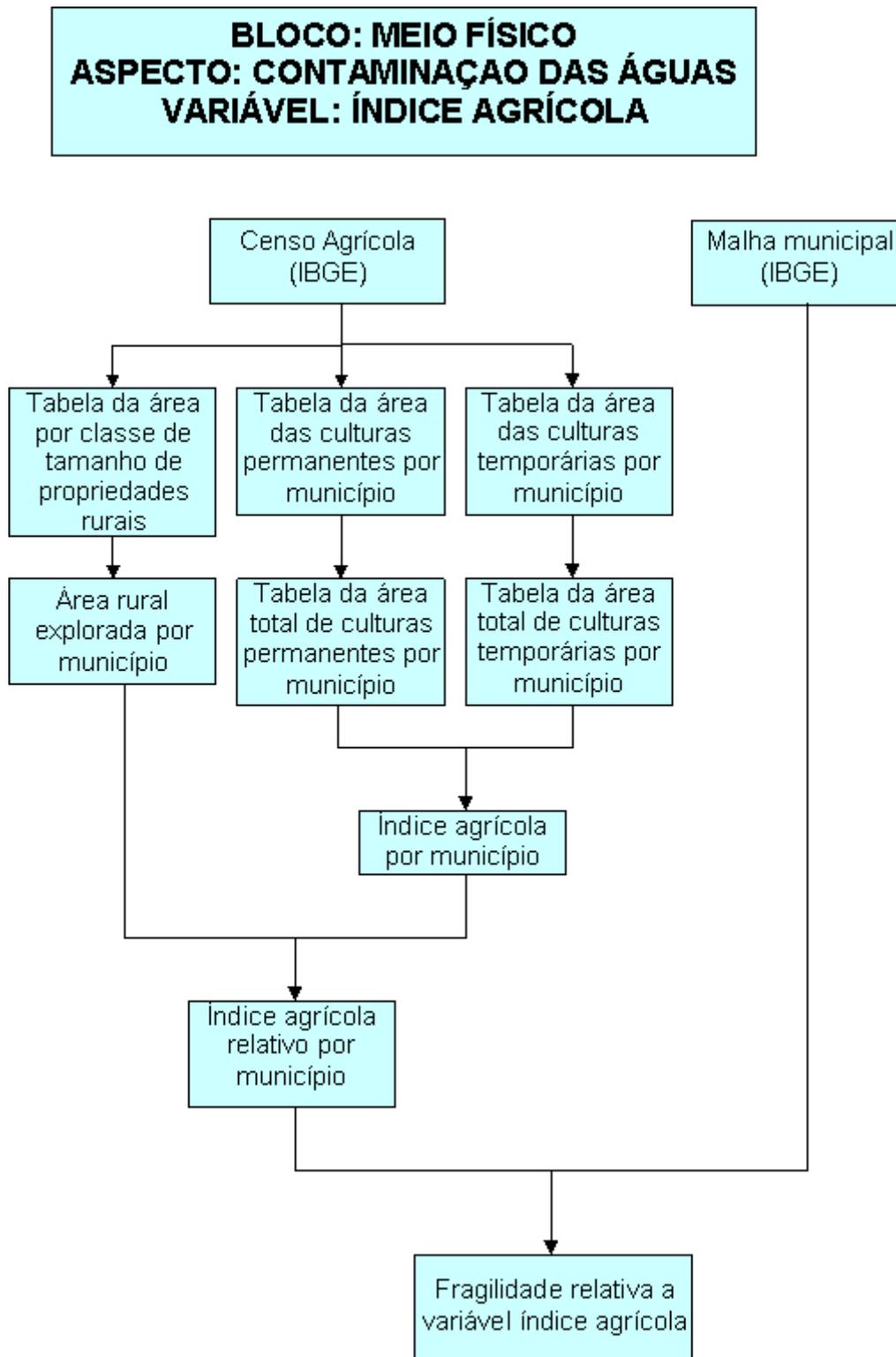


Figura 5-33 Fluxograma da Variável Índice Agrícola

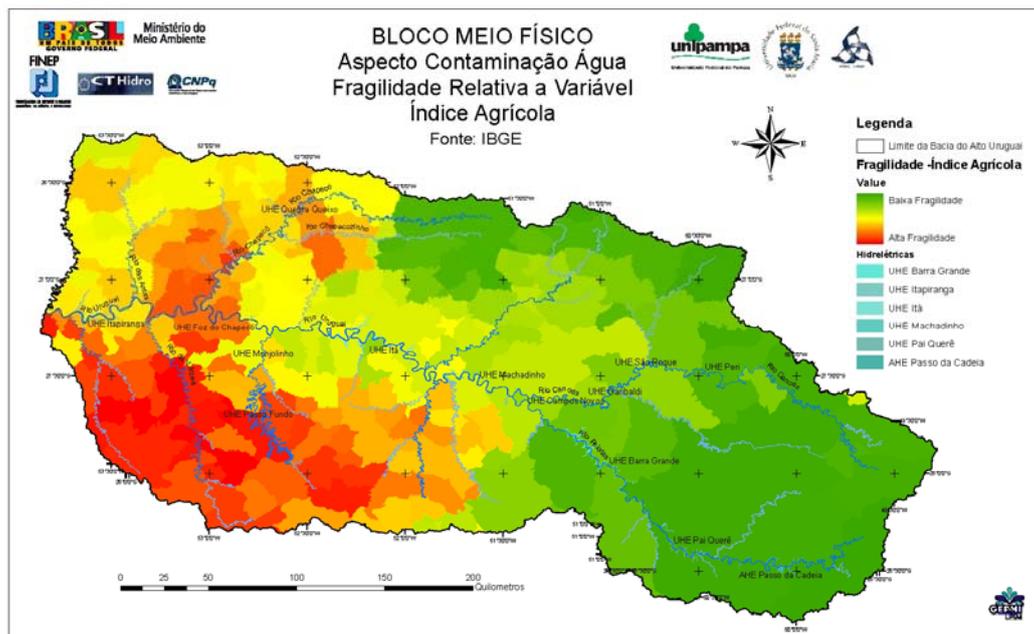


Figura 5-34 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Índice Agrícola

A análise do mapa indica que a grande concentração da atividade agrícola concentra-se na parte do centro oeste da bacia estudada, na margem esquerda do Rio Uruguai, e uma concentração menor na mesma parte e margem direita, indicando maior fragilidade para esta região. A análise conjunta dos mapas das Figuras 5-32 e 5-34 permite inferir que a produção agrícola da margem esquerda do Rio Uruguai destina-se a alimentar as criações de frango e suínos na margem direita. A atividade agrícola na parte leste da bacia ainda é incipiente, quando comparada à parte oeste, o que caracteriza uma baixa fragilidade em relação a esta variável, para a região leste da bacia.

5.1.5.4 Análise Parcial dos Resultados

O mapa de fragilidades relativo à contaminação das águas foi obtido do cruzamento dos mapas (Figura 5-28) da carga orgânica remanescente das populações, da carga orgânica dos rebanhos e do índice agrícola e a Figura 5-35 mostra o mapa respectivo.

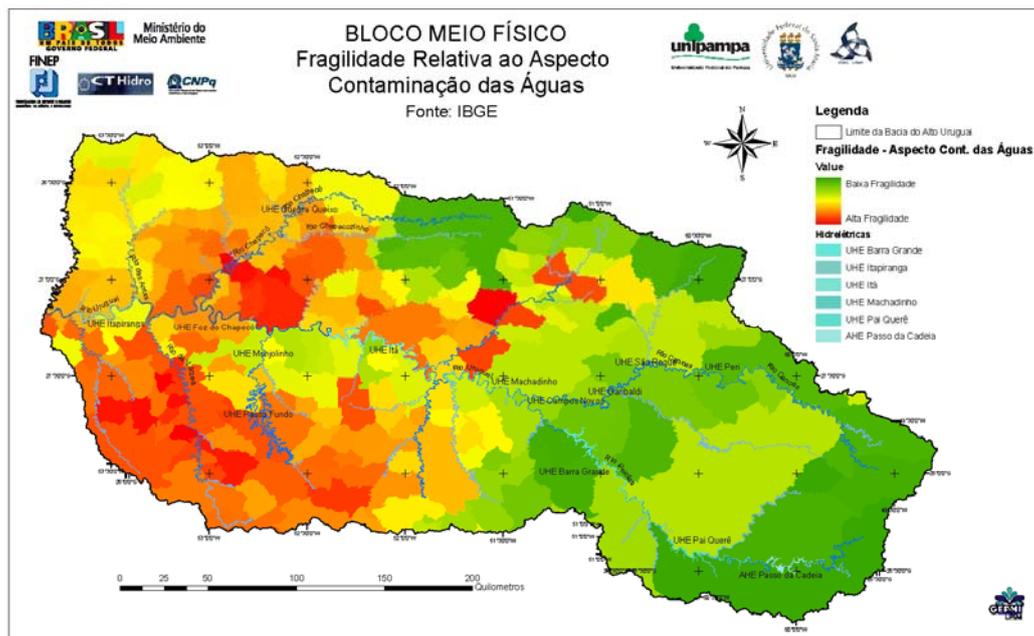


Figura 5-35 Mapa de Fragilidades Relativo à Contaminação das Águas

O mapa de fragilidade em relação ao aspecto contaminação das águas reflete bem os mapas das Figuras 5-32 (rebanho) e 5-34 (índice agrícola), e parcialmente o mapa da Figura 5-30 (populações). A parte oeste da bacia, tanto na margem direita como esquerda, mostram alta fragilidade em relação à contaminação das águas. No entanto, na margem direita, este potencial de contaminação é representado pela carga orgânica das criações, e na margem esquerda é representado pela intensa atividade agrícola, principalmente com métodos de manejo do solo que facilitam o processo erosivo (preparo convencional). A parte leste da bacia tem menor fragilidade neste aspecto, com criação de gado extensiva e práticas agrícolas de menor impacto, como o plantio direto na produção de grãos, e fruticultura, onde as perdas por erosão são mínimas.

5.1.6 Resultados do Bloco Meio Físico

O modelo para obtenção das Fragilidades do Bloco Físico está representado na Figura 5-36 e na Figura 5-37, o respectivo mapa resultante.

No bloco do meio físico, não foram gerados cenários porque, nesta etapa, não foram modeladas variáveis que se propagam na rede de drenagem. Deste modo, representam fragilidades locais, pixel a pixel, não afetadas pelas diferentes configurações espaciais de trechos afetados por empreendimentos.

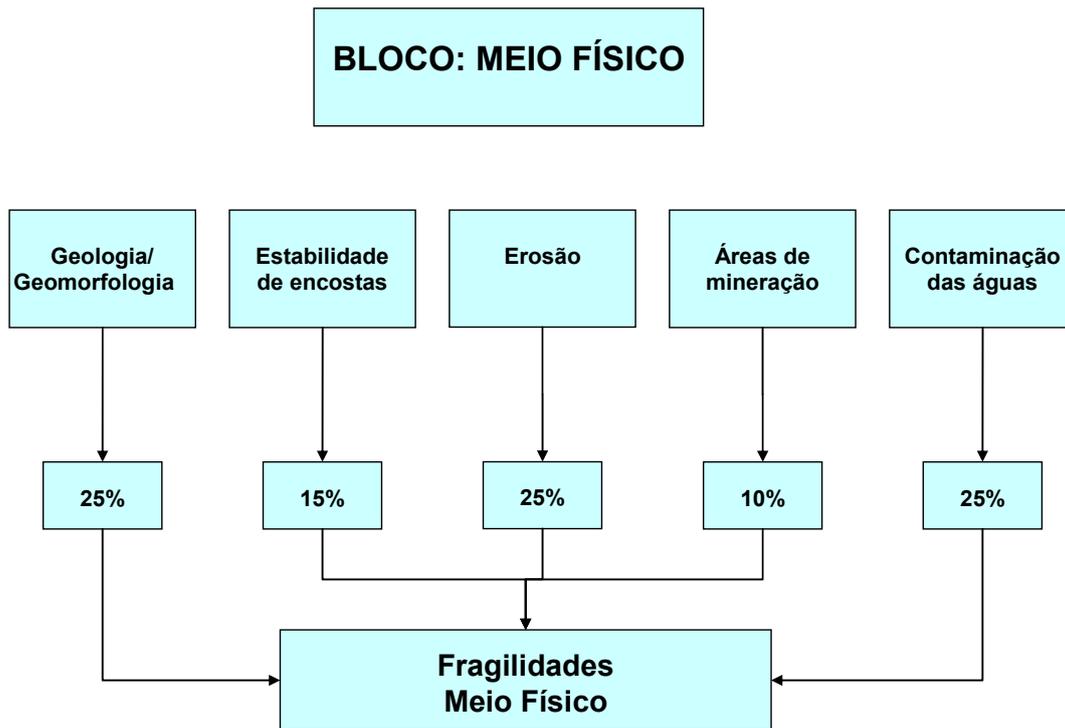


Figura 5-36 Fluxograma do modelo de Fragilidades do Meio Físico

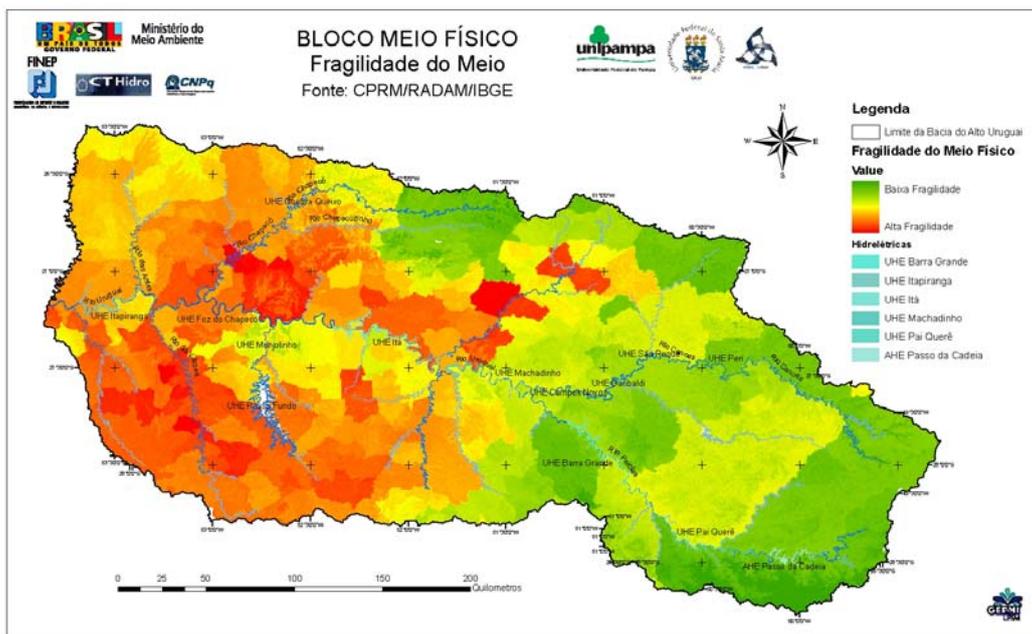


Figura 5-37 Fragilidade Relativa ao Meio Físico

Com base no resultado final do bloco meio físico (Figura 5-37), nas inspeções de campo, nas análises dos aspectos do meio físico e no conhecimento e experiência da equipe multidisciplinar (Ciência do Solo, Geologia de Engenharia, Engenharia de Barragens e Hidrogeologia), pode-se destacar que:

- na maior parte da bacia, ocorrem rochas ígneas básicas e em menor quantidade rochas ácidas e intermediárias, com baixa fragilidade ambiental, uma vez que

apresentam boas condições geomecânicas e hidrogeotécnicas para implementação de empreendimentos de geração de hidroeletricidade;

- os trechos de montante (Pai Querê e Passo da Cadeia), apresentam excelentes condições para a implantação de grandes barragens (altura e potência instalada) com estruturas hidráulicas em alças de rios que permitem a concepção de arranjos de obras otimizados e com reservatórios com áreas de inundação relativamente reduzidas;
- os trechos de jusante (Itapiranga) apresentam condições semelhantes às citadas acima, diferenciado apenas por suas feições geomorfológicas que propiciam a implantação de barragens com alturas menores, as quais, da mesma forma podem ser grandes geradoras de energia pelos maiores volumes d'água disponíveis;
- com relação às fragilidades da variável estabilidade de encostas naturais verifica-se fragilidades de mesma ordem na calha dos trechos do alto e médio curso dos rios Pelotas e Uruguai. No entanto, há que se destacar que na porção oeste da bacia, no trecho do Projeto Itapiranga, a maior fragilidade é devido à presença de extensas áreas com cobertura coluvionar e áreas de risco em virtude de desmatamentos e maior ocupação da calha do rio com construções, agricultura intensiva e agroindústrias (criação de suínos e aves).
- no trecho de Pai Querê, com vales em “v” fechados, a fragilidade está associada a movimentos de massa localizados, como queda e deslizamento de blocos rochosos e deslizamentos em terrenos coluvionares de pouca espessura;
- com relação às fragilidades da variável erosão, as maiores fragilidades ocorrem próximas às redes de drenagens da área analisada, pela maior declividade e conseqüente facilidade de carreamento de sedimentos para dentro da calha dos rios e reservatórios. Associa-se a isto alguns tipos de solos mais rasos e de alta declividade, desmatamento e uso de técnicas agrícolas inadequadas (preparo convencional do solo). Em virtude do observado e analisado, as maiores fragilidades estão associadas próximas ao trecho do projeto Itapiranga.
- com relação à contaminação das águas superficiais, existe uma fragilidade maior na porção oeste da bacia (Itapiranga) devido ao uso intenso e falta de saneamento básico e rural, bem como ao uso de técnicas agrícolas inadequadas e a problemas acentuados de desmatamento. Já na porção leste (Pai Querê e Passo da Cadeia), a fragilidade é baixa pela característica da área, com um índice agrícola mais baixo e onde se observa em muitas áreas agrícolas o uso de plantio direto, uma técnica de manejo do solo altamente eficiente no controle da erosão hídrica.
- com relação aos direitos minerários, a maioria dos processos encontram-se na parte oeste da bacia, onde predominam as concessões de lavra garimpeira de ametista, licenciamentos para basalto e areia para uso na construção civil e pedidos de pesquisa. A maior fragilidade desta área está associada ao tipo de lavra, que normalmente utiliza técnicas rudimentares de extração que pouco contemplam a conservação ambiental.

5.2 Bloco Meio Biótico

A construção do bloco biótico partiu da memória dos aspectos adotados na Avaliação Integrada da Bacia U10 sobre a qual foram realizadas discussões nas reuniões técnicas do Grupo de Trabalho. A partir dessas discussões, gerou-se um conjunto de aspectos que passaram a ser utilizados na avaliação das fragilidades ambientais do meio biótico, quais sejam: fragilidade da fauna e flora terrestres; influência das áreas prioritárias para a conservação e de proteção ambiental; fragilidade da ictiofauna e unidades de conservação de proteção integral.

No Quadro 5-6 estão representados os aspectos do meio biótico, as variáveis associadas a cada um deles e sua importância no contexto do respectivo estudo.

Quadro 5-6 Aspectos avaliados no Meio Biótico, variáveis associadas e sua importância

Aspecto	Variável (s) associada (s) Fatores (notas de 0 a 255)	Importância
Fauna e Flora terrestres	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ocorrência potencial das espécies da fauna terrestre ▪ Ocorrência potencial das espécies da flora terrestre ▪ Remanescentes de formações vegetais ponderados inversamente pela declividade 	Indicar áreas regionalmente mais frágeis do ambiente terrestre
Áreas prioritárias para conservação e proteção ambiental	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade; ▪ Refúgio de Vida Silvestre do rio Pelotas. ▪ Reserva da Biosfera da Mata Atlântica; ▪ Zona de amortecimento de Unidades de Conservação de proteção integral / Unidades de Conservação de Uso Sustentável. 	Indicar áreas importantes para a conservação da biodiversidade no território regional.
Meio biótico aquático	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ocorrência potencial de espécies de peixes migradores, ameaçados e sensíveis à fragmentação do rio; ▪ Potencial de ocorrência de espécies endêmicas de peixes. 	Indicação de áreas sensíveis à fragmentação do rio por barramentos.
Unidades de Conservação de proteção integral / Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica*	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Localização e identificação das UC de proteção integral; ▪ Localização e identificação da Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. 	Áreas restritivas à implantação de barramentos.

A seguir, são apresentados os aspectos nas suas definições finais e respectivas discussões sobre os resultados obtidos.

5.2.1 Aspecto Fauna e Flora Terrestres

A Figura 5-38 apresenta o fluxograma das variáveis envolvidas na avaliação do Aspecto Interferência com a riqueza potencial da fauna e da flora indicando os cruzamentos realizados entre elas obtendo como resultado a fragilidade deste aspecto.

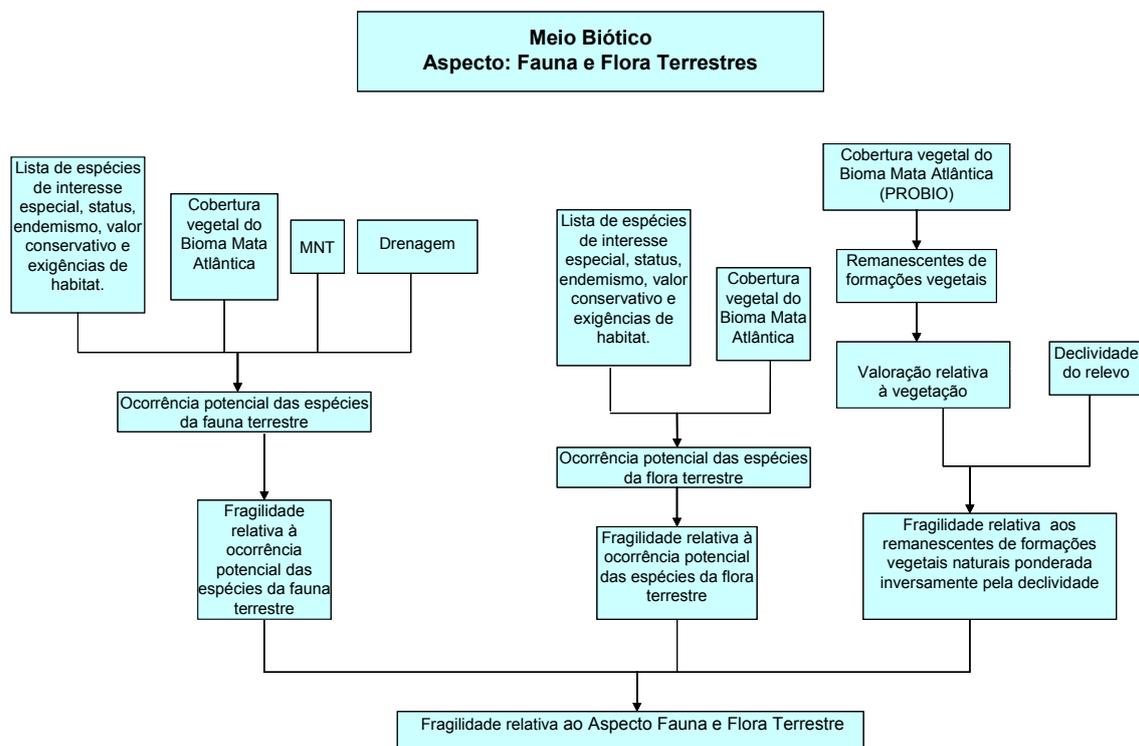


Figura 5-38 Fluxograma para obtenção das Fragilidades do Aspecto Fauna e Flora Terrestre

5.2.1.1 Variável Ocorrência Potencial das Espécies da Fauna Terrestre

Para elaboração da Lista de Espécies da Fauna de Interesse Especial, Status, Endemismo, Valor Conservativo e Exigências de Habitat, foram consultadas as Listas Oficiais de Espécies Ameaçadas de Extinção existentes para a área de estudo. Foram utilizadas as listas oficiais brasileiras (MMA, 2003) e do Estado do Rio Grande do Sul (Marques et al., 2002). Não existe ainda lista oficial do Estado de Santa Catarina. Deste modo, utilizou-se a lista nacional para toda a área de estudo. Para o Estado do Rio Grande do Sul foram comparadas as listas: quando o status de ameaça foi mais grave na lista estadual, utilizou-se este para ponderação do valor conservativo da mesma.

As listas foram, então, organizadas em planilhas eletrônicas para síntese de informações relevantes para seu mapeamento e para sua pontuação quanto ao valor conservativo¹². Para cada espécie, buscou-se na literatura informações que permitissem o mapeamento de seu habitat potencial, considerando-se a escala de estudo e a disponibilidade de mapas para cruzamento de informações. Somente foram incluídas as

¹² Valor conservativo expressa uma avaliação do habitat potencial de espécies em relação ao risco de extinção, que é maior para as espécies presumivelmente extintas ou criticamente em perigo, de acordo com as categorias da IUCN e com o endemismo.

espécies para as quais foram encontradas informações que permitissem a estimativa de seu habitat potencial a partir dos planos de informações disponíveis para a escala deste estudo. A lista das espécies para as quais foram elaborados mapas de habitat potencial está apresentada no Anexo 1.

O valor conservativo de cada espécie foi obtido através da ponderação do status de conservação e do grau de endemismo da espécie (Tabela 5-14). No Anexo 5 é apresentado o mapa desagregado de endemismo da fauna do Alto Uruguai.

Tabela 5-14 Pontuação das Fragilidades (1: muito alta; 255: muito baixa) relativas das espécies da fauna ameaçada de extinção

Status de Conservação	Não endêmica	Endêmica da Unidade da Federação ou do Bioma	Endêmica do Alto Uruguai
Criticamente em Perigo/Provavelmente Extinta	229	127	1
Em Perigo	237	166	76
Vulnerável	250	229	204

A base de informações utilizada para modelar o habitat potencial das espécies selecionadas foi extraída do MNT (faixas de altitude), drenagem (proximidade de corpos de água) e mapa da cobertura vegetal do Bioma Mata Atlântica (MMA). Para alguns grupos de fauna não foram localizadas informações que permitissem o seu mapeamento na escala do estudo, em especial para invertebrados.

Para anfíbios, somente foi possível modelar o habitat potencial de duas espécies. Para répteis, obtiveram-se informações de quatro espécies. Foram produzidos mapas de habitat potencial de 82 aves e de 26 mamíferos, totalizando 114 mapas. Cada um deles contém a área de ocorrência potencial da espécie apresentando, como atributo, o valor conservativo da mesma dentro da área de ocorrência e zero para a área de não ocorrência potencial.

Os mapas foram somados e a soma foi re-escalada para faixa entre 1 a 255, representando as áreas de maior e menor fragilidade, proporcionais ao valor conservativo dos habitats para a fauna ameaçada de extinção (Figura 5-39).

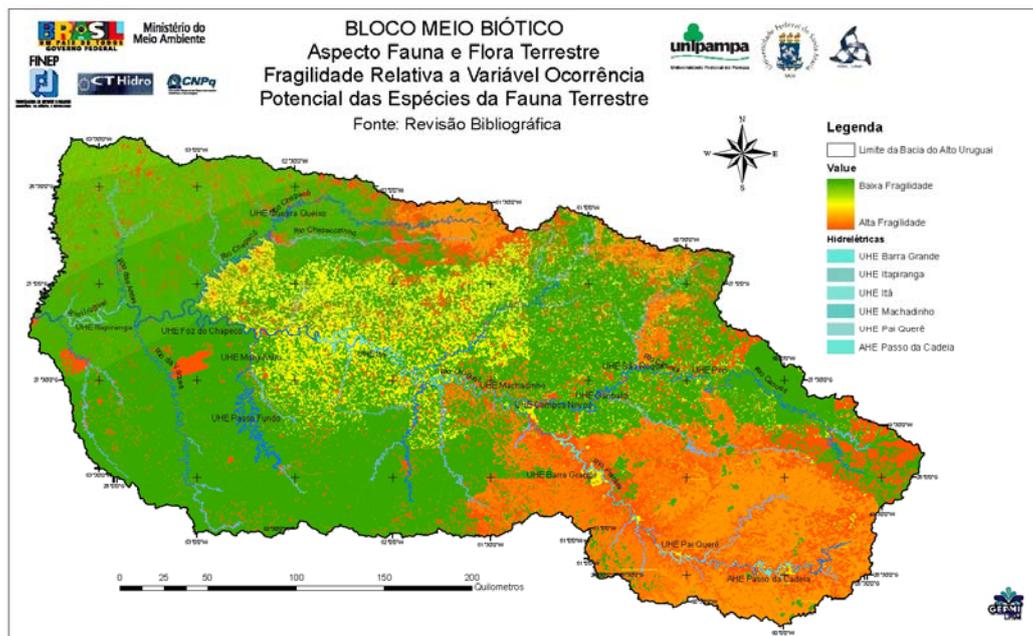


Figura 5-39 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Ocorrência Potencial das Espécies de Fauna Terrestre

5.2.1.2 Variável Ocorrência Potencial das Espécies da Flora Terrestre

Para elaboração da lista, foram consultadas as Listas Oficiais de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção existentes para a área de estudo. Foram utilizadas as listas oficiais brasileiras (MMA, 2008) e do Estado do Rio Grande do Sul (FONTANA *et al.*, 2003). No caso das espécies da flora referente às estepes (Campos de Cima da Serra), ainda foi utilizada a lista complementar presente no Relatório do estudo referente à proposta de implantação da Reserva da Vida Silvestre do Rio Pelotas (MMA, 2007a). Espécies não presentes nas listas de espécies ameaçadas, mas para as quais existiam informações de que fossem espécies endêmicas da região também foram incluídas no estudo.

As listas foram organizadas em planilhas eletrônicas para síntese de informações relevantes para seu mapeamento e para sua pontuação quanto ao valor conservativo. Para cada espécie, buscou-se na literatura informações que permitissem a vinculação da sua ocorrência com as formações vegetais presentes no mapeamento do Bioma Mata Atlântica (MMA, 2007c). A lista das espécies de interesse especial da flora, consideradas no mapeamento de habitat potencial está apresentada no Anexo 2.

O valor conservativo de cada espécie foi obtido através da ponderação do status de conservação e do grau de endemismo da espécie (Tabela 5-15).

Tabela 5-15 Pontuação das Fragilidades (1: muito alta; 255: muito baixa) atribuídas às espécies de interesse especial (ameaçadas e endêmicas) da flora

Status de Conservação	Não endêmica	Endêmica do Alto Uruguai
Em Perigo	115	0
Vulnerável	178	64
Sem status de conservação	229	115

A base de informações utilizada para modelar o habitat potencial das espécies selecionadas foi extraída do mapa da cobertura vegetal do Bioma Mata Atlântica (MMA, 2007c). Como a unidade de espacialização foi a área de distribuição das formações vegetais (Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual e Estepe), o valor conservativo foi obtido por operações em planilha eletrônica, sendo obtido o valor conservativo por formação. Foi gerado, então, um mapa com o valor conservativo de cada área de ocorrência de remanescentes da formação vegetal. Este valor foi re-escalonado inversamente para escala de 0-255, representando as áreas de maior e menor fragilidade (Figura 5-40).

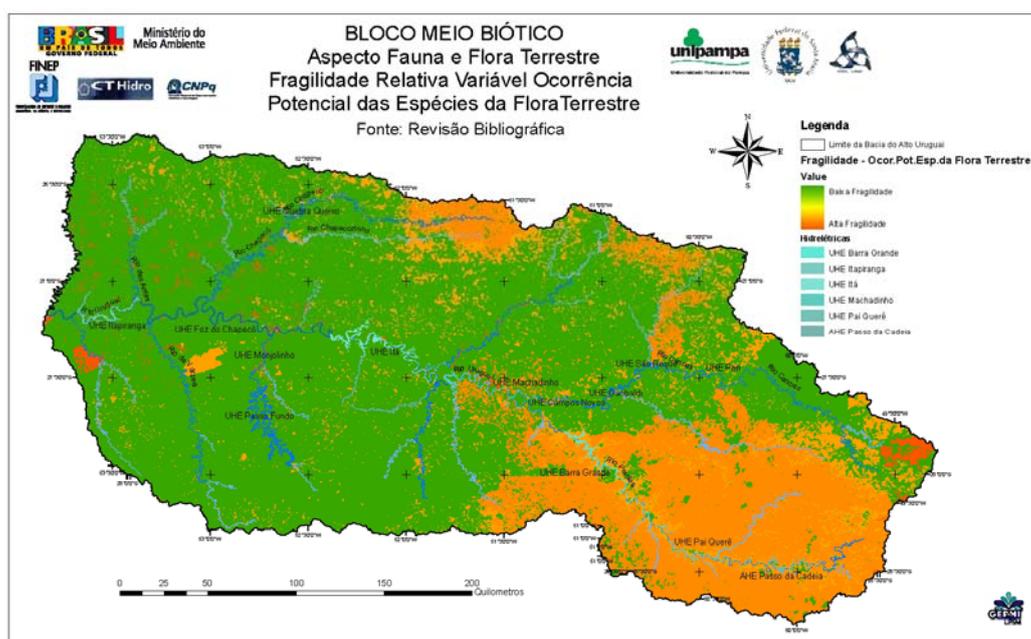


Figura 5-40 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Ocorrência Potencial das Espécies de Flora Terrestre

5.2.1.3 Variável Remanescentes de Formações Vegetais Naturais Ponderada Inversamente pela Declividade

De acordo com o mapa da cobertura vegetal do Bioma Mata Atlântica (MMA) existem remanescentes das seguintes formações vegetais no Alto Uruguai: Estepe (Campos de Cima da Serra), Floresta Ombrófila Mista (Mata com Araucária), Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica *stricto sensu*) e Floresta Estacional Decidual (Mata Subtropical do Alto Uruguai). Considerou-se que áreas de remanescentes têm no mínimo o dobro da fragilidade quando comparadas às áreas antrópicas. Deste modo, para elaboração deste mapa, considerou-se a fragilidade para os remanescentes entre 0 e 128, e de 255 para as áreas antrópicas, com exceção das áreas urbanas, consideradas de alta fragilidade. A Tabela 5-16 apresenta as pontuações para as diversas classes de cobertura.

Tabela 5-16 Pontuação das Fragilidades (1: muito alta; 255: muito baixa) atribuídas às classes de cobertura vegetal (remanescentes, áreas de recuperação e áreas antropizadas). Classificação com base no Probio.

Classe de cobertura	Fragilidade
Estepe	1
Floresta Ombrófila Mista	1
Floresta Ombrófila Densa	1
Floresta Estacional Decidual	1
Formações Pioneiras	113
Vegetação Secundária	128
Silvicultura	255
Pecuária	255
Pastagem	255
Agropecuária/Agricultura	255

As classes de mapeamento são aquelas utilizadas no mapeamento do Bioma Mata Atlântica efetuado pelo PROBIO. As classes referem-se a remanescentes, não à vegetação potencial. As classes de remanescentes de florestas receberam as mais altas fragilidades, seguidas das formações pioneiras, que neste estudo representam os banhados, turfeiras e outras áreas de valor elevado, mas que representam estágios intermediários na sucessão e fragilidades médias. Vegetação secundária envolve áreas abandonadas com capoeiras em diferentes graus de sucessão. As classes de silvicultura, pecuária, pastagem e agropecuária\agricultura representam áreas antropizadas que apresentam mínima fragilidade.

As áreas possivelmente impactadas pela implantação de reservatórios sofrem inundação e perda de habitats nestas formações. No entanto, como as cartas são planimétricas, acabam por subestimar as áreas perdidas, principalmente em função da declividade elevada da região junto ao vale do rio principal. Para resolver esta situação, foi aplicado um ponderador do valor da fragilidade da vegetação diretamente proporcional ao efeito da declividade sobre a área. Deste modo, um pixel de 30 x 30m, em declividade 0° terá uma área exatamente correspondente a 900 m². Entretanto, para 90° de declividade, o pixel será reduzido a uma linha de área 0m². A Figura 5-41 apresenta a relação declividade e área de um pixel. Esta curva foi ajustada para a escala de bytes para compor um mapa ponderador para a vegetação.

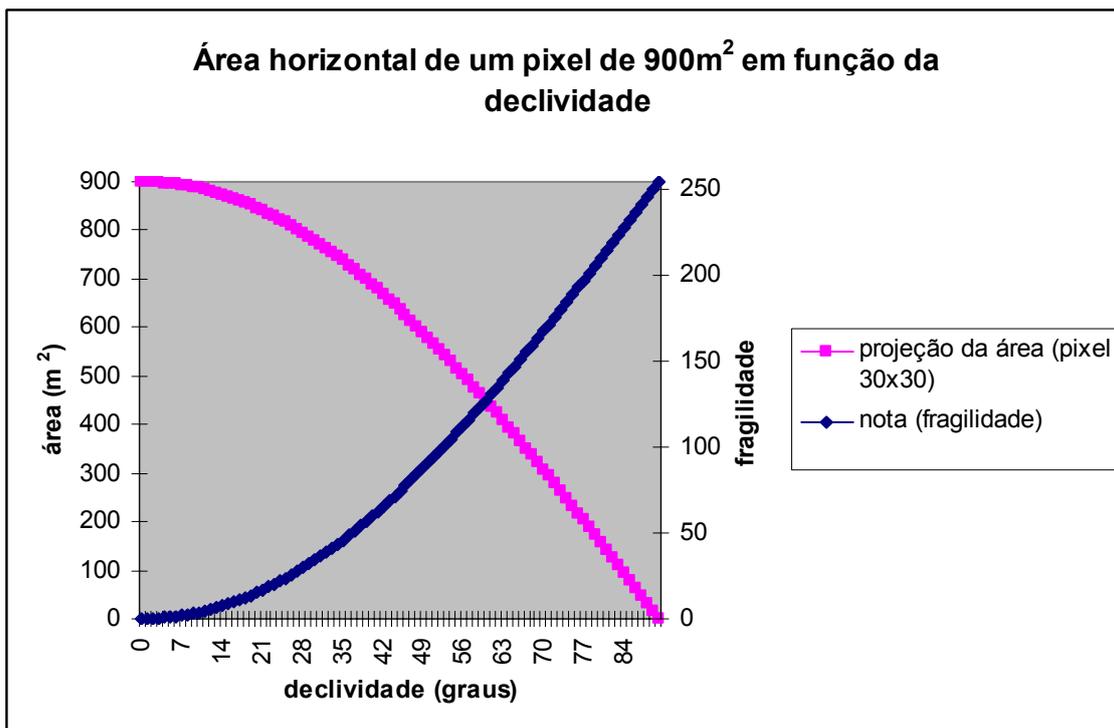


Figura 5-41 Relação entre a área e a declividade.

A Figura 5-42 apresenta o mapa da vegetação ponderada inversamente com a declividade.

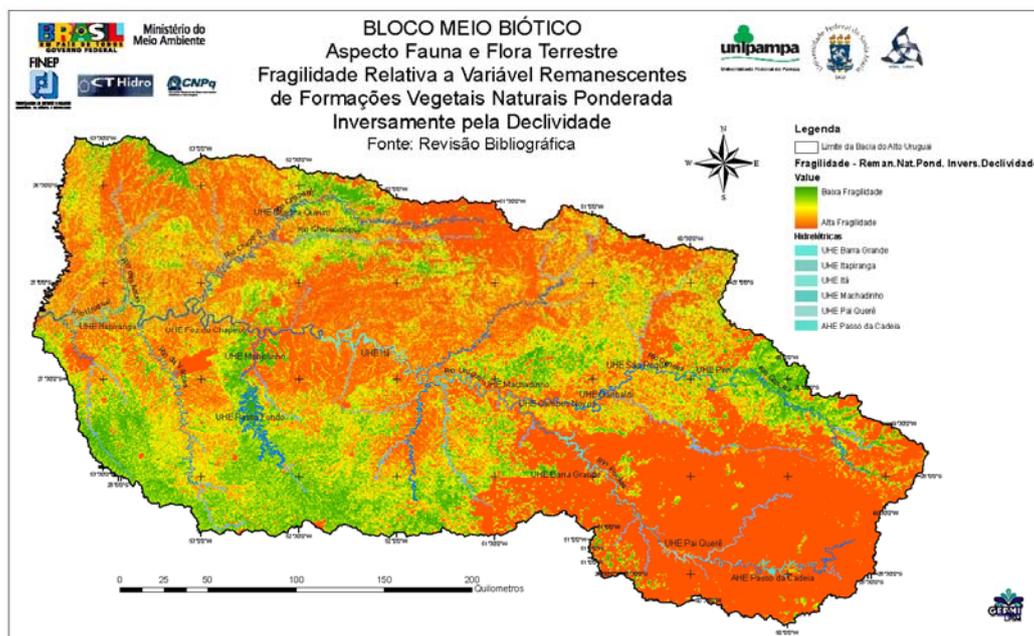


Figura 5-42 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Remanescentes de Formações Vegetais Naturais Ponderada Inversamente pela Declividade

5.2.1.4 Análise Parcial dos Resultados

A análise parcial dos resultados do Aspecto Fauna e Flora mostra uma compartimentação do espaço da área de estudo muito clara (Figura 5-43). A área contínua de maior valor como habitat potencial para a biodiversidade está situada na área mais ao leste da área de estudo, a montante da área da UHE Machadinho no rio Pelotas. Áreas disjuntas significativas são encontradas no limite norte da bacia e na área ocupada pelas Terras Indígenas Nonoai e Guarita e Parque Estadual do Turvo. O restante da área configura uma matriz de áreas antrópicas de média e alta intensidade de impactos, entremeadas com grande quantidade de fragmentos de superfície pequena.

De modo geral, a configuração das áreas mais significativas expressa uma possibilidade de estruturação de uma estratégia de conectar a área do Alto Pelotas (mais significativa) com os remanescentes situados na parte norte da área de estudo, buscando conectar os sistemas remanescentes do Bioma Mata Atlântica do leste com as áreas internas de oeste, especialmente com o sistema de remanescentes do nordeste argentino, que conectam estas áreas com os remanescentes isolados do oeste (PE Turvo, TIs Nonoai e Guarita) (Figura 5-44). Deste modo, tanto as áreas do trecho de interesse do Alto Pelotas, como do trecho situado a jusante da UHE Foz do Chapecó, estão conectados ao arco representado na figura.

Estudos recentes, recém divulgados pela National Geographic (White, 2009), demonstram a importância deste arco para a conservação de espécies de grande exigência de área de vida, como a onça-pintada. De acordo com o estudo, mesmo os pequenos fragmentos associados às rotas de deslocamento das onças ("paseo del jaguar"), associados aos cursos de água, garantem rotas de deslocamento para manter a unidade populacional das onças nas Américas (Figura 5-45). Deste modo, as áreas que ainda restam na área de estudo, em especial nos dois trechos de interesse, apresentam alta fragilidade para a conservação da fauna e flora terrestres, devendo merecer atenção especial na avaliação da viabilidade de empreendimentos que possam causar fragmentação do sistema de corredores existentes ou potenciais (mediante programas de restauração de matas ciliares, por exemplo). Esta análise está de acordo com o estudo para implantação do RVS do rio Pelotas (MMA, 2007a).

O exemplo do caso da onça-pintada ajuda a compreender o papel dos pequenos fragmentos para a conectividade de grandes fragmentos. Deste modo, pode-se utilizar os deslocamentos deste predador de topo de cadeia como um indicador de conectividade para ecossistemas terrestres.

Outro aspecto considerado pode ser expresso na correlação entre o mapa do aspecto Fauna e Flora Terrestre e o mapa das Unidades de Conservação. A análise resultou em uma correlação de -0,05438, ou seja, não existe correlação espacial entre a distribuição das áreas de maior valor para a fauna e a flora e as Unidades de Conservação. Espera-se que esta ferramenta, associada aos estudos de áreas prioritárias para conservação (MMA, 2007b), possa auxiliar no planejamento do Sistema Nacional de Unidades de Conservação.

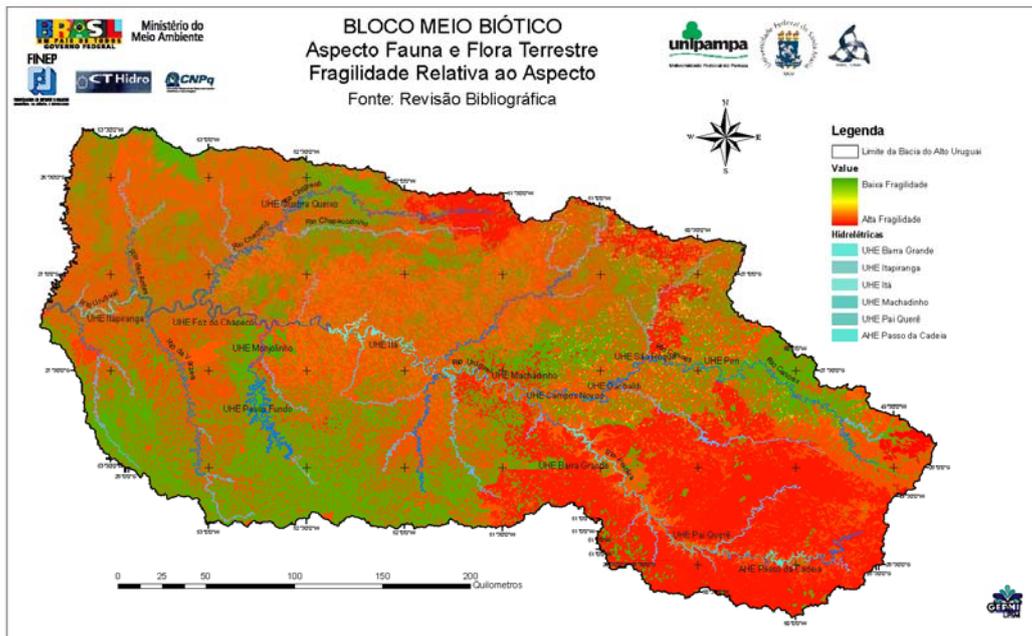


Figura 5-43 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Fauna e Flora Terrestre

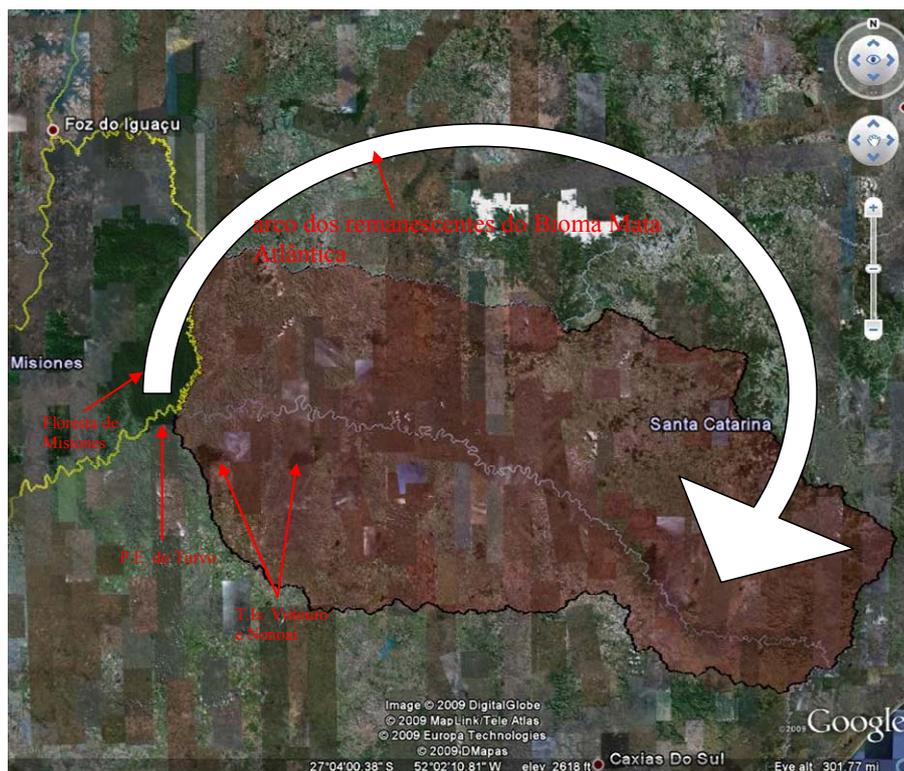


Figura 5-44 Caracterização do arco de remanescentes entre as áreas litorâneas e internas do Bioma Mata Atlântica na região do Alto Uruguai.

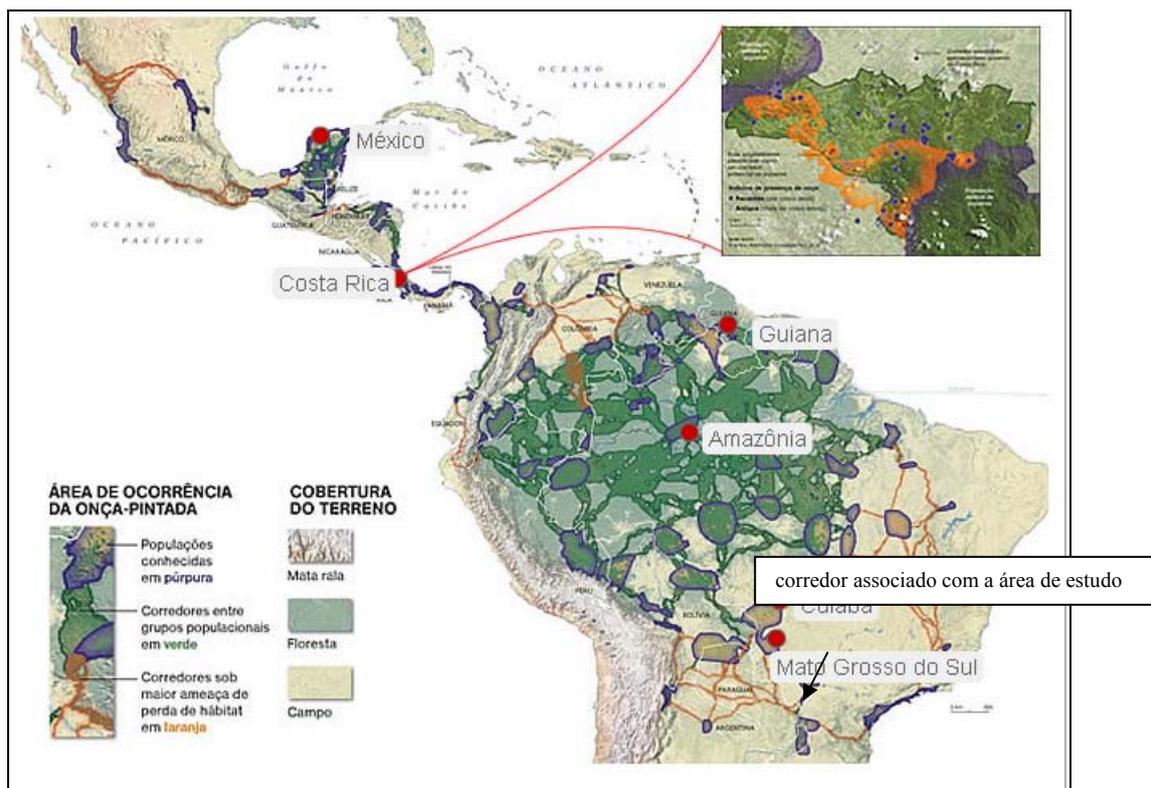


Figura 5-45 Mapa da área de ocorrência da onça-pintada e classificação dos corredores nas Américas

(fonte: http://viajeaqui.abril.com.br/ng/multimedia/108_jaguar/, acesso em 22/03/2009).

5.2.2 Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e Proteção Ambiental

A Figura 5-46 apresenta o fluxograma das variáveis envolvidas na avaliação do Aspecto Fragilidade das áreas de relevante valor para a biodiversidade indicando os cruzamentos realizados entre elas, obtendo como resultado a fragilidade deste aspecto.

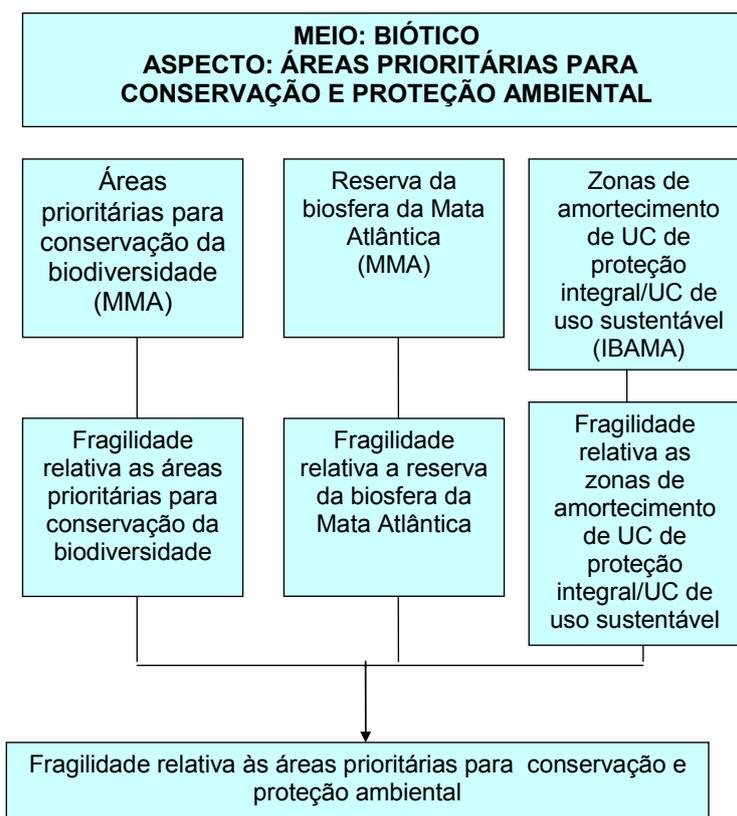


Figura 5-46 Fluxograma do Aspecto Fragilidade das Áreas de Relevante Valor para a Biodiversidade

5.2.2.1 Variável Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade

A variável Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade foi construída a partir do mapa disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007b). O mapa classifica as áreas em termos de Alta, Muito Alta e Extremamente Alta prioridade para a conservação da biodiversidade. A montagem do mapa desta variável se deu pela atribuição de notas de fragilidade para as áreas incluídas nesta categoria e atribuindo o valor de mais baixa fragilidade (255) para as áreas externas aos polígonos das áreas prioritárias. A Tabela 5-17 apresenta os valores de fragilidade atribuídos nesta variável.

Tabela 5-17 Pontuação das Fragilidades (1: muito alta; 255: muito baixa) relativas das Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade.

Prioridade	Fragilidade
Extremamente Alta	25
Muito Alta	76
Alta	153
Não Prioritária	255

A Figura 5-47 apresenta o mapa de fragilidades da variável Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade. Observe-se que as áreas de interesse para o estudo, situadas no rio Pelotas a montante da UHE Barra Grande e no rio Uruguai, a jusante da UHE Foz do Chapecó, situam-se em áreas de alto valor para a conservação da biodiversidade, configurando alta fragilidade para implantação de barramentos.

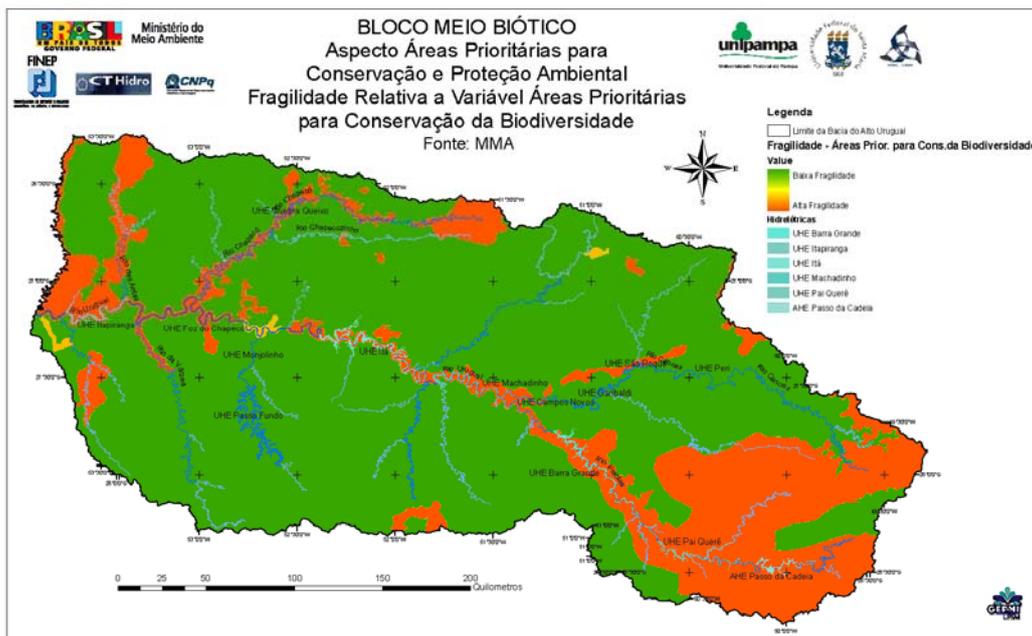


Figura 5-47 Mapa de fragilidades da variável Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade.

5.2.2.2 Variável Reserva da Biosfera da Mata Atlântica

O mapa de fragilidades da variável Reserva da Biosfera da Mata Atlântica foi produzido de acordo com o material disponibilizado¹³.

Para estabelecer a pontuação desta variável, estabeleceram-se dois cenários distintos: um que inclui a Zona Núcleo como área de restrição, juntamente com as Unidades de Conservação de Proteção Integral, gerando um mapa booleano (contendo somente dois valores, zero e um) e outro que inclui a Zona Núcleo como área que não envolve restrição absoluta, mas que apresenta alta fragilidade, sendo incluída na ponderação desta variável.

Estas duas possibilidades foram necessárias, uma vez que a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica é tombada no Rio Grande do Sul (Portaria 03/93, publicada no D.O.E. em 08/02/1993), mas não tem equivalente do lado catarinense. Este estudo trabalhará com as duas possibilidades de avaliação, de modo a fornecer aos tomadores de decisão melhores condições para construir seu ambiente de negociações. A Tabela 5-18 apresenta os valores de fragilidade assumidos para estes mapas.

¹³ Mapas digitais na forma de arquivos do tipo "shape file" da Esri - Environmental Systems Research Institute

Tabela 5-18 Pontuação das Fragilidades (1: muito alta; 255: muito baixa) atribuídas à Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA).

Zona	Fragilidade
Núcleo*	25
Amortecimento	76
Transição	153
Fora da RBMA	255

* A Zona Núcleo foi ponderada como 255 para o mapa em que não está incluída nesta variável, uma vez que será excluída de forma absoluta no mapa de restrições.

As Figuras 5-48 e 5-49 apresentam os mapas de fragilidades da variável Variável Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Pode se observar que os dois trechos de interesse (montante da UHE Barra Grande e jusante da UHE Foz do Chapecó), em ambas as situações da Zona Núcleo da RBMA, apresentam fragilidade muito alta. Não somente por causa dos remanescentes de alto valor, mas também pelo contexto e conectividade e potencial de restauração, entre outros aspectos considerados na elaboração do mapa.

Cabe realçar que as relações de conectividade, consideradas em forma planimétrica nos mapas, já caracterizam os dois trechos como de alta fragilidade. No entanto, se considerarmos a natureza fisionômica do Alto Uruguai, estas considerações são agravadas pela forma aprofundada dos vales, especialmente nas partes mais elevadas da área de estudo (cabeceiras, na parte leste). Nestes vales existe uma zonação altitudinal (Foto 5-21), fazendo com que espécies que ocorrem no fundo do vale estejam adaptadas a um clima diferente do ocorrente nas partes mais elevadas. Em áreas onde o curso de água tem alta declividade, impõem-se a construção de barramentos de elevada altura, resultando que as áreas ciliares do futuro lago estejam situadas de meia encosta para cima. Esta realidade causa, independentemente da implantação de uma faixa ciliar no entorno do reservatório, a possibilidade de fragmentação irreversível para a biota terrestre ribeirinha, uma vez que grande parte delas não poderá se adaptar ao clima reinante nas cotas mais altas. Em muitos locais, no fundo dos vales, encontramos Formação Estacional Decidual, enquanto nas encostas, em cotas mais elevadas, já encontramos a Floresta Ombrófila Mista. Este problema é reduzido no trecho oeste, onde os vales são mais largos, a declividade do rio é menor e a altura dos barramentos também.



Foto 5-21 Vale do rio Pelotas. Observe-se a zonação altitudinal da vegetação.

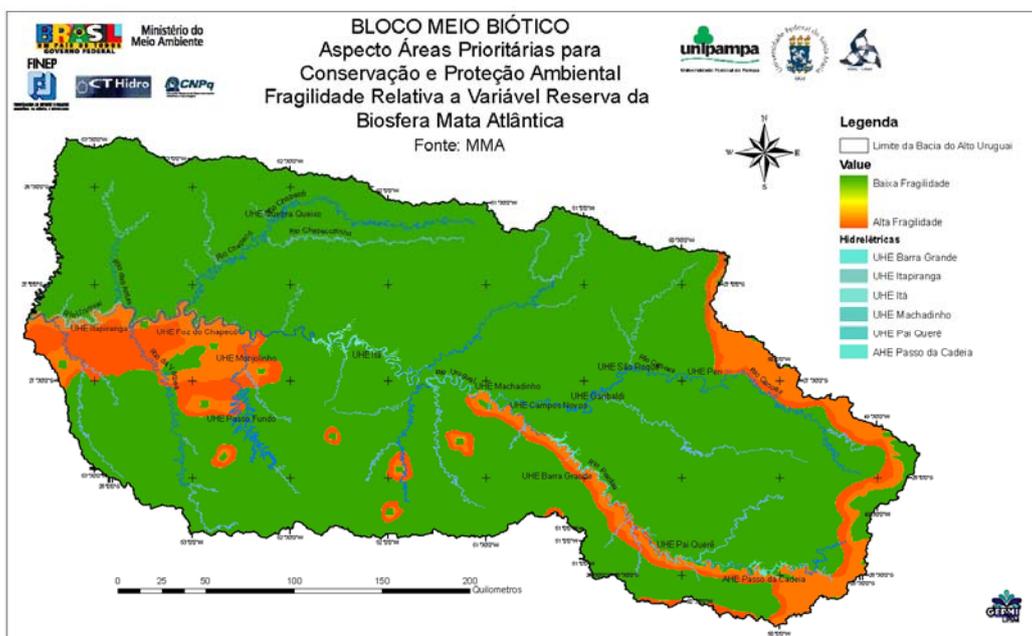


Figura 5-48 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Reserva da Biosfera da Mata Atlântica sem Zona Núcleo

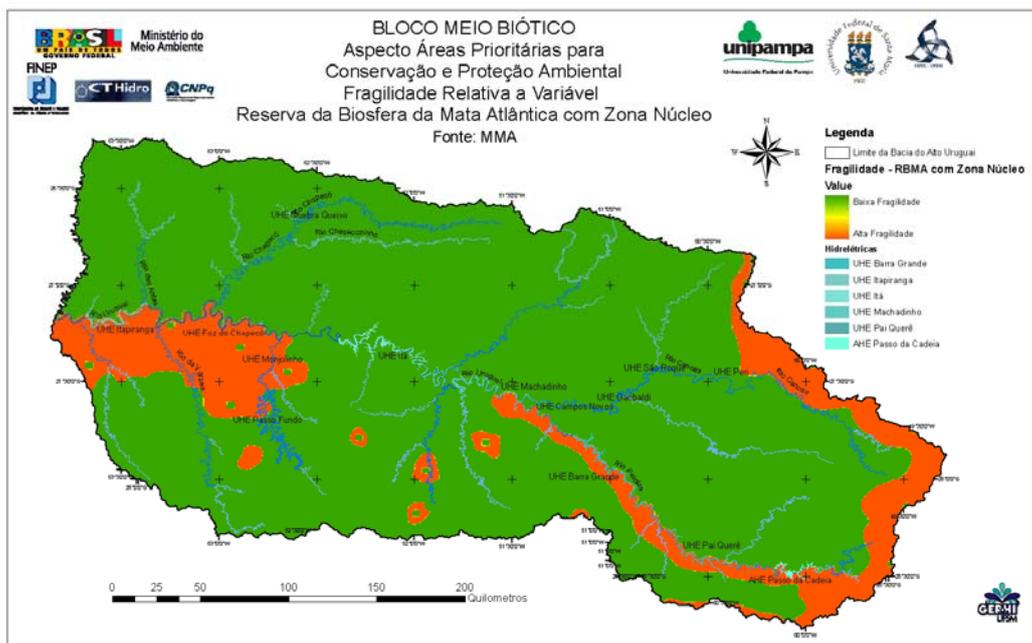


Figura 5-49 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Reserva da Biosfera da Mata Atlântica com Zona Núcleo

5.2.2.3 Variável Zonas de Amortecimento de UC de Proteção Integral e UC de Uso Sustentável

O mapa da variável Zonas de Amortecimento de Unidades de Conservação de Proteção Integral e Unidades de Conservação de Uso Sustentável foi produzido através da obtenção dos polígonos demarcatórios das UCs seguidos de processamento em ambiente de sistema de informações geográficas para identificar as Zonas de Amortecimento para as UCs de Proteção Integral. O mapa base foi o disponibilizado no sítio de *download* de mapas digitais do MMA (<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>; MMA, 2006).

Foi utilizada Zona de Amortecimento de 10000m para as UCs de Proteção Integral, com exceção da Reserva da Vida Silvestre Campos de Palmas, do Parque Nacional das Araucárias e da Estação Ecológica Mata Preta, para as quais foi definida a Zona de Amortecimento, no decreto de criação ou no plano de manejo, com 500m de espessura.

Do cruzamento das Zonas de Amortecimento com as UCs de Proteção Integral, obteve-se o mapa conjunto, qual foi reclassificado para atribuir fragilidades (Figura 5-50). A Tabela 5-19 apresenta as fragilidades que foram atribuídas às áreas respectivas de cada categoria.

Tabela 5-19 Pontuação das Fragilidades (1: muito alta; 255: muito baixa) relativas das Zonas de Amortecimento de UC de Proteção Integral e UC de Uso Sustentável.

Categoria	Fragilidade
UC de Uso Sustentável	127,5
Zona de Amortecimento de UC de Proteção Integral	140
Fora das UCs de US e ZA de UCs de PI	255

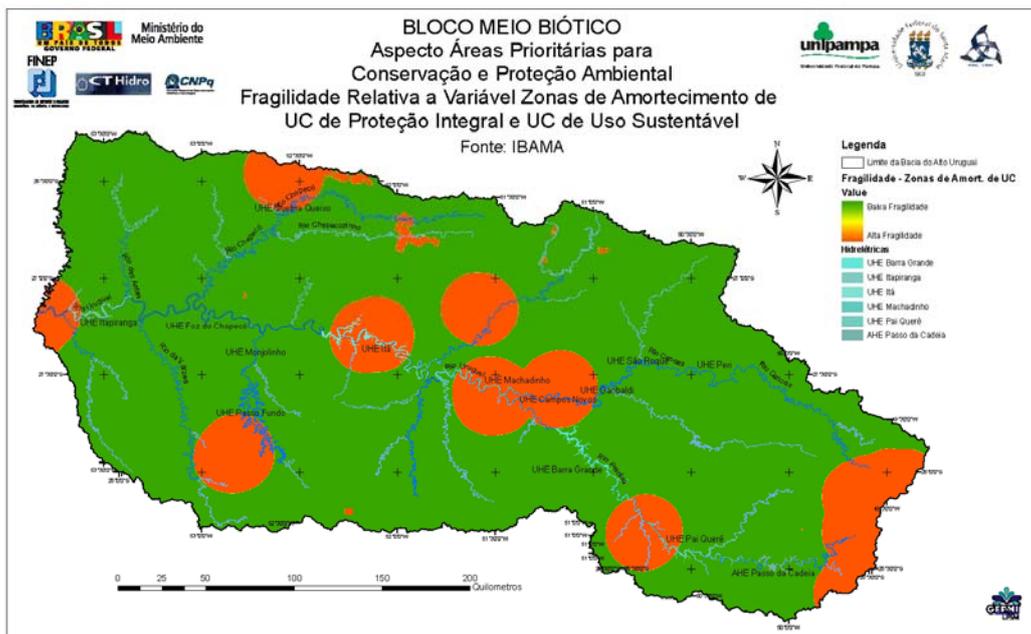


Figura 5-50 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Zonas de Amortecimento de UC de Proteção Integral e UC de Uso Sustentável

5.2.2.4 Análise Parcial dos Resultados

Nesta etapa do estudo, foram processados mapas do aspecto considerando a inclusão da Zona Núcleo ou não como variável, assim como duas situações de ponderações das variáveis.

A Tabela 5-20 apresenta a estrutura de pesos utilizada para os dois modelos, com e sem inclusão da Zona Núcleo. As Figuras 5-51 a 5-54 apresentam os mapas do aspecto para estas modelagens.

Tabela 5-20 Pesos utilizados para obtenção dos Modelos 2A e 2F.

Variável	modelo	
	2A	2F
Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade	0,33	0,5
Reserva da Biosfera da Mata Atlântica	0,33	0,2
Zona Tampão de UC de proteção integral / UC Uso Sustentável	0,33	0,3

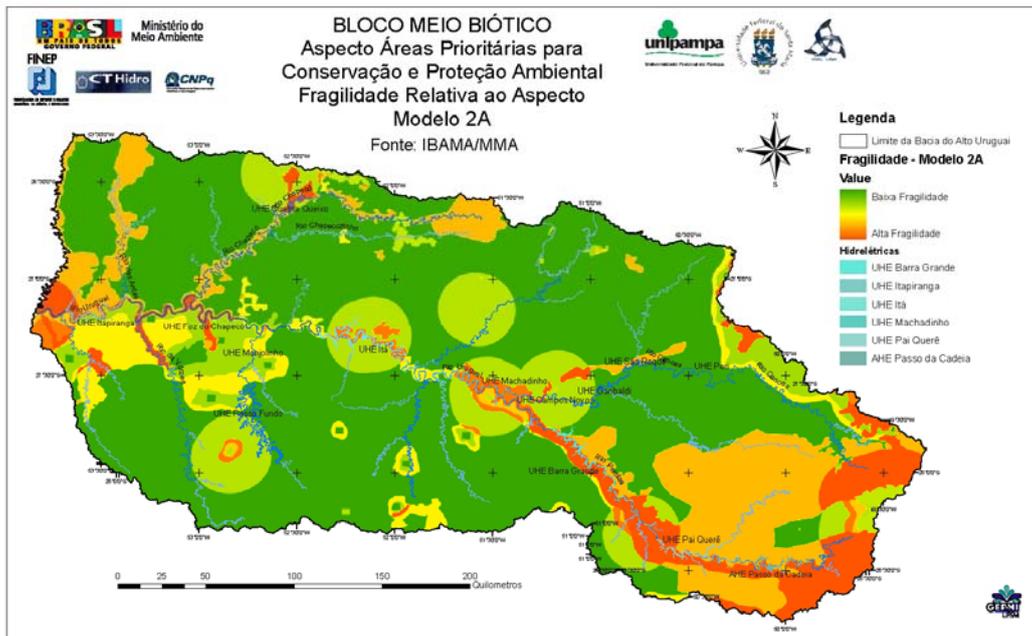


Figura 5-51 Mapa de Fragilidade Relativo ao Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e Proteção Ambiental – Modelo 2A

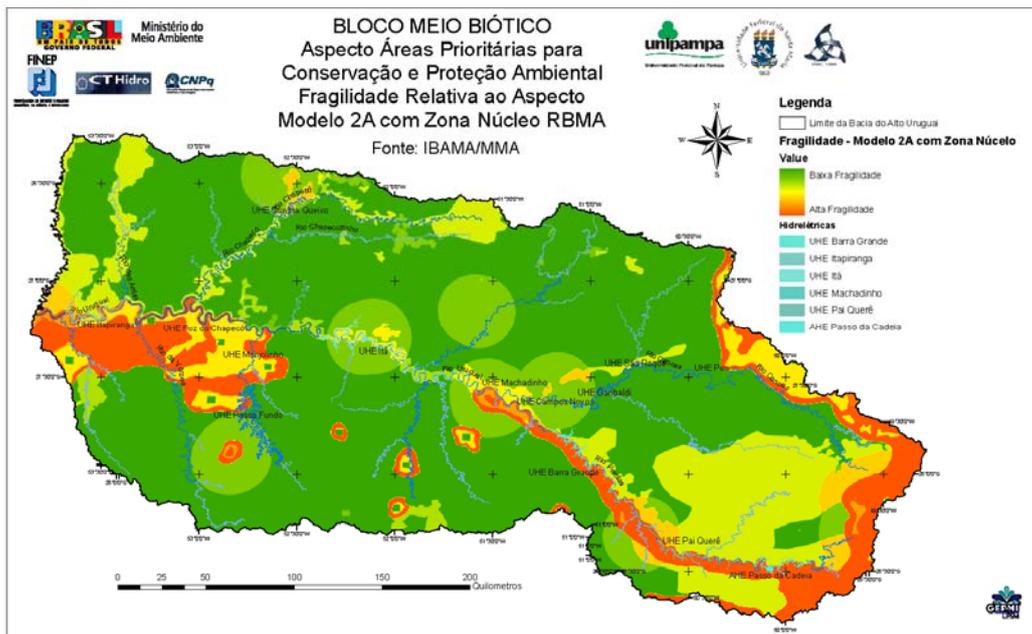


Figura 5-52 Mapa de Fragilidade Relativo ao Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e Proteção Ambiental – Modelo 2A com Zona Núcleo

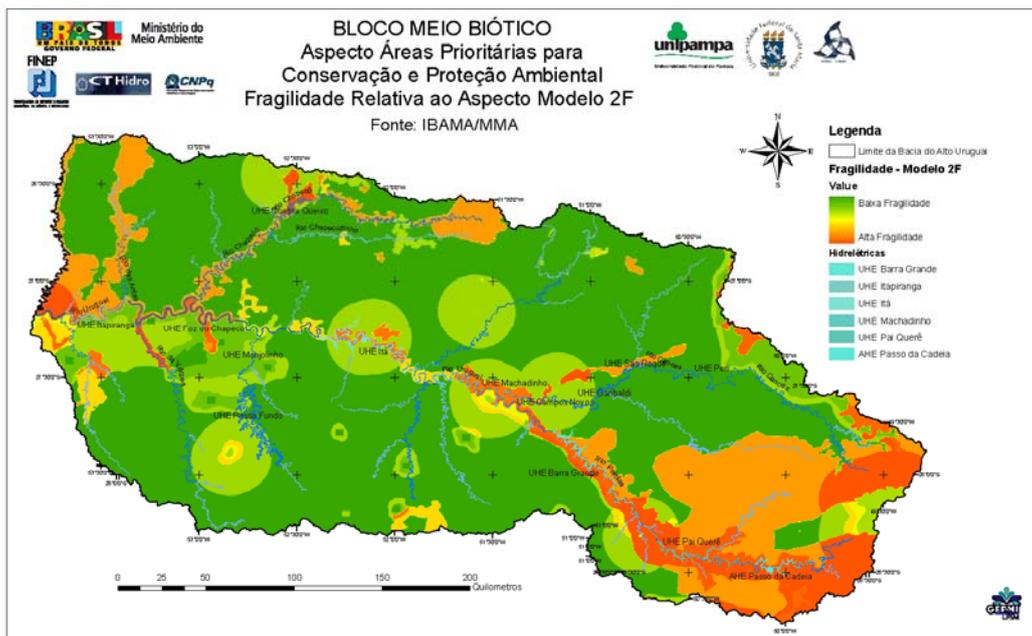


Figura 5-53 Mapa de Fragilidade Relativo ao Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e Proteção Ambiental – Modelo 2F

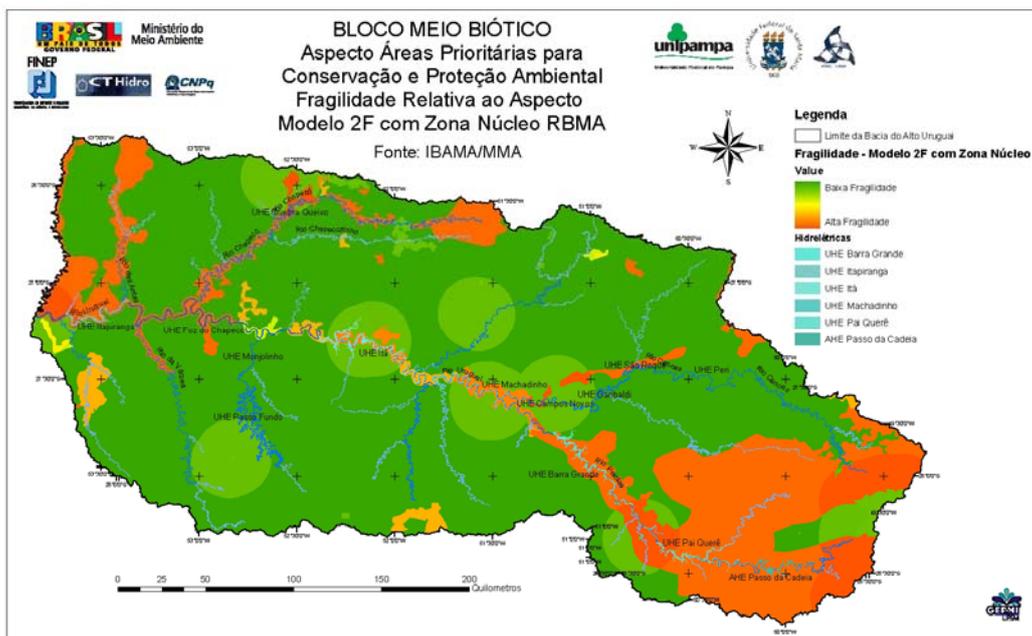


Figura 5-54 Mapa de Fragilidade Relativo ao Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e Proteção Ambiental – Modelo 2F com Zona Núcleo

Observa-se que, independentemente do modelo e da situação de inclusão da Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, os dois trechos de interesse, situados à montante da UHE Barra Grande e a Jusante da UHE Foz do Chapecó, ao longo do rio principal, apresentam alta fragilidade com respeito a este aspecto.

Em especial, observa-se que o trecho do rio Pelotas apresenta uma fragilidade mais expressiva em área e na sua conectividade. Este fato tem resultado no reconhecimento da sua importância para a conservação da biodiversidade, a qual resultou no estudo para criação da RVS do Rio Pelotas (MMA, 2007a). Como a Unidade de Conservação não foi ainda criada, é uma proposta, seu mapa foi adicionado como anexo (ANEXO 3). Esta importância também é reforçada pelo fato de que os principais remanescentes de sistemas florestais nativos se encontram, na área de estudo, nesta região.

Deste modo, embora ambas as áreas apresentem valor, a parte leste, pela expressão em área e pela conectividade dos remanescentes é a mais desfavorável para empreendimentos que fragmentem o sistema.

A área oeste, embora mais fragmentada e com maior antropismo, possui o Parque Estadual do Turvo e as Terras Indígenas de Guarita e Nonoai, que necessitam de uma política para instalação de corredores ecológicos com base em restauração de matas ciliares (constante no estudo das Áreas Prioritárias para Conservação; MMA, 2007b).

5.2.3 Aspecto Meio Biótico Aquático

A Figura 5-55 apresenta o fluxograma das variáveis envolvidas na avaliação do Aspecto Fragilidade do meio biótico aquático, indicando os cruzamentos realizados entre elas obtendo como resultado a fragilidade deste aspecto.

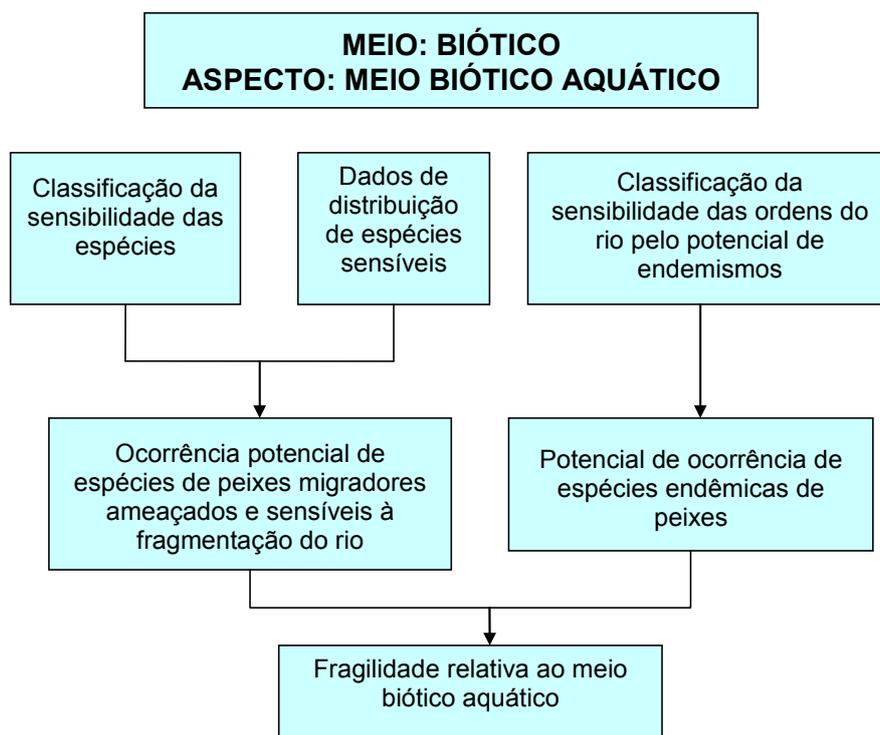


Figura 5-55 Fluxograma das Variáveis Envolvidas na Avaliação do Aspecto Fragilidade do Meio Biótico Aquático.

Com relação ao meio biótico aquático, peixes podem ser considerados indicadores consistentes para a avaliação da fragilidade de sistemas aquáticos e têm sido utilizados por diversos autores e agências ambientais como monitores de qualidade ambiental (Karr, 1981, 1987; Hugueny et al., 1996; Ganasan & Hughes, 1998; Gammon

& Simon, 2000; Schiemer, 2000). Dentre as razões que qualificam esses organismos para a sua utilização em avaliações de integridade de ecossistemas aquáticos, Karr (1981) aponta as seguintes características:

1. Existência de informações sobre história de vida para a maioria das espécies;
2. As comunidades de peixes incluem um conjunto de espécies que representa uma variedade de níveis tróficos, incluindo em sua dieta alimentos disponíveis no ambiente aquático, como algas e macroinvertebrados e itens de origem terrestre, como frutos e artrópodes;
3. Sua posição no topo da cadeia alimentar de ambientes aquáticos fornece uma informação integradora das condições da bacia hidrográfica;
4. Peixes são relativamente fáceis de serem identificados, sendo possível, em alguns casos, que a triagem e a identificação possam acontecer durante a amostragem em campo;
5. A população pode compreender mais facilmente o estado de qualidade do ambiente aquático embasados nas condições da comunidade de peixes;
6. Tanto a perda de espécies devido a fatores agudos de impacto, quanto efeitos de estresse crônico, como a redução na produção das espécies, podem ser avaliados;
7. Os peixes estão presentes em uma grande variedade de ambientes, desde o menor curso d'água até ambientes aquáticos com elevada poluição.

Considerando os fatores apontados por Karr (1981), é preciso comentar que, devido à elevada riqueza de espécies da região Neotropical e à falta de políticas públicas que enfoquem a gestão de ecossistema, o conjunto de informações existentes sobre a história de vida das espécies é ainda relativamente pequeno. Além disso, apesar da existência de um elevado número de espécies conhecidas, existem ainda muitas não descritas pela ciência.

Por outro lado, um fator não apontado por Karr (1981), mas que se torna relevante na análise de integridade de ecossistemas de rios, é o fato de existirem espécies que demandam amplas migrações para o sucesso de seu ciclo reprodutivo. Essa característica torna os peixes migradores os organismos que possuem maiores áreas de vida no meio aquático fluvial, tornando-os os animais mais sensíveis à fragmentação dos rios. Assim, a presença de populações viáveis de peixes de piracema, ou sua extinção, pode ser considerada uma variável indicadora importante na avaliação da fragmentação do ecossistema lótico. Dessa maneira, o uso de comprimentos de trechos livres de rio que tem potencialidade para sustentação de populações de peixes migradores e a existência de conectividade com o rio principal (Uruguai) são variáveis importantes para o planejamento e avaliação prévia de impactos causados por barramentos sobre o ecossistema aquático.

Outro aspecto importante associado à adoção dessas espécies como indicadores de fragilidade do sistema fluvial é o efeito *guarda-chuva* (Roberge & Angelstam, 2004) que se obtém, pois inserido na amplitude geográfica e diversidade de habitats necessária a manutenção dessas populações, torna-se protegido outro conjunto de espécies que são aquelas que ocupam porções mais restritas do rio por serem mais especializadas ou adaptadas a determinados habitats incluindo as espécies endêmicas.

Sendo assim, neste estudo foi adotada a fauna íctica como o conjunto de organismos indicadores dos efeitos resultantes das alterações ambientais da bacia hidrográfica, propagadas em rede e, em especial, a fragmentação do ecossistema aquático.

5.2.3.1 Variável Ocorrência Potencial de Espécies de Peixes Migradores e Sensíveis a Fragmentação do rio

Inventário da riqueza de espécies de peixes do rio Uruguai

A viabilidade da inclusão desses organismos em uma análise integrada demanda inicialmente a montagem de um banco de dados com a relação das espécies que ocorrem na área alvo da análise e de informações sobre sua distribuição na bacia. Essa demanda confronta a realidade da grande carência de informações sobre a distribuição das espécies de peixes nos sistemas aquáticos interiores do Brasil e reforça a importância dos inventários de fauna, da manutenção informatizada de coleções taxonômicas e da publicação de dados científicos relacionados à fauna e à flora regional.

Nessa primeira etapa do trabalho a base utilizada foi aquela empregada na avaliação de fragilidades feita sobre a U10 (FEPAM, 2005). Essa base foi elaborada a partir dos dados disponíveis na literatura científica, nos relatórios técnicos apresentados à FEPAM e relacionados a empreendimentos localizados na Região Hidrográfica 75 e através da pesquisa na base de dados disponibilizada pelo programa Inter-Institutional Database of Fish Biodiversity in the Neotropics (NEODAT; <http://www.neodat.org>). O levantamento foi procedido nas bases disponíveis em 2003.

Identificação dos taxa frágeis ao impacto de barramentos

Com a relação das espécies em mãos teve início a análise das mesmas quanto a sua sensibilidade à implantação de um barramento.

A enorme riqueza de espécies de peixes de água doce da região neotropical, estimada em 6.000 espécies (Reis et al., 2003), guarda ainda um grande conjunto de entidades taxonômicas não descritas pela ciência. Além disso, para a maioria das espécies pouco ou quase nada se conhece de sua biologia. Dessa forma, critérios muito detalhados oriundos de informações da biologia das espécies dificilmente poderão ser obtidos para a assembléia de peixes de uma determinada bioregião. Assim, nessa primeira fase da avaliação integrada foram considerados como critérios viáveis de análise da sensibilidade das espécies o hábito de realizar migração reprodutiva em longos trechos de rio. Para complementar a avaliação do sistema foram ainda ponderados se essas espécies são endêmicas ou ameaçadas de extinção. Por fim, como forma de englobar características e informações específicas não disponíveis para todo o rol de espécies, foi denominado um quarto fator chamado de sensibilidade.

Considerando que nessa primeira fase do trabalho a ênfase da avaliação recai sobre as interferências diretas sobre a calha principal do rio Uruguai/Pelotas, tomou-se a decisão de considerar apenas as espécies de peixes que realizam grandes migrações reprodutivas e que, devido à fragmentação imposta pela instalação dos barramentos inventariados podem indicar mais precisamente os efeitos dessas intervenções.

Ressalta-se, no entanto, que na segunda fase do trabalho, quando serão consideradas as pequenas centrais hidrelétricas (PCH) inventariadas para a bacia, todo o conjunto da ictiofauna será considerado na avaliação de fragilidades.

Para o critério "status de conservação", utilizou-se o enquadramento das espécies de peixes que constam no Decreto Estadual 41.672/2002. As espécies de peixes da área de estudo enquadram-se em duas categorias: Criticamente em Perigo, para a qual foram atribuídos dez pontos e Vulnerável, que por sua vez recebeu cinco pontos.

Quanto ao critério "hábito de migração", as espécies foram enquadradas em grandes migradores e pequenos migradores, de acordo com as distâncias percorridas por cada uma delas em sua migração reprodutiva. Essa classificação foi baseada em informações disponíveis na literatura sobre o comportamento reprodutivo das espécies (Vazzoler, 1996; Cemig/Cetec, 2000; Nakatani et al., 2001; Paiva et al., 2002) e através da discussão com especialistas.

Por fim, o critério "sensibilidade" foi criado para enquadrar espécies cuja sensibilidade elevada a alterações do habitat é conhecida. Como no caso anterior, as espécies foram enquadradas nesse critério com base em informações disponíveis na literatura e através da discussão com especialistas, tais como a brancajuva (*Brycon orbignianus*).

A matriz de fragilidades, gerada a partir desses quatro critérios, pode ser observada na Tabela 5-21. A escala de pontos adotada varia de zero (espécie não enquadrada no critério ou para a qual não existe informação disponível) a dez (espécie mais sensível de acordo com o critério analisado).

Ao final da análise uma espécie maximamente frágil obteria 40 pontos. Para a manutenção da escala, os valores finais foram divididos pelo número de critérios a fim de manter-se a amplitude de variação da escala, como demonstra a fórmula:

$$V_s = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = Y/4$$

onde:

V_s - pontuação atribuída à fragilidade da espécie em análise

C - Pontos obtidos de acordo com o critério de análise

Y - Produto da soma de pontos

Tabela 5-21 Matriz de avaliação da fragilidade das espécies de peixes da Bacia 75 e Alto Uruguai.

	CRITÉRIOS	PONTOS
ENDEMISMO	alto ou médio rio Uruguai	10
	todo o rio Uruguai	5
STATUS DE CONSERVAÇÃO	criticamente em perigo	10
	vulnerável	5
HÁBITO MIGRADOR	grande	10
	pequeno	5
SENSIBILIDADE		10

Para todas as espécies consideradas frágeis pela análise empregada, foi feito o levantamento de sua distribuição na área de interesse. Devido à carência de dados e à diversidade de fontes de informação utilizadas, e aos diversos objetivos que nortearam sua geração, os dados foram hierarquizados quanto à sua confiabilidade. De acordo com as diferentes fontes de informação consideradas no mapeamento das espécies, foram atribuídos pontos para diferenciar o grau de confiabilidade da informação, como demonstrado na Tabela 5-22.

Tabela 5-22 Pontuação atribuída às diferentes fontes de informação que subsidiaram o mapeamento das espécies de peixes.

FONTE	PONTOS
Base Neodat Project	4
Publicações Científicas e Relatórios Técnico-Científicos	
Diagnósticos e Relatórios Entregues à Fepam pelos Empreendedores na Área Analisada	3
Relatos	2
Extrapolação	1

Foram considerados como sendo alta confiabilidade (valor 4) os dados obtidos pela pesquisa na base de dados NEODAT II em que são apresentados os registros de animais tombados em coleções científicas de todo o mundo. Para a pesquisa na base de dados foram utilizadas como palavras chave:

- Country = Brasil; State = Rio Grande do Sul; Drainage = Uruguay
- Country = Brasil; State = Rio Grande do Sul; Drainage = Uruguay; County = Nome do município
- Country = Brasil; State = Rio Grande do Sul; Drainage = Uruguay; Genus = Gênero & Species = Espécie

Os dados obtidos em literatura científica foram tratados da mesma forma que os dados da base NEODAT e as principais fontes utilizadas foram Bertoletti et al. (1990), Lucena & Kullander (1992), Buckup & Reis (1997), Reis & Schaefer (1998), Reis & Pereira (2000), Bertaco & Malabarba (2001), Câmara & Hahn (2002) e Pereira & Reis (2002).

Foram considerados como menos confiáveis (valor 3) os dados apresentados em estudos de impacto de empreendimentos hidrelétricos e em relatórios de monitoramento ou diagnósticos apresentados pelos empreendedores. Essa classificação foi assim definida devido à falta de possibilidade de confirmação da informação, já que em sua maioria os consultores não tombam as amostras em coleções científicas.

Devido à escassez de informações sobre a distribuição da ictiofauna, foram também considerados os relatos ou informações orais apresentadas em relatórios técnicos ou ainda aquelas obtidas durante a visita a campo. Essas informações foram tratadas como complementares e receberam menor valor de confiança (valor 2). Pode ser acrescentado ainda que, via de regra, esses registros apontam a ocorrência de espécies de fácil identificação pela comunidade, normalmente relacionados às espécies migradoras e de importância para a pesca.

Por fim, a partir dos dados pontuais de ocorrência, foram feitas extrapolações das distribuições das espécies. Essas extrapolações pretendem identificar as áreas potenciais de ocorrência de espécies registradas na bacia e receberam o valor mais básico atribuído a espécie (valor 1).

A partir do mapeamento da distribuição de cada espécie vulnerável e, de acordo com a fonte de informação utilizada no mapeamento, os trechos do rio passaram a ser pontuados.

Os pontos foram atribuídos aos trechos de acordo com a fórmula:

$$V_t = V_s \times F_i$$

onde: V_t - valor atribuído ao trecho de rio
 V_s - fragilidade atribuída à espécie
 F_i - pontuação atribuída à fonte de informação

Após o processamento da relação entre a fragilidade da espécie e da fonte de informação responsável por sua espacialização, os valores finais foram escalonados em bytes.

Mapeamento das espécies segundo sua fragilidade

Para a efetiva construção dos mapas de distribuição das espécies adotou-se como pressuposto a inexistências de barreiras entre os pontos de ocorrência registrados. Dessa forma os pontos puderam ser conectados, representando a distribuição da espécie na bacia. Como cada espécie foi valorada segundo sua sensibilidade e a fonte de informação que registra a ocorrência da mesma foi ponderada, os segmentos de rio para uma mesma espécie resultam do produto entre os valores intrínsecos atribuídos à espécie e da ponderação atribuída a fonte de informação que originou o dado. O resultado numérico obtido corresponde ao indicador de fragilidade da espécie ao barramento naquele determinado trecho de rio.

Os pontos foram atribuídos aos trechos de acordo com a fórmula:

$$V_t = V_s \times F_i$$

onde: V_t - valor atribuído ao trecho de rio
 V_s - fragilidade atribuída à espécie
 F_i - pontuação atribuída à fonte de informação

Após o processamento da relação entre a fragilidade da espécie e da fonte de informação responsável por sua espacialização, os valores finais foram escalonados em bytes.

Nessa etapa do estudo foram identificadas 19 espécies indicadoras de fragilidade do meio aquático para as quais foi possível confeccionar mapas de distribuição (Tabela 5-23).

Tabela 5-23 Espécies e relação de fragilidade para a bacia do rio Uruguai

N.	Gênero/espécie	HÁBITO MIGRADOR	STATUS		ESPÉCIE SENSÍVEL	TOTAL
		G	CR	VU	10	0 – 10
		10	10	5	10	0 – 10
1	<i>Brycon orbignyanus</i>	10	10		10	7,5
2	<i>Leporinus amae</i>	10				2,5
3	<i>Leporinus lacustris</i>	10				2,5
4	<i>Leporinus obtusidens</i>	10				2,5
5	<i>Leporinus striatus</i>	10				2,5
6	<i>Leporinus sp.</i>	10				2,5
7	<i>Pimelodus maculatus</i>	10				2,5
8	<i>Prochilodus lineatus</i>	10				2,5
9	<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	10		5		3,8
10	<i>Pterodoras granulosus</i>	10			10	5,0
11	<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	10				2,5
12	<i>Rhinodoras dorbignyi</i>	10				2,5
13	<i>Salminus brasiliensis</i>	10		5		3,8
14	<i>Schizodon australis</i>	10				2,5
15	<i>Schizodon nasutus</i>	10				2,5
16	<i>Schizodon platae</i>	10				2,5
17	<i>Schizodon sp.</i>	10				2,5
18	<i>Sorubim lima</i>	10				2,5
19	<i>Steindachneridion scripta</i>	10				2,5

5.2.3.2 Variável Potencial de ocorrência de Espécies Endêmicas de Peixes

Fragilidades das zonas de endemismo do rio Uruguai

Devido à falta de estudos sistematizados na região sob análise e ao elevado número de espécies endêmicas conhecidas para a bacia do Uruguai, foi adotada uma classificação do rio de acordo com o seu potencial para conter espécies endêmicas. Essa classificação foi gerada a partir do conhecimento sobre a ocorrência de espécies endêmicas em cada zona. Dessa forma, foram definidas duas zonas de endemismo, sendo a primeira a zona do Médio Uruguai, que compreende a área da Barragem do Salto, na República do Uruguai, até o salto de Yucumã, junto ao Parque Estadual do Turvo. A segunda é denominada zona do Alto Uruguai e estende-se do salto de Yucumã até as cabeceiras da bacia. Cada zona foi valorada de acordo com seu potencial de endemismo (Figura 5-56).

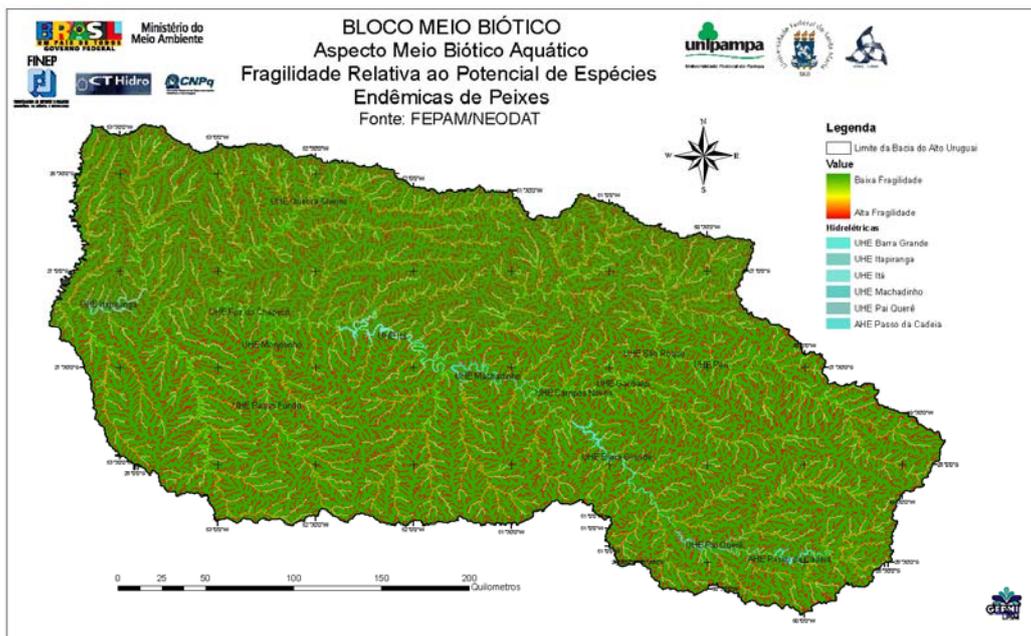


Figura 5-56 Mapa de Fragilidades Relativo ao Potencial de Espécies Endêmicas de Peixes

Porém, considerando que é nos tributários que o endemismo pode estar melhor representado, principalmente em consequência do isolamento geográfico dessas regiões causado por barreiras naturais (grandes quedas d’água, por exemplo), esses tributários também foram ordenados de acordo com seu potencial de endemismo. A ordenação dos trechos de rio seguiu o método proposto por Strahler (1952) e os pontos atribuídos a cada classe podem ser observados na Tabela 5-24.

Considerando que nessa primeira fase do trabalho apenas a calha principal do rio Uruguai e Pelotas contém a área de interesse de análise, as informações relacionadas aos endemismos não foram discriminantes de fragilidade eficientes. No entanto, é necessário observar que essa condição deve variar quando observadas as PCH inventariadas para os tributários do sistema.

Tabela 5-24 Pontuação atribuída às ordens de rio da bacia do Uruguai.

ORDEM	PONTOS
1ª	5
2ª	3
3ª	1
4ª	1
5ª	1
6ª	0
7ª	0

Assim a fragilidade das zonas de endemismo do rio Uruguai foi calculada como o produto da relação entre a zona de endemismo e a ordem de rio, como apresentado na fórmula:

$$Vze = ZE \times y$$

onde:

Vze - fragilidade da zona de endemismo

ZE - pontuação da zona de endemismo

y - pontuação atribuída à ordem de rio

5.2.3.3 Análise Parcial dos Resultados

Nessa primeira etapa, a delimitação da área de interesse na calha principal do rio Uruguai/Pelotas retirou poder de discriminação da variável zonas de endemismo, tendo em vista que os empreendimentos de interesse estão concentrados na calha principal dos rios, onde a probabilidade de ocorrência de espécies endêmicas é menor.

Por outro lado, concentrou importância nos dados relacionados às espécies de piracema. Essas mostraram sua importância como descritores de fragilidade do sistema. As fontes de dados consultadas viabilizaram a confecção de mapa de distribuição de 19 espécies de peixes. Dentre elas, as características da história de vida da bracanjua (*Brycon orbignyanus*) a tornam uma espécie extremamente frágil às alterações ambientais já ocorridas na região (cenário atual) e a condenam ao desaparecimento nas áreas dos reservatórios de UHEs implantadas, bem como nos trechos de rio que restaram entre essas barragens. Além disso, as alternativas propostas (UHEs Itapiranga e Pai Querê e a AHE Passo da Cadeia), estudadas nessa fase da análise, através da formação de seus reservatórios e pelo tamanho dos fragmentos remanescentes de rios livres, identificados nas simulações, condenam a espécie ao mesmo destino. A única alternativa de manutenção da espécie pode se configurar na exclusão da UHE Itapiranga, caso o Complexo Garabi seja instalado ou a manutenção do segmento do rio Pelotas a montante da UHE Barra Grande no cenário atual. Porém, mesmo viabilizadas uma ou as duas alternativas citadas, a efetiva conservação de populações viáveis dessa espécie demanda ainda esforços no sentido de cobrir as lacunas existentes devido à carência de informações relacionadas à sua biologia, comportamento reprodutivo, genética e movimentação reprodutiva.

A segunda fase do estudo possibilitará a extensão da busca por fontes de informação e também ampliar a janela de análise. Dessa forma, o poder de discriminação das espécies endêmicas, bem como as áreas de endemismo serão melhor balanceados com as espécies migradoras, o que conferirá ao estudo um poder discriminante maior e gerar variações de cenários importantes para a análise da sensibilidade das variáveis.

A análise dos peixes de piracema, efetuada para o rio principal, resulta em uma maior riqueza destas espécies para o trecho situado à jusante da UHE Foz do Chapecó, no trecho interligado com o Uruguai Médio, e menor, relativamente, no trecho situado à montante da UHE Barra Grande. Este fato está de acordo com o isolamento existente neste trecho próximo às cabeceiras, em relação ao maior habitat e estoque destas espécies situados no trecho oeste, causado pela cascata de UHEs de Itá, Machadinho e Barra Grande. Também, esta menor importância do trecho para os grandes migradores, está relacionada ao menor porte dos rios desta região (menor área de contribuição).

Considerando-se o cenário atual, ainda há condições de manutenção de uma população viável de algumas espécies de peixes de piracema à montante da UHE Barra

Grande. No entanto, com a implantação das UHEs previstas, essa possibilidade é extinta.

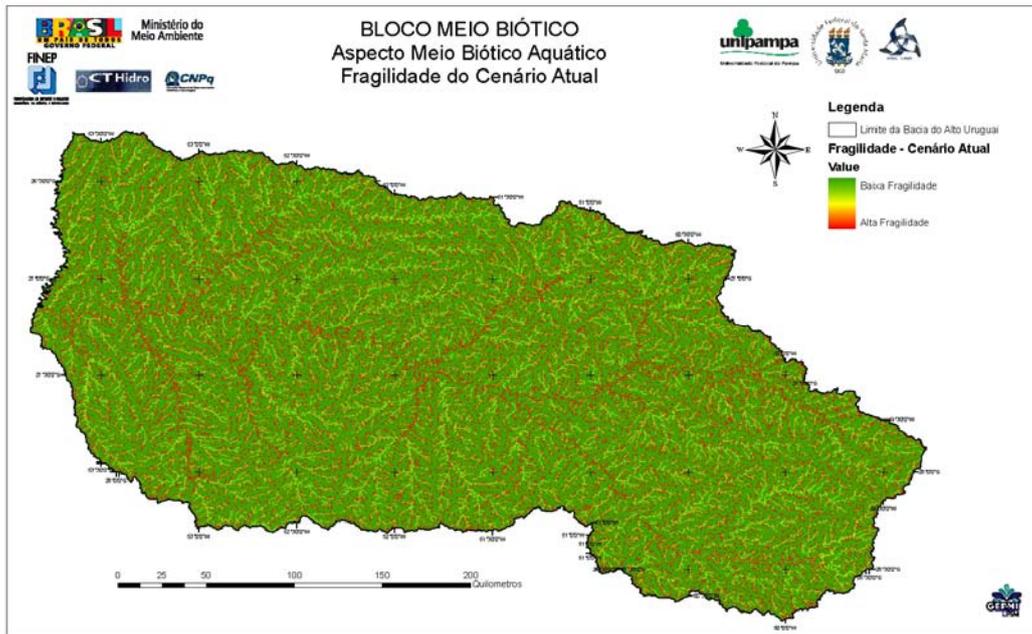


Figura 5-57 Aspecto Meio Biótico Aquático. Fragilidades do Cenário Atual

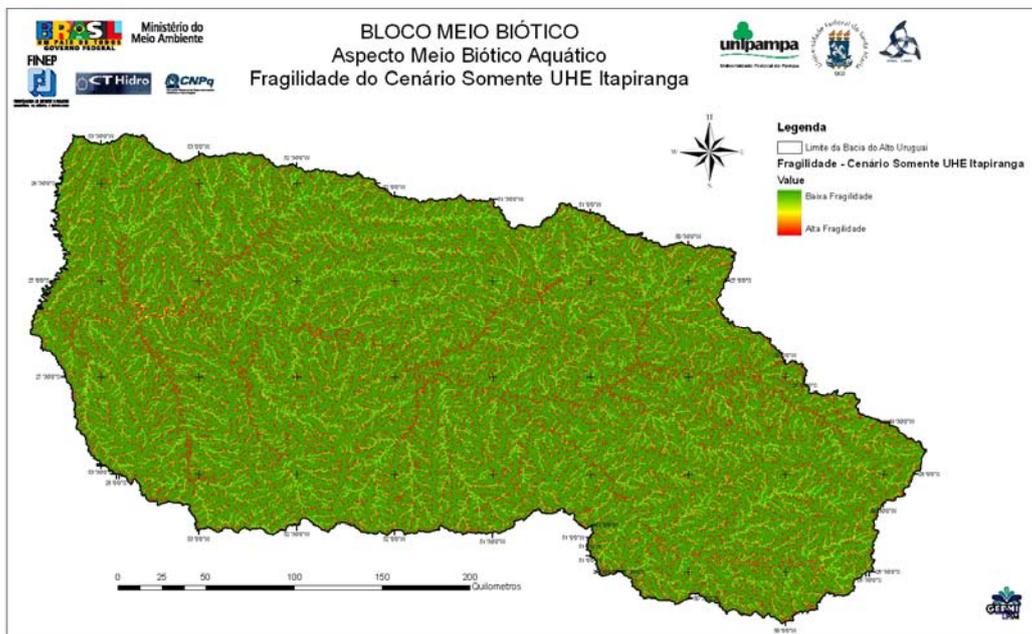


Figura 5-58 Aspecto Meio Biótico Aquático. Fragilidades do Cenário Somente Itaipiranga

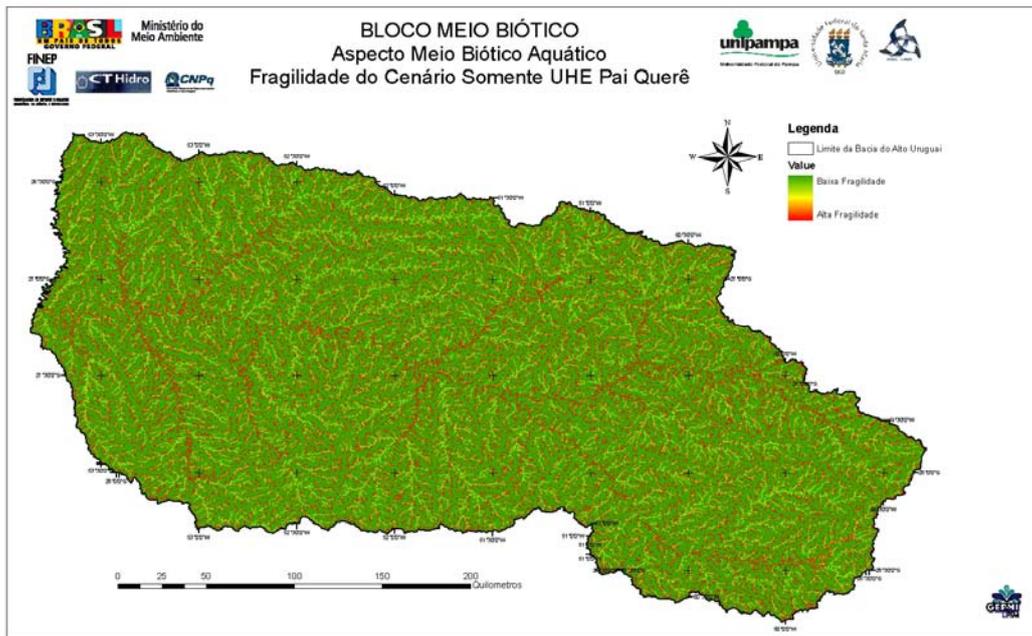


Figura 5-59 Aspecto Meio Biótico Aquático. Fragilidades do Cenário Somente Pai Querê

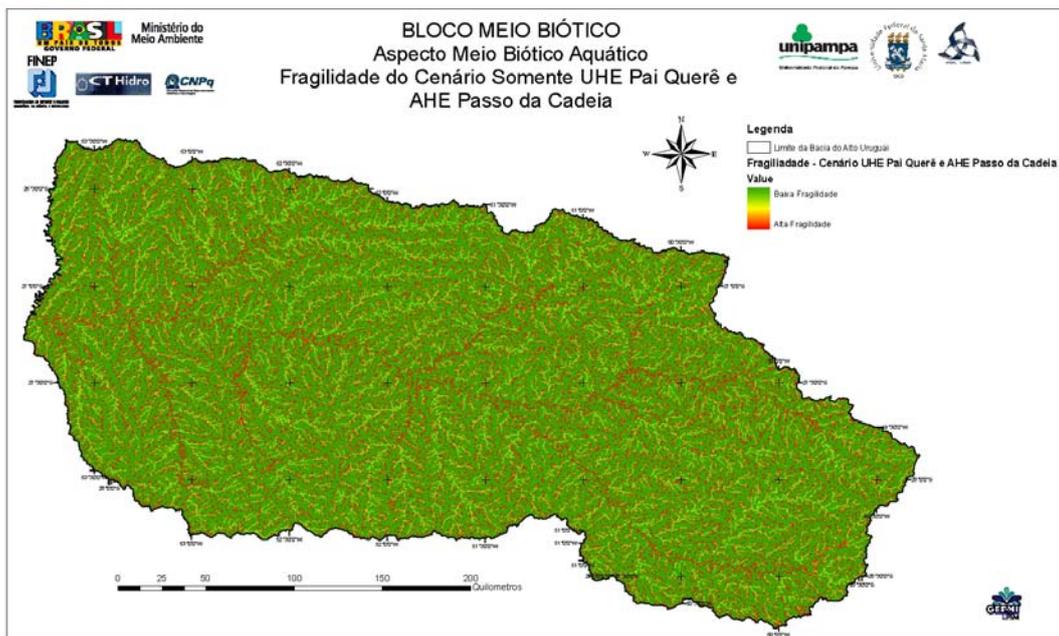


Figura 5-60 Aspecto Meio Biótico Aquático. Fragilidades do Cenário Somente Pai Querê e Passo da Cadeia

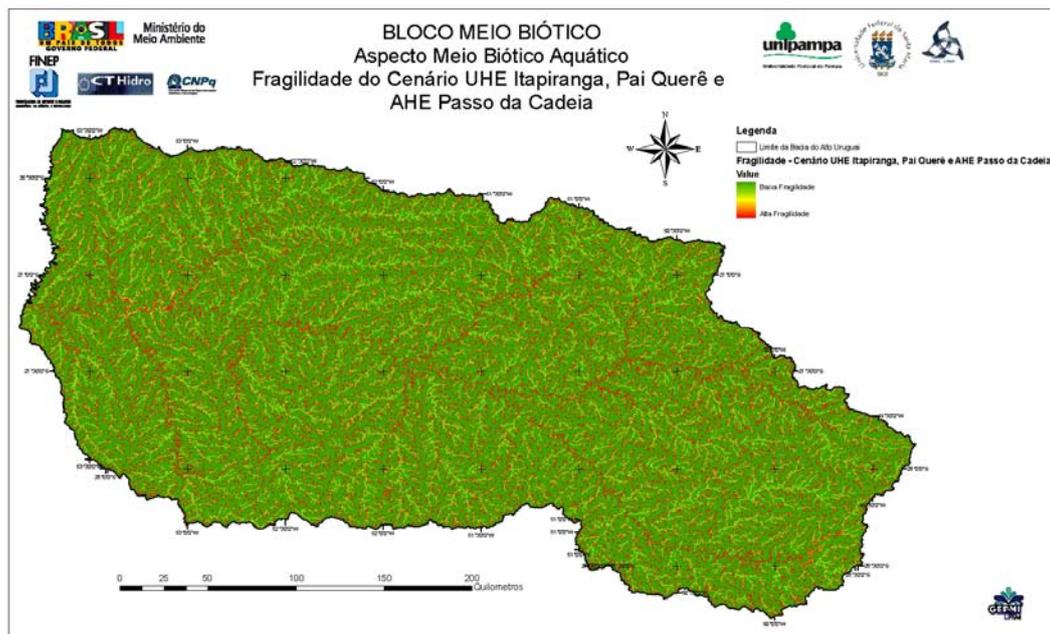


Figura 5-61 Aspecto Meio Biótico Aquático. Fragilidades do Cenário Itaipiranga, Pai Querê e Passo da Cadeia

5.2.4 Restrição Unidades de Conservação de proteção integral / Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica

Os mapas de restrições são expressos em zeros e uns, ou seja, representam mapas que permitem a realização de operações booleanas. Ao multiplicar qualquer mapa por um mapa booleano, este recorta a área de acordo com os limites entre zeros e uns. As áreas que possuem atributo 1 não alteram o valor do outro mapa, enquanto as áreas que possuem atributo zero alteram o valor, zerando todas as células correspondentes do outro mapa. Funciona como um mapa de recorte. Neste caso, algumas variáveis, que representam impossibilidades legais, foram expressas deste modo. Em áreas de restrição total, foi utilizado o valor zero, nas demais, um. Deste modo, os mapas de restrições, independentemente dos valores das outras variáveis, alteram os seus valores para zero nas regiões de restrição total.

As variáveis utilizadas como restrições foram as Unidades de Conservação de Proteção Integral e a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

5.2.4.1 Variável Localização e identificação das UC de proteção integral

O mapa da variável localização e identificação das UC de proteção integral foi obtido a partir da seleção por atributos das feições presentes no mapa de revisão das Unidades de Conservação do MMA (2006), considerando-se somente as UCs de Proteção Integral. As feições selecionadas foram exportadas para um arquivo vetorial de UCs de Proteção Integral, sendo, então, atribuídos os valores de zero para a área interior aos polígonos e de um para a área exterior aos polígonos.

5.2.4.2 Variável Localização e identificação da Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica

O mapa da variável Localização e identificação da Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica foi obtido a partir da seleção por atributos das feições presentes no mapa da RBMA (CN-RBMA, 2002). O mapa utilizado foi o da Fase V, pois já foi homologado pela UNESCO e fundamenta o tombamento da Zona Núcleo no Estado do Rio Grande do Sul.

5.2.4.3 Análise Parcial dos Resultados

As Figuras 5-62 e 5-63 apresentam, respectivamente, os mapas de restrições, considerando-se a presença da Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição e sem a mesma.

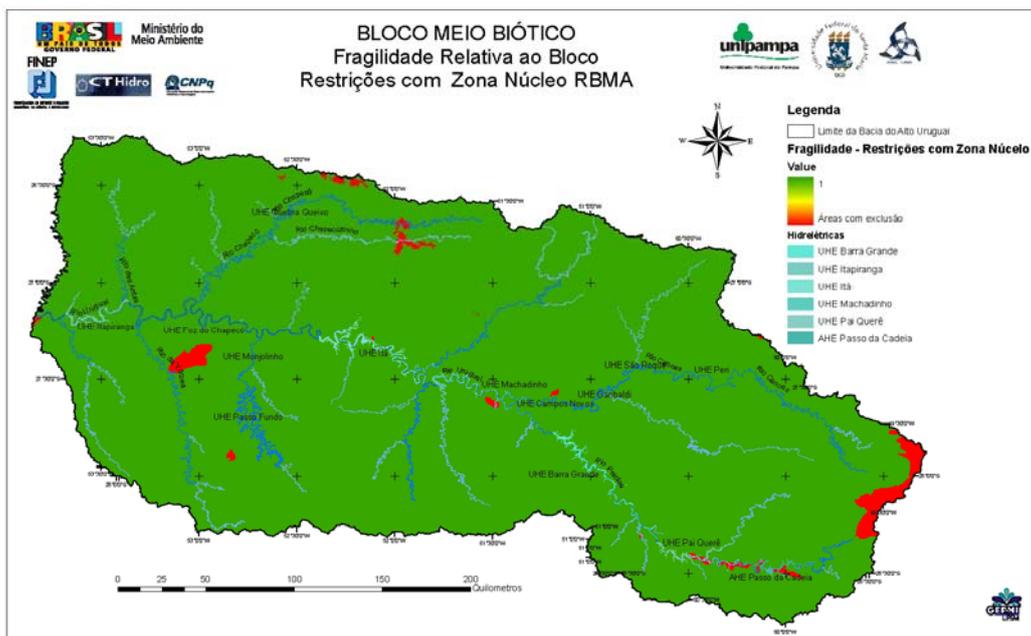


Figura 5-62 Mapa de Restrições do Meio Biótico, incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica

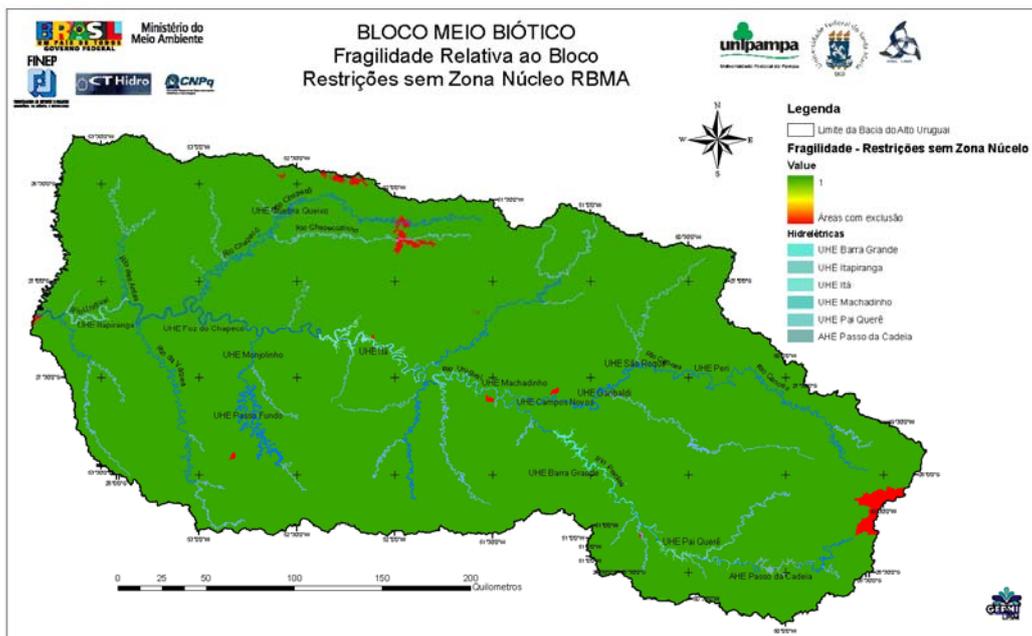


Figura 5-63 Mapa de Restrições do Meio Biótico, não incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica

A opção por incluir ou não a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, tombada no Rio Grande do Sul, está fora do escopo deste trabalho. Deste modo, foram gerados modelos considerando as duas situações.

Observa-se que, na ausência desta inclusão, não há restrição agindo sobre os trechos que são objeto desta etapa do estudo. Nem no trecho à montante da UHE Barra Grande, nem à jusante da UHE Foz do Chapecó (com exceção da ponta extrema oeste, onde interfere com o Parque Estadual do Turvo) existe restrição significativa. No caso do Parque Estadual do Turvo, a UHE Itapiranga, proposta para o trecho, não se sobrepõe aos limites do Parque. Ressalva deve ser efetuada de que esta variável não leva em conta os efeitos que possam afetar o Parque em função da alteração hidrológica (regime de pulsos) e da conectividade para a sua fauna aquática.

Já quando a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica é incluída, ela inviabiliza as UHEs Pai Querê e Passo da Cadeia, uma vez que seus lagos possuem sobreposição altamente significativa com a mesma.

5.2.5 Resultados do Bloco Meio Biótico

As Figuras 5-64 a 5-68 apresentam os resultados das fragilidades do bloco do meio biótico, desconsiderando as restrições. Estas, como multiplicam todos os blocos da mesma forma, terão seus efeitos avaliados no capítulo da análise integrada. Deste modo, pode-se avaliar o comportamento das fragilidades do bloco inclusive nas áreas de Unidades de Conservação de Proteção Integral e na Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

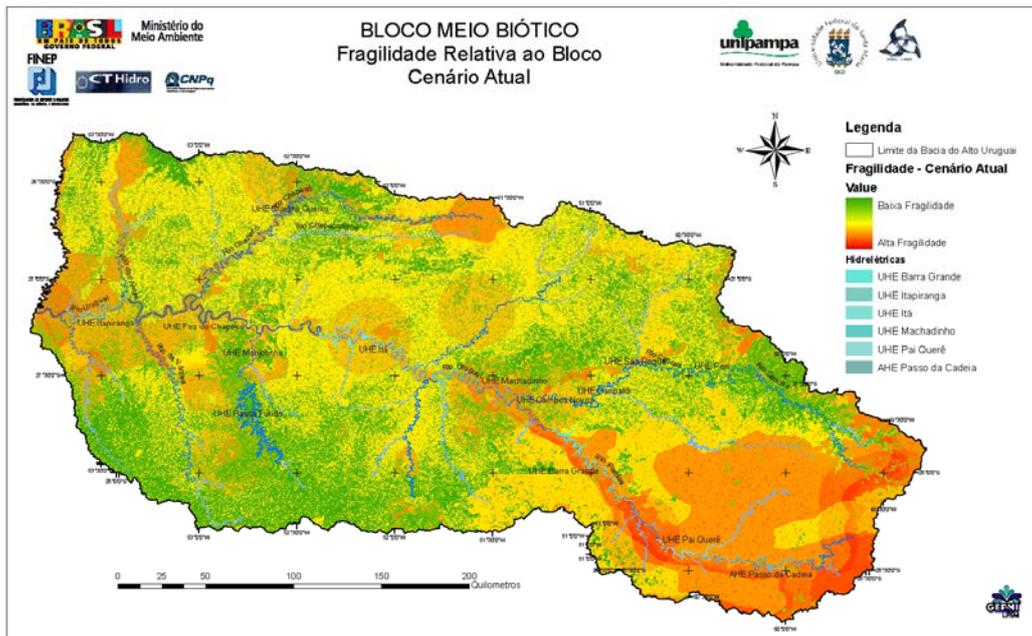


Figura 5-64 Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco Meio Biótico, Cenário Atual

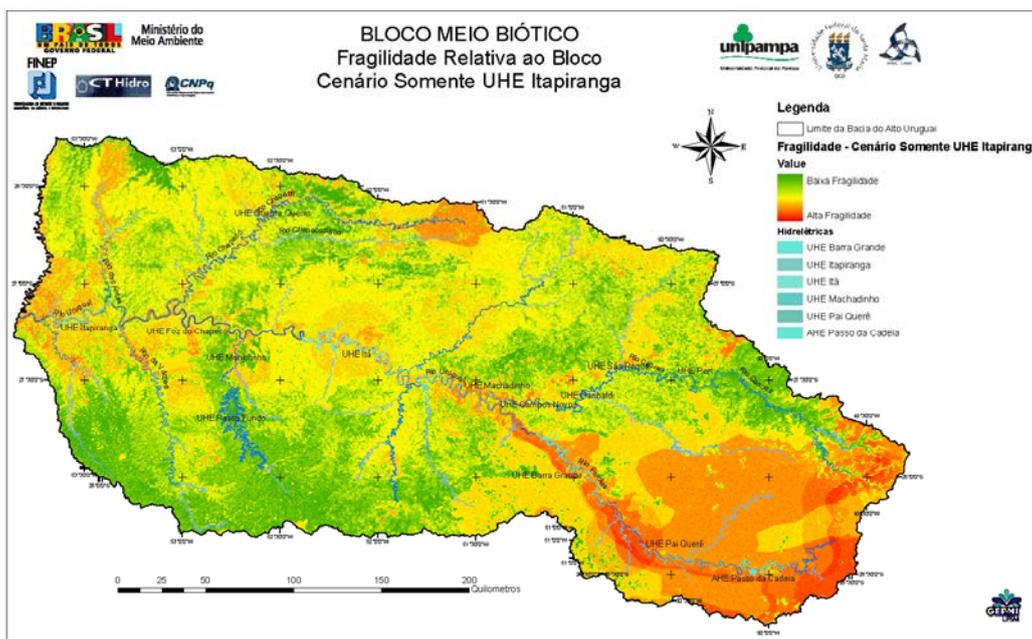


Figura 5-65 Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco Meio Biótico, Cenário Somente UHE Itapiranga

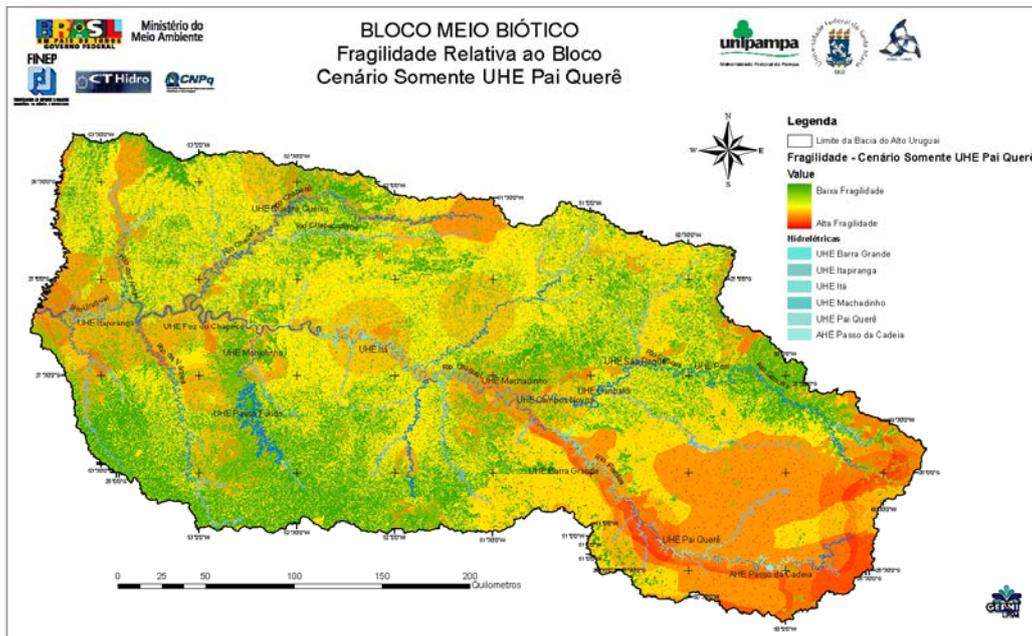


Figura 5-66 Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco Meio Biótico, Cenário Somente UHE Pai Querê

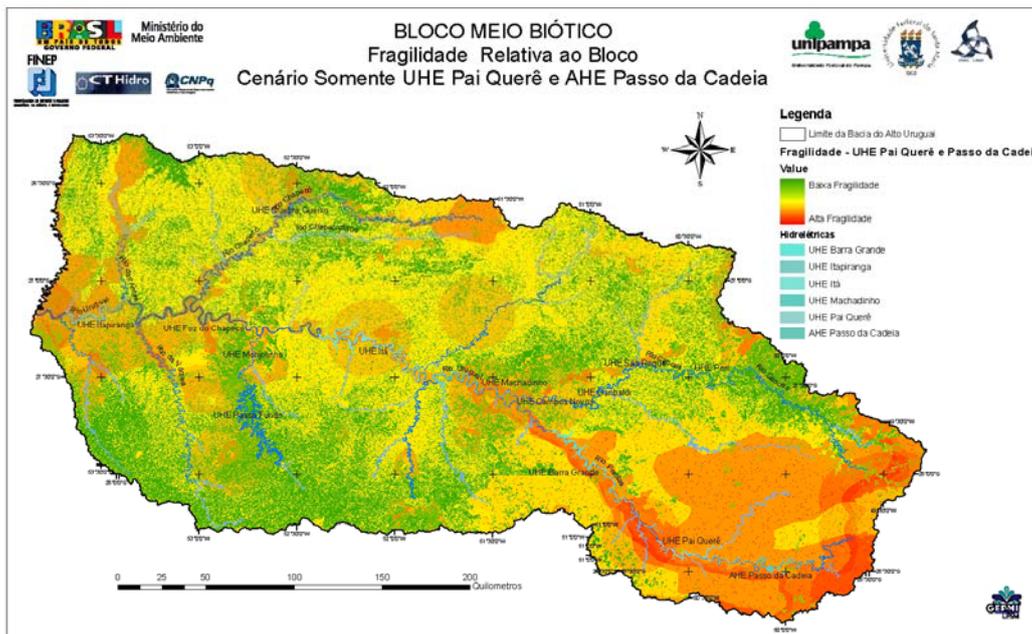


Figura 5-67 Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco Meio Biótico, Cenário Somente UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia

A história de ocupação condicionou o meio biótico. Do ponto de vista da vegetação, observa-se que a mesma apresenta-se mais conservada e conectada na região leste, onde as vertentes íngremes tornaram a sua ocupação mais difícil. A vegetação florestal está bastante preservada, contínua, densa, com uma boa regeneração e sem apresentar espécies invasoras. Observou-se, no trecho visitado, abundância de Xaxim (espécie imune ao corte no Rio Grande do Sul) na área de influência do reservatório de Pai Querê. Esta conectividade associada aos remanescentes significativos de florestas ainda existentes e aos campos nativos de baixa intensidade de exploração, permite a ocorrência de espécies de topo de cadeia que se encontram ameaçadas de extinção, como o Puma, por exemplo.

Por outro lado, se a geomorfologia possibilitou a preservação de corredores e remanescentes florestais, do ponto de vista da conectividade para as espécies aquáticas trouxe duas consequências associadas à abundância de barreiras naturais representadas por quedas d'água: a) isolamento de populações à montante das quedas, em especial em riachos de pequena ordem, favorecendo a ocorrência de espécies endêmicas e b) localização das áreas disponíveis para grandes e médios peixes migradores restritas aos cursos de maior ordem, em geral restritos ao rio principal. Como o rio principal já está fragmentado pelas UHEs Itá, Machadinho, Barra Grande e Campos Novos, pouco resta de rio principal para manter populações de peixes migradores. Caso estes ocorram no trecho do rio Pelotas à montante do reservatório de Barra Grande, qualquer fragmentação deste trecho remanescente poderá levar esta possível população à extinção local. De qualquer modo, um risco mais significativo pode estar associado à fragmentação de trechos de pequena ordem por PCHs, dada a alta probabilidade de ocorrência de espécies endêmicas nestes trechos, o que será abordado na segunda etapa deste projeto.

Já na região oeste, a vegetação apresenta-se fragmentada, ocorrendo um decréscimo não apenas nas dimensões da mata ciliar, mas a sua substituição por outras formações florestais de menor qualidade em termos de diversidade. Neste trecho, o grau de antropização é o maior, observando-se vários tipos de lavouras junto à área de preservação permanente do rio. Destaca-se a lavoura de fumo com uma grande predominância em alguns trechos, de ambos os lados da estrada, o que é preocupante para a qualidade da água do rio Uruguai, dada a grande quantidade de produtos químicos utilizados na mesma. A criação de porcos é característica da região há mais tempo, porém o grau de antropização ao longo do rio já está transformando a mata ciliar, outrora com uma boa diversidade, como se viu em Passo da Cadeia, em uma formação com forte dominância da Uva-do-Japão (*Hovenia dulcis*). Esta espécie exótica e invasora possui grande efeito alelopático para outras espécies, mesmo nativas.

A baixa conectividade dos corredores ecológicos, associada à pouca área de remanescentes significativos, resultou no confinamento dos grandes predadores e pastadores de grande porte, como a onça e a anta, ao Parque Estadual do Turvo, onde ocorrem, apesar da área relativamente pequena para as suas necessidades de habitat, devido à grande presença de floresta remanescente do outro lado da fronteira com a Argentina. A grande densidade de ocupação, associada ao uso intensivo da terra, cria grandes dificuldades para projetos de restauração de corredores ecológicos e de formação de áreas protegidas com área suficiente para preservar a diversidade da fauna florestal.

Na região oeste, temos um sistema onde também ocorrem possibilidades de endemismos causados por fragmentação natural dos rios de pequena ordem, mas esta probabilidade é inferior ao trecho leste uma vez que a energia do relevo nesta região é

bem menor que naquela outra. Os degraus são mais suaves, o aprofundamento dos vales é bem menor, resultando que os trechos de rios de maior ordem, afluentes ao rio principal, são de grande comprimento, como os rios da Várzea, Passo Fundo, por exemplo. Até Foz do Chapecó o Uruguai permanece conectado, sem fragmentação, desde a Represa de Salto Grande na fronteira entre o Uruguai e a Argentina, à jusante do trecho contido na divisa brasileira com a Argentina.

Dos afluentes do Alto Uruguai, à montante do Parque Estadual do Turvo e da fronteira com a Argentina (confluência do Peperi-Guaçú), somente os rios da Várzea (somente possui represamento próximo às nascentes, uma PCH próxima de Carazinho – Mata-Cobra) e Chapecó (que possui no seu trecho de montante a UHE Quebra-Queixo) ainda possuem um grande trecho conectado ao rio principal. No entanto, já existem em andamento processos de licenciamento nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul para a implantação de PCHs nestes rios, o que lhe impõe uma alta fragmentação. Em geral, os processos novos de licenciamento de PCHs, propõem a implantação de um sistema de transposição de peixes. No entanto, é preciso que seja garantida a sua real eficiência através de medidas de controle e adaptação para que seja atingida a mitigação proposta.

De acordo com Ângelo Agostinho (comunicação pessoal), os peixes migradores da bacia do Paraná cumprem o seu ciclo de desenvolvimento em deriva com as correntes. Informou que os peixes reproduzem em trechos fragmentados, mas que a fase crítica não é a da desova. Existe uma grande incerteza associada à capacidade dos peixes cumprirem todo o seu desenvolvimento unicamente no leito principal. É possível que os juvenis, tendo desenvolvido na deriva, necessitem de locais nos trechos de rios situados em planície, com presença de lagos marginais temporários como zonas de abrigo. Neste caso, existe o risco de que a construção do Complexo Garabi, ao isolar as populações do Planalto do trecho médio do rio Uruguai, onde ocorrem rios de planície, acabe por inviabilizar o sucesso do recrutamento.

Os demais já pertencem às áreas de captação laterais das UHEs que seguem de Foz do Chapecó até Barra Grande. Observa-se, portanto, que as obras previstas para este trecho (UHEs Itapiranga), apresentam um potencial impacto de fragmentação muito grande, pois isolam os rios da Várzea e Chapecó do restante do sistema do Médio Uruguai.

Do ponto de vista da análise de fragmentação dos rios, as fragilidades referem-se mais aos endemismos em trechos de pequena ordem na região leste e, se confirmada a presença de migradores de grandes distâncias acima da UHE Barra Grande, a calha principal do rio Pelotas merece atenção quanto ao seu papel na manutenção dessas populações, o que reforça a proposta de criação da RVS do rio Pelotas.

Em relação à região oeste, a rede formada pelo rio da Várzea, conectada pelo Uruguai ao Chapecó, é fundamental para a manutenção de populações de peixes migradores e de seus estoques viáveis para a subsistência das comunidades que exploram esse recurso na região.

5.3 Bloco Meio Antrópico

O Quadro 5-7, abaixo, apresenta os aspectos e variáveis selecionados para indicar o estado dos padrões e processos que afetam a fragilidade do ambiente antrópico.

Quadro 5-7 Aspectos componentes do Bloco do Meio Antrópico

Aspecto	Variável (s) associada (s) Fatores (notas de 1, alta fragilidade, a 255, baixa fragilidade)	Importância
População rural deslocada	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Índice fundiário (ponderado pela declividade); ▪ Áreas de encostas nas margens dos rios. 	Avaliação da população rural afetada, da disponibilidade de terras para realocação e da pressão sobre os recursos naturais devida ao movimento populacional
Influência sobre povos indígenas quilombolas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terras indígenas e terras quilombolas. 	Preservação da diversidade sócio-cultural
Influências sobre Populações de pescadores profissionais artesanais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Número de pescadores acumulados nos trechos contínuos de rios registrados na SEAP. 	Avaliação do risco de perda de fonte de renda (redução dos estoques x esforço de pesca)
Patrimônio Cultural	<ul style="list-style-type: none"> ▪ rota dos tropeiros; ▪ sítios arqueológicos (cadastrados no IPHAN). 	Preservação da memória e dos costumes relacionados ao tropeirismo e do patrimônio arqueológico I
Áreas urbanas ou urbanizadas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distâncias em relação às áreas urbanas. 	Interferência com populações e infra-estruturas concentradas espacialmente
Infraestrutura e ordenamento espacial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estradas e ferrovias; ▪ Proximidade e cruzamento com a rede fluvial. 	Avaliação da interferência com as relações de vizinhança e sobre a infraestrutura

5.3.1 Aspecto População Rural Deslocada

O aspecto População Rural Deslocada avalia a fragilidade ambiental considerando a movimentação da população e a ocorrência de transformações nas relações econômicas e vínculos sociais.

Com base na literatura especializada, adota-se como referência para este trabalho um conceito de deslocamento em duas dimensões: o deslocamento físico, que é a mudança ou perda de abrigo; e o deslocamento econômico, entendido como a perda de bens ou de acesso a bens, determinando a perda de fontes de renda ou meios de sobrevivência (IFC, 2007).

Neste sentido, a População Rural Deslocada refere-se ao deslocamento físico e econômico acima descrito, o qual sinaliza profundas alterações que podem afetar o indivíduo, a família e o grupo social. A fragmentação é aqui entendida como a mudança de intensidade e/ou a ruptura de relações, repercutindo nas diferenças esferas da vida

social. Um dos problemas fundamentais que ela suscita diz respeito à disponibilidade de terras e outros recursos para os reassentamentos de populações deslocadas por barragens.

A Figura 5-69 apresenta o fluxograma para obtenção do mapa de fragilidades referente a este aspecto.

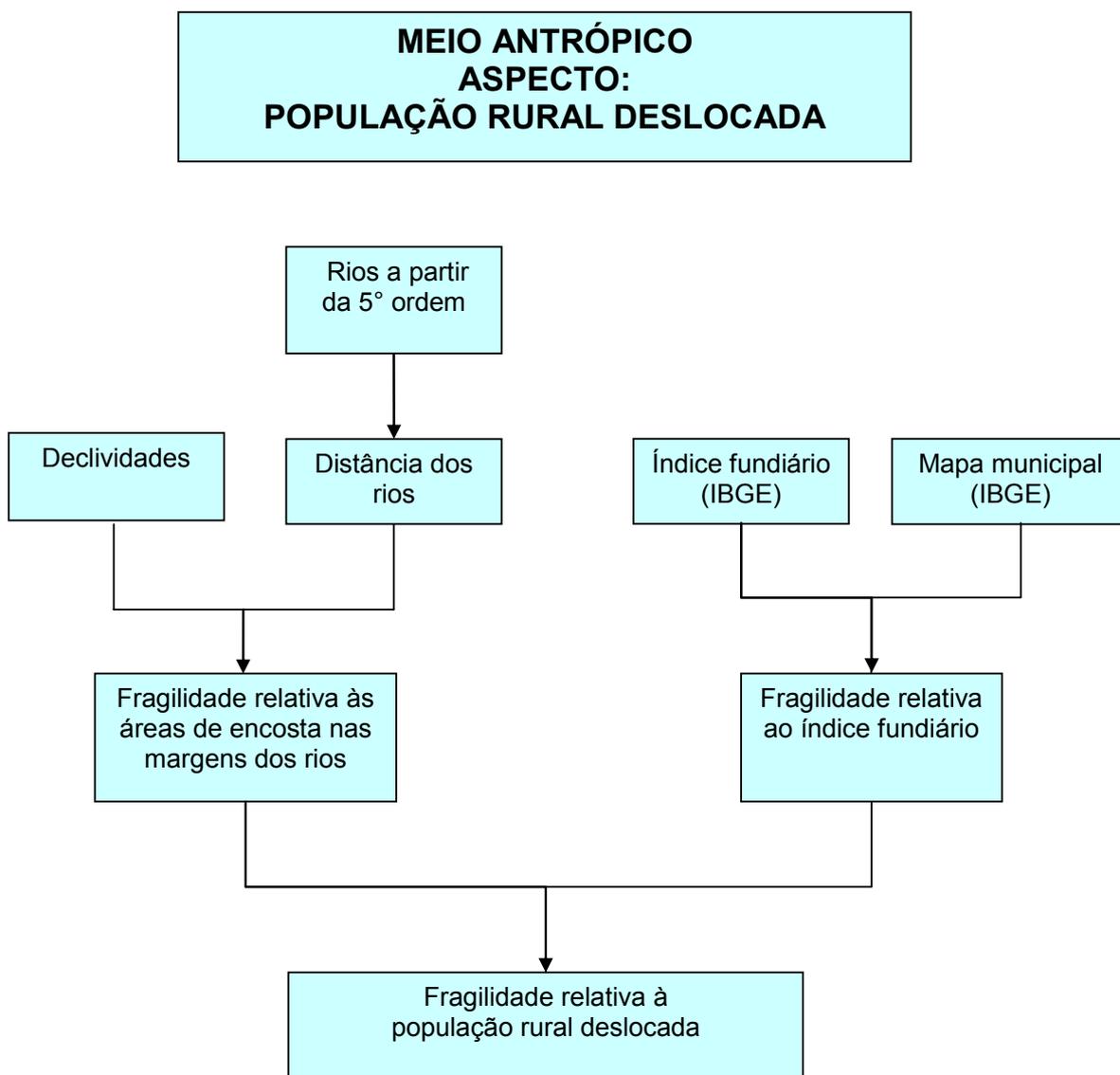


Figura 1-5-69 Fluxograma do Aspecto População Rural Deslocada

5.3.1.1 Variável Índice Fundiário Ponderado pela Declividade

A Variável Índice Fundiária foi proposta no estudo sobre a análise de fragilidades ambientais da bacia 75 (Ijuí, Icamapuã, Piratinim e Butuí) (FEPAM/UFRGS, 2004).

O índice busca refletir, de forma agregada, dois processos principais: o grau de sustentabilidade de uso da terra e a disponibilidade de terras para realocação populacional.

O índice está relacionado com o grau de sustentabilidade de uso da terra porque relaciona, para cada município, o grau de minifundização. Quanto maior o percentual de estabelecimentos rurais que exploram uma área menor que o módulo fiscal (definido pelo INCRA como uma unidade territorial que permite a exploração sustentável para uma família), maior a intensidade de exploração dos recursos naturais, o que diminui a sustentabilidade, desgasta o patrimônio e gera uma curva descendente de produtividade. A tendência é, portanto, de aumento progressivo da pressão sobre os recursos para a obtenção da mesma renda.

Por outro lado, o índice também avalia a disponibilidade de terras para desapropriação, voltada para o reassentamento de populações deslocadas pelos empreendimentos. Quanto maior o percentual de áreas de minifúndios, menor a probabilidade de serem encontradas áreas disponíveis para reassentamento próximo do local de origem.

O Índice de Pressão Fundiária sobre os Recursos Naturais (IPFRN) foi calculado para cada município da seguinte forma (FEPAM/UFMS, 2005):

1. Identificou-se qual a classe de tamanho de propriedade que contém o módulo fiscal (MOD) nos dados de área total por tamanho de propriedade.
2. Para cada município, somou-se a área de todas as classes de tamanho menores que a classe que contém o módulo fiscal (<MOD).
3. Procedeu-se de modo similar para as classes maiores (>MOD) que a classe que contém o módulo fiscal.
4. Obteve-se a área rural total do município somando-se a área de todas as classes.
5. Calcularam-se os valores relativos de <MOD, MOD e >MOD, dividindo-os pela área rural total, obtendo-se P<MOD, P=MOD e P>MOD.
6. Estabeleceram-se pesos para a proporção de área dos municípios contidas em P<MOD, P=MOD e P>MOD. Os pesos utilizados estão na Tabela 5-25.

Tabela 5-25 Pesos para proporção de área dos municípios

P<MOD	P=MOD	P>MOD
0,6	0,3	0,1

Assim,

$$\text{IPFRN} = (\text{P}<\text{MOD} * 0,6) + (\text{P}=\text{MOD} * 0,3) + (\text{P}>\text{MOD} * 0,1)$$

A espacialização foi feita atribuindo-se o IPFRN para a malha municipal. Para padronização, os valores foram re-escalados para valores de fragilidade (0 para muito alta fragilidade; 255 para muito baixa fragilidade).

5.3.1.2 Variável Áreas de Encostas nas Margens dos Rios e Declividade

Durante as expedições a campo, a equipe técnica verificou que a realidade fundiária não era homogênea ao longo dos municípios, mas variava de acordo com a posição relativa dos estabelecimentos em relação às encostas e vales de rios. Observou-se que os estabelecimentos situados no topo do planalto, em regiões de declividade mais favorável, tendiam a uma exploração mais tecnificada, com uso de procedimentos de conservação do solo, como prática do plantio direto sobre palha. Já nas encostas e

fundos de vales, observou-se uma exploração menos tecnicizada, com predomínio de práticas insustentáveis, como o plantio convencional em áreas de declividades altas. Deste modo, o índice fundiário foi corrigido para este aspecto, criando-se uma variável que determine um maior peso para as áreas de encostas próximas dos rios (áreas impactadas mais intensamente pela formação dos reservatórios). Para tal, foram criadas, com base em observação direta de padrões no Modelo Numérico de Terreno, faixas no entorno das drenagens superiores à quinta ordem. As faixas foram de (Tabela 5-26):

Tabela 5-26 Entorno da drenagem em função da ordem

Ordem do rio	Largura da faixa (km)
Quinta	1
Sexta	3
Sétima	5

Para ponderar os valores referentes ao índice fundiário, considerou-se que a fragilidade seria aproximadamente cinco vezes maior nas encostas do que nas áreas de interflúvios (mais planas e mais distantes). Deste modo, atribuiu-se uma fragilidade de 50 (alta) para as áreas situadas no interior das faixas e de 255 (baixa) para as áreas exteriores às faixas.

Como a fragilidade é dependente da declividade (áreas mais íngremes são mais frágeis), ou seja, se temos dois lotes situados em área ribeirinha, situados na mesma distância do rio e de mesmo tamanho, será mais frágil o lote situado na área mais declivosa. Do ponto de vista da capacidade de geração de renda sustentável para uma família de produtores rurais, as áreas com maior declividade apresentam maior restrição de capacidade de usos. Isto resulta em menor quantidade de alternativas produtivas para uma eventual redução de área, ou seja, quanto maior for declive, menor será a possibilidade de compensação da redução de área por uma intensificação do uso da terra, o que implica em maior fragilidade do meio sócio-econômico. Foi ponderado o mapa das áreas de encosta pelo mapa de fragilidades da declividade (mesmo utilizado para o ambiente físico – solos). O mapa da variável é resultante da soma ponderada dos dois mapas, utilizando-se pesos de 0,5 para os dois.

5.3.1.3 Análise Parcial dos Resultados

A soma ponderada dos mapas de fragilidades da Variável Índice Fundiário com a Variável Áreas de Encostas nas Margens dos Rios e Declividade, considerando-se pesos iguais, resultou no mapa de fragilidades do Aspecto População Rural Deslocada apresentado na Figura 5-70.

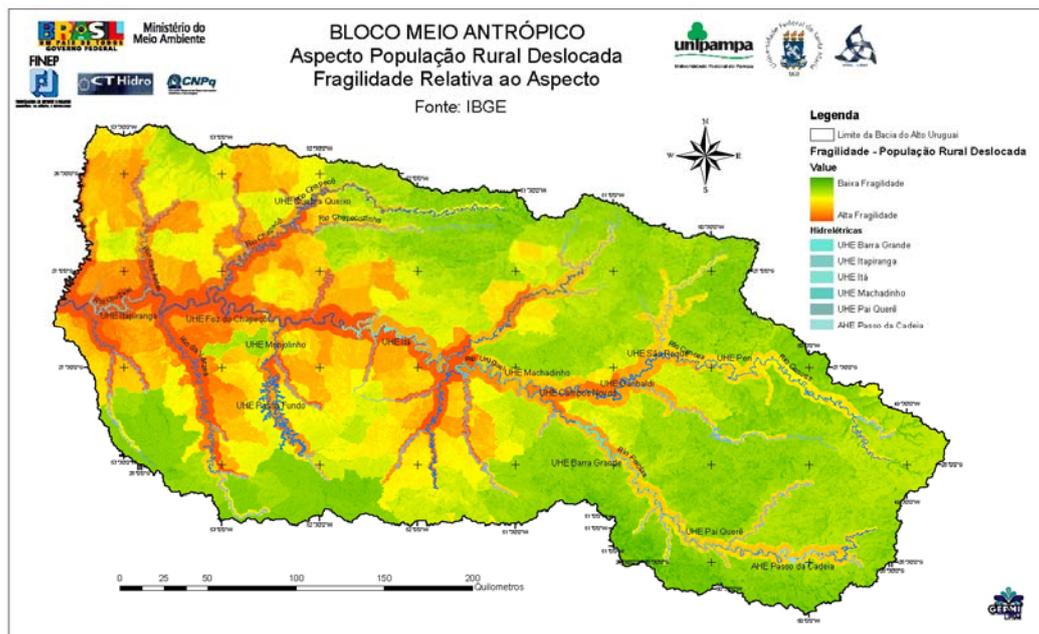


Figura 5-70 Mapa de Fragilidades relativo ao aspecto população rural deslocada

Observa-se que as maiores fragilidades se dão nos vales formados por rios de maior ordem, situados na parte oeste da bacia. Como estas áreas são, também, as mais densamente ocupadas, acabam por causar uma maior probabilidade de deslocamentos populacionais em função da implantação de reservatórios. Nesta parte oeste da bacia, onde está o trecho de interesse do rio Uruguai, situado à jusante da UHE Foz do Chapecó, os vales são mais largos, propiciando a implantação de assentamentos e estabelecimentos rurais de forma intensiva nos vales situados nas margens dos grandes rios. Aqui, o deslocamento da população pode potencialmente gerar conflitos fundiários, ampliar restrições de uso e ocupação do solo, desagregar estruturas e sistemas produtivos consolidados, não assegurando os padrões e condições de vida existentes e conduzindo ao empobrecimento da população afetada.

Já no trecho situado à montante da UHE Barra Grande, no rio Pelotas, as fragilidades são menores, relacionadas aos vales em V, mais estreitos, com pouca disponibilidade de terras menos declivosas nas margens dos rios que possibilitem uma ocupação intensiva. Naquela região, como verificado nas expedições de reconhecimento, os assentamentos urbanos estão situados nos Campos de Cima da Serra, distantes do rio principal, além de ter uma estrutura fundiária herdeira de uma ocupação da terra por concessão de sesmarias, fornecendo uma matriz de baixa densidade de ocupação. Ao contrário, na parte oeste, a disponibilidade de terras nas margens, associada ao acesso representado pelo rio, favoreceu a implantação de um sistema colonial de ocupação da terra, criando-se uma matriz fundiária baseada em propriedades pequenas, com estabelecimentos explorados predominantemente por mão de obra familiar.

O resultado para este aspecto demonstra uma maior fragilidade para o trecho situado à jusante da UHE Foz do Chapecó, no rio Uruguai, e menor para o trecho situado à montante da UHE Barra Grande, no rio Pelotas.

5.3.2 Aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas

O direito dos povos indígenas e das comunidades de quilombos à diferença cultural e às terras e territórios tradicionais por eles ocupados é assegurado pela Constituição Federal, notadamente nos termos dos artigos 215, 231 e 68 do ADCT, e pela Convenção 169 da Organização Internacional do Trabalho - OIT sobre Povos Indígenas e Tribais.

A construção do indicador “Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas” procurou observar os preceitos legais e envolveu para tanto a espacialização de dados de origens diferentes, com precisão variada. Deste modo, deve ser entendido como um indicador, não como um inventário. Mapas de terras indígenas foram obtidos junto à FUNAI (2008) e MMA (2006). Dados sobre população indígena e comunidades quilombolas foram obtidos como cadastros com base municipal. Neste caso, a espacialização se deu em cima da malha municipal do IBGE, utilizando-se dados da Fundação Palmares, FUNASA e ONGs.

A Figura 5-71 apresenta o fluxograma para construção do mapa de fragilidades do aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas.

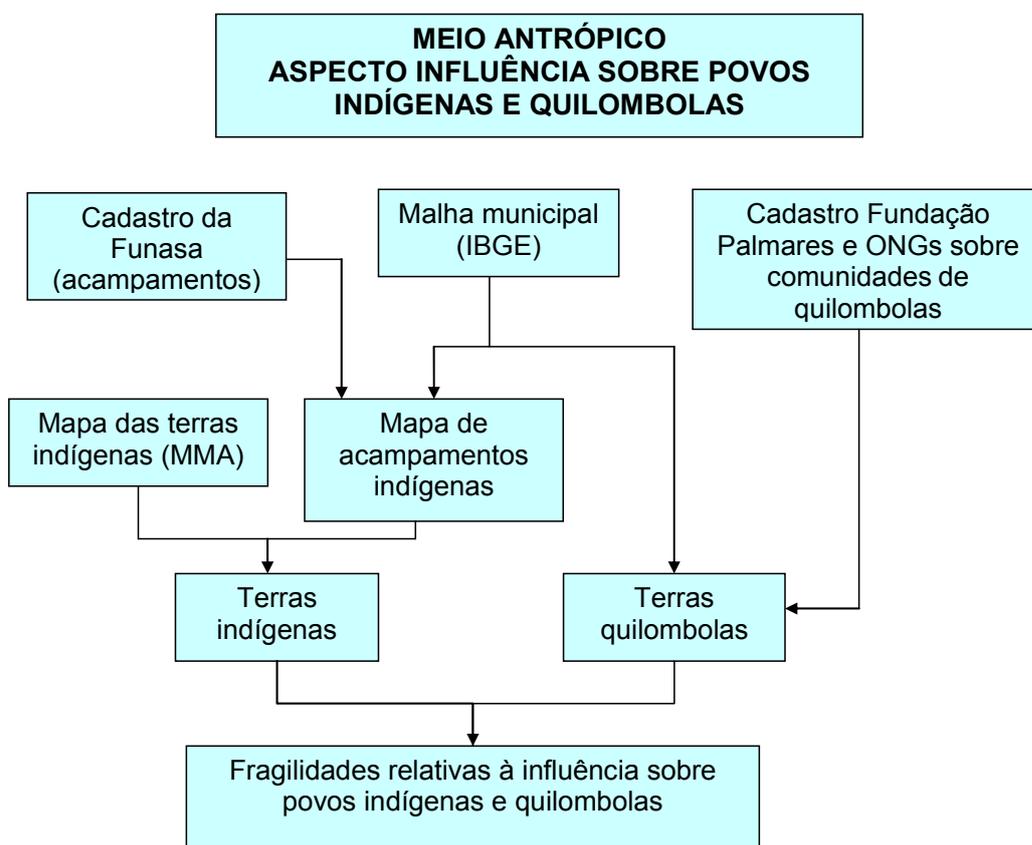


Figura 5-71 Fluxograma do Aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas

5.3.2.1 Variável Terras Indígenas e Terras Quilombolas

Esta variável combina mapas de Terras Indígenas, com as poligonais que definem seus territórios, disponíveis no site da FUNAI e do sistema i3GEO do MMA (<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>), com dados cadastrais de populações indígenas e quilombolas por município, obtidos da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), que possui o mais completo cadastro de populações indígenas,

vinculado a um programa específico de atendimento à saúde do índio e dados da Fundação Nacional do Índio (FUNAI), obtidos junto aos escritórios regionais, e dados da Fundação Cultural Palmares, disponíveis no seu sítio da internet (<http://www.palmares.gov.br/>), que apresentam as comunidades certificadas por município. Como nem todas as comunidades quilombolas, auto-declaradas optam pela certificação¹⁴, para evitar conflitos com vizinhos, buscaram-se dados junto ao Movimento Negro (IACOREQ – Instituto de Assessoria às Comunidades Remanescentes Quilombolas), que possui um cadastro mais amplo. No Anexo 6 são apresentados os mapas desagregados.

Do ponto de vista da espacialização da informação, o mapa de Terras Indígenas representa o território, independentemente do tamanho da população que possui. Considera-se que este possui valor intrínseco para garantir a reprodução cultural das comunidades indígenas que nela vivem. Já o mapa de população indígena procura sinalizar para a sociabilidade indígena que se manifesta para além dos territórios legalmente definidos. Ou seja, parte-se da premissa que a “terra demarcada” é elemento essencial para a existência física e cultural da população indígena, mas não exclusivo. Deste modo, a variável População Indígena por Município, estimada com base na população registrada pela FUNASA, estima uma maior ou menor probabilidade de atuação indígena em determinado município. O pressuposto é de que as interações das comunidades com o seu entorno podem ser maiores naqueles municípios em que se registra a maior presença de população indígena..

De modo geral, o aspecto “Influência sobre Povos Indígenas e Tradicionais” permite inferir quanto à maior ou menor interferência sobre áreas utilizadas por povos indígenas e quilombolas. O critério de interferência é aqui adotado como inundação integral ou parcial de terra indígena ou município com população indígena e quilombola. Não objetiva, portanto, a quantificação e qualificação dos impactos, uma vez que a metodologia aqui desenvolvida não incorpora a dimensão cultural, primordial no trato com grupos tradicionais e que demanda, necessariamente, uma abordagem antropológica da questão. Neste caso, a ausência de interferência (inundação) não significa que não possam ser identificados impactos altamente significativos decorrentes dos projetos propostos.

O mapa de Terras Indígenas foi reclassificado para atribuir fragilidade 1 para as áreas contidas pelas poligonais e 255 para as áreas externas.

O mapa de fragilidade relativo à População Indígena foi estimado com base na população indígena por municípios, sendo atribuída a maior fragilidade para os municípios com a maior população, reescalando-se a população para valores de 1 a 135. Procedimento similar foi efetuado com as Comunidades Quilombolas. No entanto, ao invés de população por município, o valor da fragilidade foi estimado escalando-se o número de comunidades por município para escala de 1 -255.

O mapa de fragilidades de Terras Indígenas foi obtido através da soma ponderada dos mapas de Terras Indígenas e População Indígena, utilizando-se pesos iguais (a diferença foi internalizada na escala: máximos de fragilidade de 1 ou 135).

¹⁴ Esta informação foi repassada pelo Sr. Ubirajara Toledo, representante do IACOREQ na oficina realizada pelo projeto FRAG-RIO no Instituto de Pesquisas Hidráulicas, nos dias 22 e 23 de janeiro de 2009.

5.3.2.2 Análise Parcial dos Resultados

O mapa do aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas foi obtido através da soma ponderada (com pesos iguais) dos mapas de Terras Indígenas e Terras Quilombolas. O resultado está apresentado na Figura 5-72.

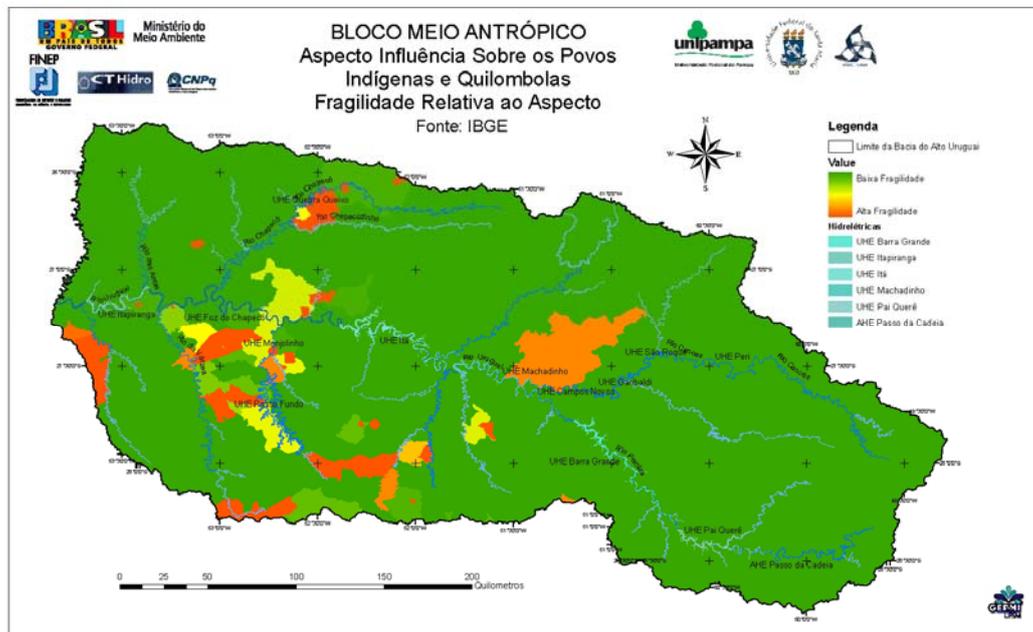


Figura 5-72 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas

Da observação dos padrões espaciais de distribuição da fragilidade deste aspecto, verifica-se que estas se concentram ao longo do vale de rios importantes na bacia, como o Rio do Peixe, Erechim, Passo Fundo, Chapecó, Várzea e Guarita. Estas regiões eram originalmente cobertas por densa floresta, que serviu de refúgio não somente para os indígenas, os quais foram sendo expulsos de suas terras pela colonização vinculada ao desmatamento (século XIX e início do século XX; Hörmeyer, 1986; Boni, 1983), como também para os negros que lá encontravam recursos e proteção na sua busca por liberdade.

Quanto aos trechos de interesse nesta etapa do projeto, na região leste, no trecho à montante da UHE Barra Grande, no rio Pelotas, não foi verificada interferência direta (inundação) em terras indígenas e municípios com populações indígenas e comunidades quilombolas. Ali, provavelmente os remanescentes de índios foram expulsos muito cedo, pois as áreas de campo foram as primeiras a serem ocupadas, no rastro das rotas de tropeiros. Ao contrário, as áreas do centro e oeste foram ocupadas muito mais tarde, utilizando-se a mão de obra do colono para desmatar.

No trecho de oeste, situado à jusante da UHE Foz do Chapecó, no rio Uruguai, as interferências estão situadas no trecho próximo à confluência do rio da Várzea e na cidade de Iraí, situada na confluência do rio do Mel com o Uruguai, onde uma Terra Indígena (Kaingang de Iraí), situa-se junto ao rio Uruguai. A Terra Indígena Rio dos Índios não se situa próximo às margens do rio Uruguai, mas seus limites poderão ser ampliados. Situação semelhante existe também com a Terra Indígena Kaingang de Iraí e com a Terra Indígena Iraí (em estudo ou com restrição de uso). Deste modo, conforme o

mapa da FUNAI de setembro de 2008, existe uma probabilidade de que empreendimentos situados no trecho do rio Uruguai situado a jusante da UHE Foz do Chapecó inundem Terras Indígenas. No trecho potencialmente ocupado pelo lago da UHE Itapiranga, existe probabilidade de interferência sobre as comunidades citadas.

Ressalta-se, por fim, que o aspecto “Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas” não deve ser percebido de modo estático.

A atual inserção regional das populações indígenas e quilombolas - as relações socioeconômicas intra e extra-territoriais - grupais, inter-grupais e com a sociedade regional circundante - devem ser melhor estudadas, de modo a possibilitar a identificação de possíveis impactos que se propagem sobre os lugares de sociabilidade, os meios e os mecanismos de sobrevivência material, de afirmação de identidade e significação cultural da realidade.

As dinâmicas sociais precisam ser consideradas e, como parte delas, os conflitos; a possibilidade de cisões, verificáveis nas sociedades indígenas da região; a transformação demográfica e a afirmação cultural. Estes fatores, entre outros, são capazes de gerar novas reivindicações e demandas por parte dos povos indígenas e quilombolas e merecem acompanhamento e análises qualitativas detalhadas.

5.3.3 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais

O Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais foi desenhado para refletir o estado da relação entre determinada população de pescadores que exploram um determinado estoque de pescado.

De acordo com Cardoso et al. (2006), os pescadores são classificados de acordo com o Decreto Lei Federal 221/67, que os enquadra como amadores e profissionais. Os autores citam ainda Diegues (1983), que classificam os pescadores em pescadores lavradores, pescadores artesanais e pesca comercial/industrial. No Estado do Rio Grande do Sul, a Lei Estadual 10.164/94 define, a partir da categoria de Pescadores Profissionais estabelecidos pelo Decreto Lei Federal 221/67, a categoria de Pescadores Profissionais Artesanais, ou seja, aqueles que desenvolvem sua atividade com ou sem embarcação pesqueira, não têm vínculo com a indústria e realizam a atividade para fins de complementação da renda familiar.

Neste estudo efetuado com comunidades de pescadores dos municípios de Pirapó e Roque Gonzáles, situados na bacia do rio Uruguai, os autores classificaram os pescadores como pescadores profissionais artesanais, de acordo com os critérios da Lei Estadual 10.164/94, sendo a maioria de pescadores lavradores (73%), e poucos exclusivos (16%). Os restantes se ocupam também de serviços (11%).

Outro estudo, efetuado por Garcez e Sanchez-Botero (2005), identificou que os pescadores profissionais artesanais do rio Uruguai subsistem, suplementarmente, de atividades de plantios de subsistência, cortes de lenha para consumo e venda e criação de gado. Este estudo foi desenvolvido para o projeto Diagnóstico das comunidades de pescadores artesanais no estado do Rio Grande do Sul, vinculado ao Programa RS Rural Pesca Artesanal da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado do Rio Grande do Sul (SAA-RS), no qual foi identificada a cadeia produtiva da pesca artesanal profissional no RS, suas potencialidades e fragilidades.

Todos os estudos relacionados demonstram a dependência de renda destes pescadores em relação aos estoques dos peixes de piracema, como o dourado, a piava e o surubim. Como estas espécies ocorrem em rios livres, as áreas que configuram cascatas de represas, por não serem habitats disponíveis para estas espécies, não estariam incluídas nos modos de reprodução cultural e econômica das populações de pescadores profissionais artesanais (conhecimento de aparatos, iscas, pesqueiros, etc). Como se trata de proteger não somente os estoques, mas também a cultura de modo geral, o indicador fica restrito aos trechos de rios livres.

Neste sentido, considera-se que um estoque de determinada espécie ocorre em determinado trecho contínuo de rio. Este estoque pode representar uma população ou uma meta-população, mas, para fins desta modelagem, considera-se que o comportamento da pressão de pesca em um determinado trecho contínuo de rio resulta no compartilhamento do mesmo estoque. Deste modo, para que se possa avaliar a relação entre pescadores e trecho, deve-se considerar cada trecho na sua integridade, independentemente dos limites da área de estudo.

Cada trecho contínuo de rio possui uma população de pescadores que explora de modo artesanal o recurso pesqueiro. No caso do rio Uruguai, este se apresenta fragmentado, na sua porção nacional, pelas represas de Foz do Chapecó, Itá, Machadinho e Barra Grande, em um sistema de cascata, praticamente sem rio livre entre elas. Temos, portanto, dois trechos de rios que resultaram da implantação desta cascata: um trecho à montante da UHE Barra Grande, no rio Pelotas, já rio de alta declividade, com vales encaixados em V e sistemas de quedas nos seus tributários, que configuram um sistema de barreiras naturais, resultando em certo confinamento das populações de peixes do rio no trecho de rio principal; e um trecho grande, situado à jusante da UHE Foz do Chapecó, que se estende além da área de estudo até o remanso do reservatório da Usina do Salto Grande, na divisa entre Uruguai e Argentina.

A Figura 5-73 apresenta o fluxograma para obtenção do mapa de fragilidades referente ao Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Tradicionais Artesanais.

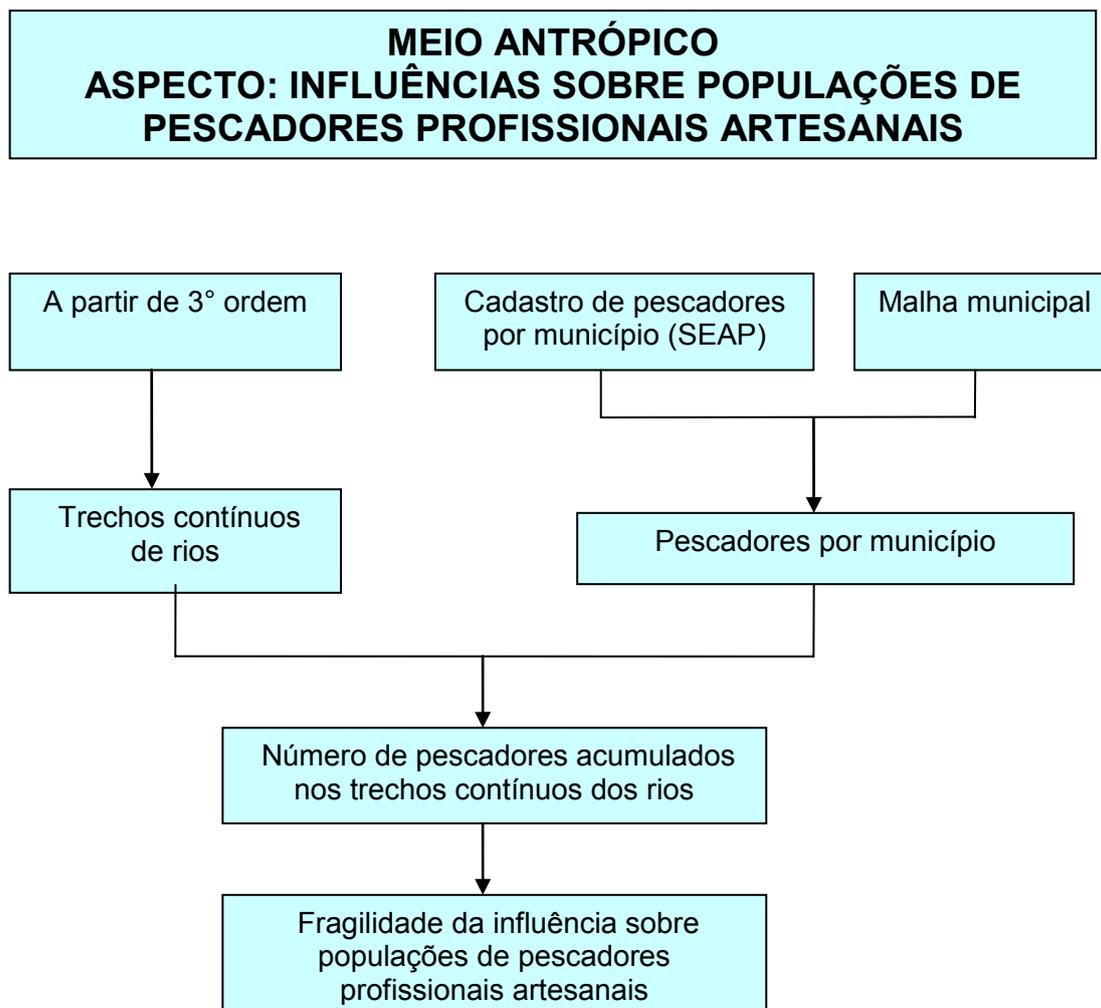


Figura 5-73 Fluxograma do Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais

5.3.3.1 Variável Número de Pescadores Acumulados nos Trechos Contínuos de rios

O mapa da variável Número de Pescadores Acumulados nos Trechos Contínuos de rios foi produzido com base na composição do mapa de drenagem, considerando rios a partir da 3ª ordem, com o número de pescadores cadastrados nos municípios situados na área de contribuição associada ao trecho contínuo de rio. A análise desta distribuição permitiu identificar redes formadas pelos trechos contínuos dos rios principais e seus afluentes. A base de dados utilizada para espacialização, com base na malha municipal foi fornecida pela Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca – SEAP. Os dados, para o Rio Grande do Sul, foram comparados com os dados do levantamento efetuado pelo Programa RS Rural, mas os dados para Santa Catarina não tem a mesma consistência, estando ainda em fase de compilação. No entanto, em termos de redes, os trechos correspondentes do lado gaúcho acumulam pescadores sobre o trecho catarinense, diluindo o possível efeito de um cadastramento em estágio diferenciado. Ou seja, as redes possuem rios em ambos os estados. Redes que acumulam mais pescadores tem seu valor mais elevado que redes que acumulam menos pescadores, o que confere discriminância ao critério (a qualidade do dado no RS diminui o erro referente ao lado de SC). Por outro lado, o reduzido número de pescadores no lado catarinense, em comparação com o lado riograndense, é consistente com o número de entidades de

pescadores cadastradas pelo Fórum de Desenvolvimento Sustentável da Pesca Profissional Artesanal na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, que elencou 23 entidades no Rio Grande do Sul e duas do lado de Santa Catarina (UNIJUI, 2008).

As redes, portanto, definem um indicador da disponibilidade de habitats para a fauna aquática e, portanto, para manter os estoques pesqueiros. A configuração das redes é dependente, para este critério, da ocorrência de pescadores cadastrados e da distribuição espacial dos empreendimentos que fragmentam os rios.

Do cruzamento do mapa de distribuição dos pescadores por município com a drenagem, foi possível identificar quais estão associados a cada rede. Estes dados foram tabulados para que pudessem ser associados aos mapas de redes.

Os mapas de redes foram obtidos através da demarcação manual das barreiras representadas pelos empreendimentos existentes e pelos empreendimentos a serem analisados como cenários futuros. Foi considerado, também, o impacto da possível implantação do complexo de Garabi no trecho médio do rio Uruguai, uma vez que este fragmenta um trecho de rio compartilhado com o trecho contínuo situado na área de estudo à jusante da UHE Foz do Chapecó. Este trecho, uma vez fragmentado, mudará tanto o tamanho da área de vida disponível para as populações de peixes, com a consequente redução de estoques, como mudará o contingente de pescadores que compartilham a exploração deste estoque.

A Figura 5-74 apresenta a distribuição de pescadores por município em relação à drenagem, considerando o contexto de compartilhamento com o trecho do Uruguai Médio.

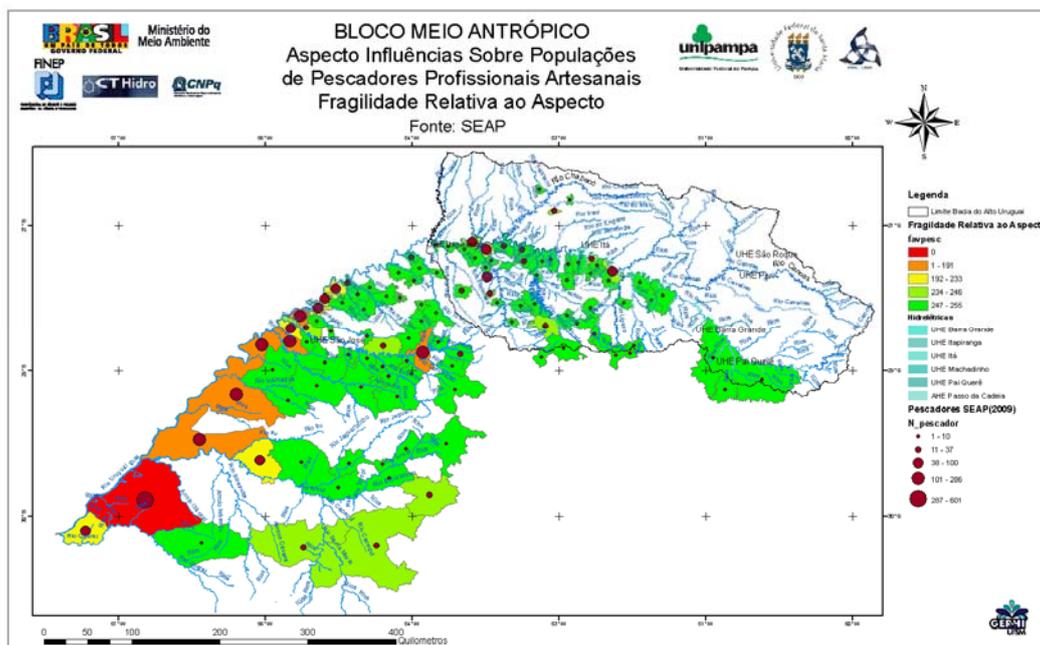


Figura 5-74 Número de pescadores por município

Como o único trecho da área de estudo afetada pela possibilidade de implantação do complexo Garabi é o trecho situado à jusante da UHE Foz do Chapecó, somente os cenários referentes a este trecho formam modelados para esta condição. O Quadro 5-8 expressa a composição de cenários que foi avaliada.

Quadro 1-5-8 Cenários modelados.

Cenário	Atual ou Futuro	Trecho afetado	APH envolvidas	Com ou sem Complexo Garabi	Redes anteriores	Redes posteriores
1	Atual	Jusante UHE Foz do Chapecó	-	Sem	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual
2	Atual	Jusante UHE Foz do Chapecó	-	Com	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual
3	Futuro	Jusante UHE Foz do Chapecó	UHE Itapiranga	Sem	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1, Rede 2, Redes 3, 4 e 5 atual.
4	Futuro	Jusante UHE Foz do Chapecó	UHE Itapiranga	Com	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1, Rede 2, Redes 3, 4 e 5 atual.
5	Futuro	Montante UHE Barra Grande	UHE Paiquerê	Sem	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 Pai
6	Futuro	Montante UHE Barra Grande	UHE Paiquerê	Com	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 Pai
7	Futuro	Montante UHE Barra Grande	UHEs Paiquerê e Passo da Cadeia	Sem	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 Pai Cad
8	Futuro	Montante UHE Barra Grande	UHEs Paiquerê e Passo da Cadeia	Com	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 Pai Cad
9	Futuro	Jusante UHE Foz do Chapecó Montante UHE Barra Grande	UHEs Itapiranga, Paiquerê e Passo da Cadeia	Sem	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Redes 1, 2, 3, 4 e Rede 5 Pai Cad
10	Futuro	Jusante UHE Foz do Chapecó Montante UHE Barra Grande	UHEs Itapiranga, Paiquerê e Passo da Cadeia	Com	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Redes 1, 2, 3, 4 e Rede 5 Pai Cad

Obs. As redes com e sem o Complexo Garabi não sofrem alteração de configuração espacial, uma vez que o Complexo está situado à jusante da área de estudo, mas sofrem alteração dos valores das variáveis relacionadas com a população de pescadores que compartilha os estoques pesqueiros da rede contínua.

As Figuras 5-75 a 5-79 apresentam as configurações das redes para os cenários propostos, considerando que a presença ou não do Complexo Garabi muda o atributo de valoração das redes, mas não altera a sua espacialização dentro da área de estudo.

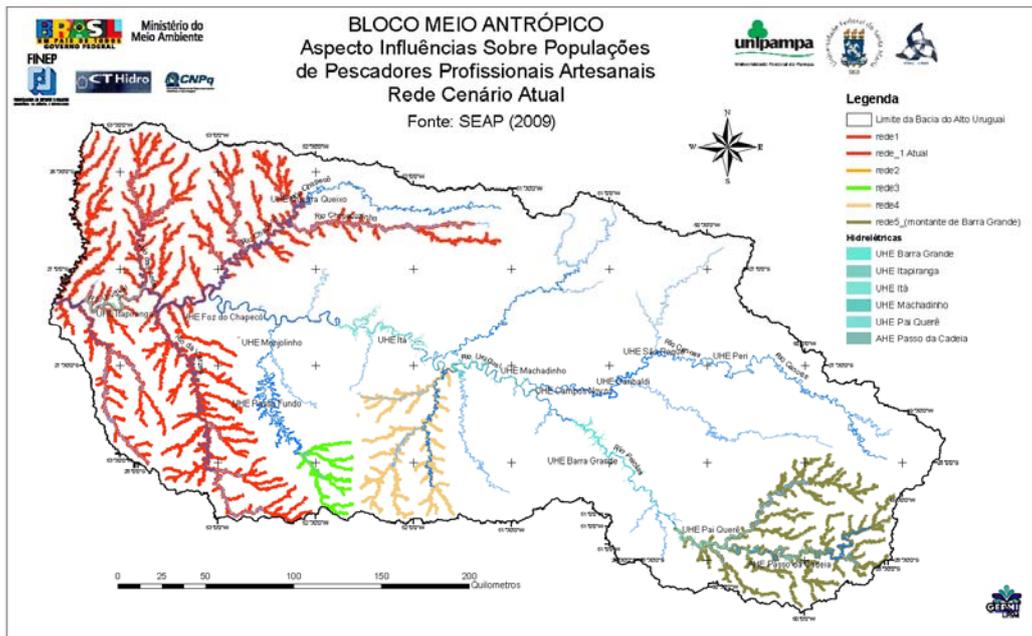


Figura 5-75 Redes associadas ao Cenário Atual

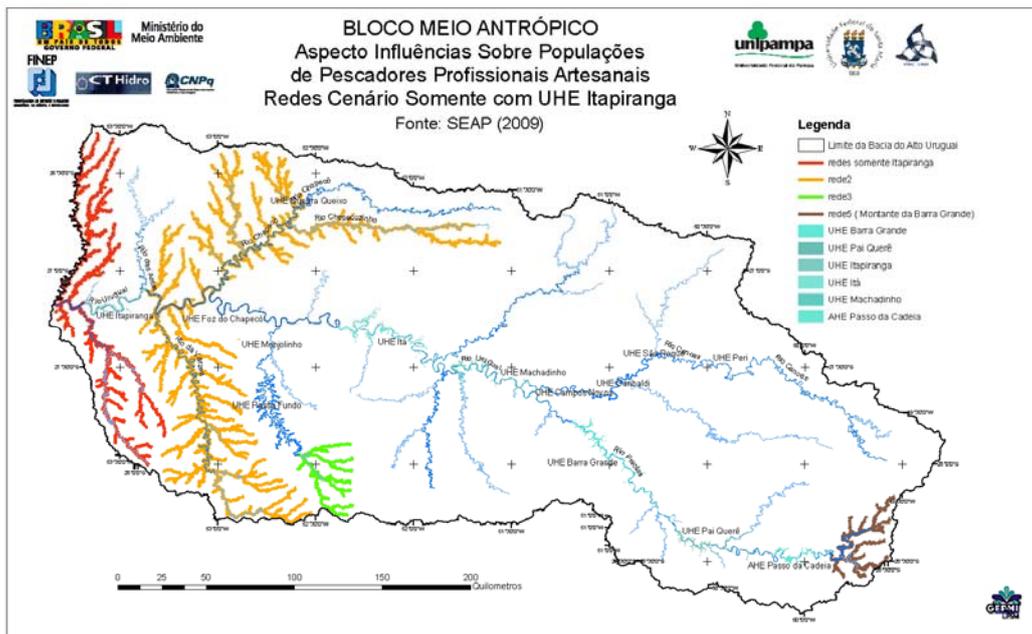


Figura 5-76 Redes associadas ao Cenário Somente UHE Itaipiranga

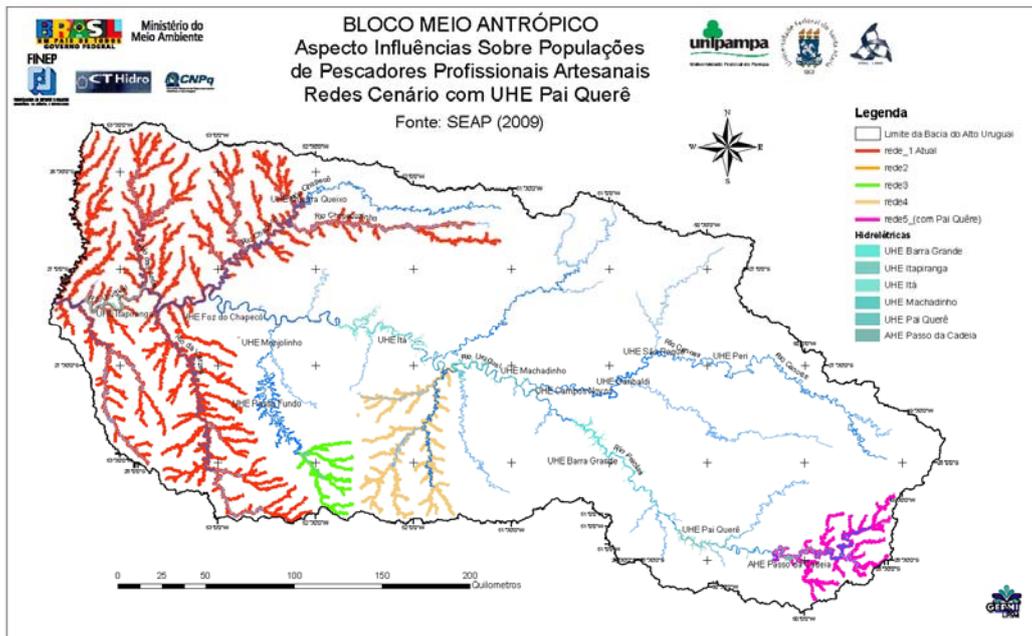


Figura 5-77 Redes associadas ao Cenário Somente UHE Pai Querê

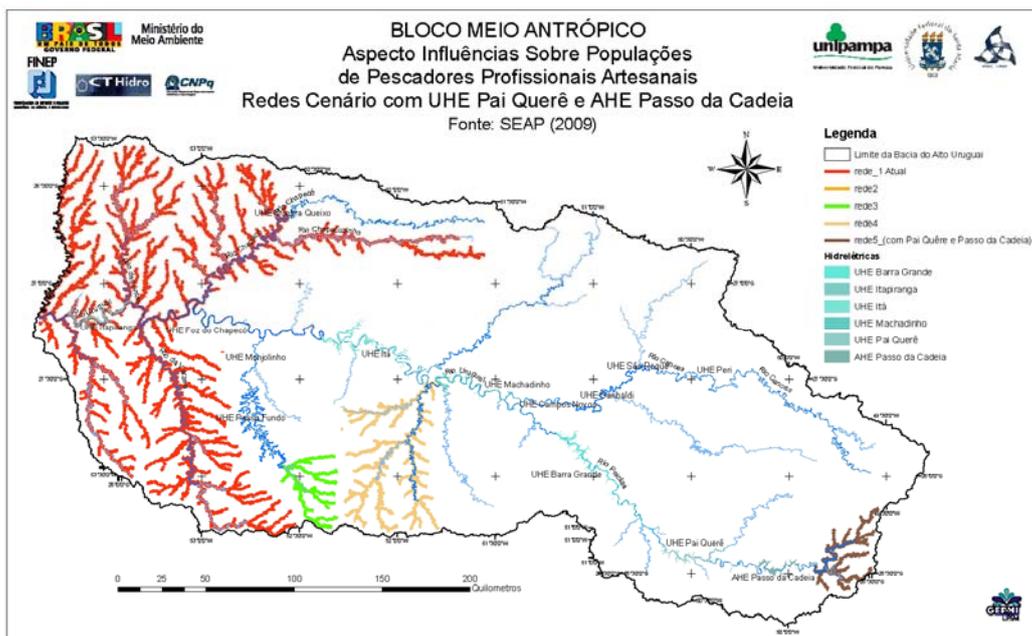


Figura 5-78 Redes associadas ao Cenário Somente UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia

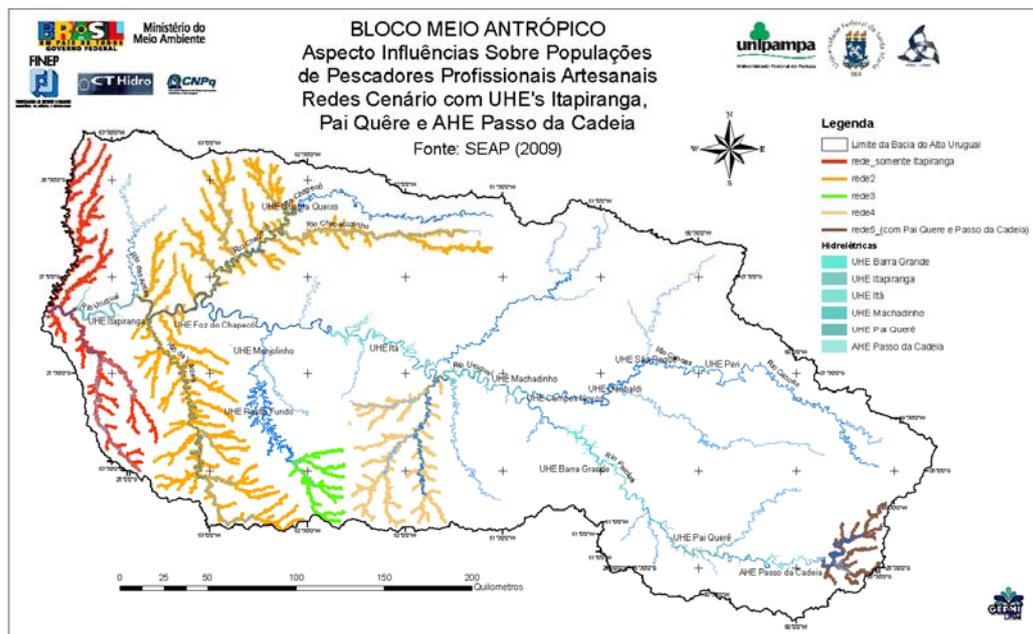


Figura 5-79 Redes associadas ao Cenário com as UHEs Itaipirangae Pai Querê e AHE Passo da Cadeia

5.3.3.2 Análise Parcial dos Resultados

A Tabela 5-27 apresenta o comprimento acumulado de cada uma das redes (indicador da capacidade do trecho de manter estoques de pescado) e do número de pescadores acumulados sobre a rede através de todo o trecho contínuo, o qual é afetado pela implantação do Complexo Garabi.

A análise da Tabela 5-27 demonstra que a implantação do Complexo Garabi vai afetar o trecho à jusante de Foz do Chapecó mesmo se não for implantada a UHE Itaipiranga. A Rede 1 atual, sem Garabi, está conectada a um trecho contínuo do rio Uruguai que inicia no eixo da UHE Foz do Chapecó e segue por 926 km até o remanso da UHE Salto Grande, na divisa entre o Uruguai e Argentina. Com a implantação do Complexo Garabi, este trecho é reduzido para 231 km (entre a UHE Foz do Chapecó e o remanso da AHE Santa Rosa – Garabi 3). Ou seja, uma redução muito grande de área disponível para a manutenção de estoques pesqueiros equivalente a 75% do original ao longo do rio principal. O número de pescadores que compartilham os estoques deste trecho é reduzido em 87%, ou seja, 87% dos pescadores deixarão de partilhar o potencial do hábitat fragmentado. Estes pescadores passarão a ficar dependentes de um trecho de cerca de 497 km de rio principal contínuo situado entre a AHE Garabi e a UHE Salto Grande, que representa uma perda de 46% do hábitat de rio principal, com a diminuição provável de estoques em proporções significativas, associada a uma manutenção de um remanescente de pescadores proporcionalmente muito maior. Destes, 570 ficarão nas áreas do rio principal convertidas para sistemas límnicos, o que deverá mudar sua cultura pesqueira ou mudar seus locais de pesca para as áreas situadas mais a jusante, no remanescente de rio livre, aumentando a pressão de pesca sobre um estoque já fragilizado pela redução de sua área de vida.

Tabela 5-27 Comprimento da rede na área de estudo e número de pescadores acumulados no trecho contínuo (com e sem o Complexo Garabi).

Cenário	Atual ou Futuro	Trecho afetado	UHEs e AHE envolvidas	Com ou sem Complexo Garabi	Redes anteriores	Redes posteriores
1	Atual	Jusante UHE Foz do Chapecó	-	Sem	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual
2	Atual	Jusante UHE Foz do Chapecó	-	Com	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual
3	Futuro	Jusante UHE Foz do Chapecó	UHE Itapiranga	Sem	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1, Rede 2, Redes 3, 4 e 5 atual.
4	Futuro	Jusante UHE Foz do Chapecó	UHE Itapiranga	Com	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1, Rede 2, Redes 3, 4 e 5 atual.
5	Futuro	Montante UHE Barra Grande	UHE Pai Querê	Sem	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 Pai
6	Futuro	Montante UHE Barra Grande	UHE Pai Querê	Com	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 Pai
7	Futuro	Montante UHE Barra Grande	UHEs Pai Querê e AHE Passo da Cadeia	Sem	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 Pai Cad
8	Futuro	Montante UHE Barra Grande	UHEs Pai Querê e AHE Passo da Cadeia	Com	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 Pai Cad
9	Futuro	Jusante UHE Foz do Chapecó Montante UHE Barra Grande	UHEs Itapiranga, Pai Querê e AHE Passo da Cadeia	Sem	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Redes 1, 2, 3, 4 e Rede 5 Pai Cad
10	Futuro	Jusante UHE Foz do Chapecó Montante UHE Barra Grande	UHEs Itapiranga, Pai Querê e AHE Passo da Cadeia	Com	Rede 1 atual, Redes 2, 3 e 4, Rede 5 atual	Redes 1, 2, 3, 4 e Rede 5 Pai Cad

* considera pescadores brasileiros cadastrados na SEAP no trecho brasileiro e internacional contínuo desde a UHE Salto Grande no Brasil para a Rede 1

**considera pescadores brasileiros cadastrados na SEAP no trecho brasileiro e internacional contínuo desde a UHE Santa Rosa (Garabi3) para a Rede 1

A implantação da UHE Itapiranga fragmentará a Rede1 atual em duas redes: Rede 1 e Rede 2. A Rede1 ainda é conectada ao trecho de rio principal que segue pelo Médio Uruguai, sendo, portanto, potencialmente impactada pela implantação ou não do Complexo Garabi. A Rede2 é formada pelo trecho remanescente de rios livres situada entre o eixo da UHE Foz do Chapecó e o remanso da UHE Itapiranga, incluindo os trechos dos rios Chapecó até a UHE Quebra-Queixo e o rio da Várzea, incluindo seus afluentes. A Rede1 tem sua área dentro do trecho de interesse reduzida em 70%, ou seja,

o trecho com maior potencial de manutenção de estoques de peixes de grande porte, conectado a um grande trecho de rio livre (Médio Uruguai), hoje possui estoques compartilhados por 2621 pescadores (sem Garabi) ou 324 (com Garabi), os quais passarão a ser explorados por 2544 (sem Garabi) ou 52 (com Garabi) pescadores, representando reduções respectivas de 2,9% e 84%. Observa-se que, para este critério, se não for implantada a UHE Santa Rosa (Garabi 3), como o trecho remanescente é grande e a maior quantidade de pescadores está situada no trecho que será convertido pela cascata representada pelo Complexo Garabi (570 pescadores) e no trecho remanescente que ficará à jusante do mesmo (1974 pescadores), o impacto da perda não será significativo. No entanto, com Garabi, dada a grande perda de área contínua, haverá um grande impacto, com redução do atendimento de contingentes de pescadores da ordem de mais de 80%.

A Rede 2, que anteriormente fazia parte da rede conectada ao Médio Uruguai, reduziu sua disponibilidade de habitats de 28%, enquanto o número de pescadores que compartilhavam o mesmo recurso reduziu em 89%, para o Cenário em que se implanta a UHE Itapiranga. Isto acontece porque a maior parte do trecho de rios contínuos, no interior do Alto Uruguai, à jusante de Foz do Chapecó, estão hoje situados nos rios da Várzea e Chapecó, com seus afluentes. Como houve uma redução de pesca proporcionalmente maior que a redução de habitat, este trecho ainda guarda potencial, neste Cenário, para manter estoques pesqueiros. No entanto, este indicador não leva em conta a fragmentação crescente destes rios com PCHs e com a contaminação causada principalmente pela suinocultura e pela agricultura intensiva, que possuem potencial para degradar as condições de renovação dos estoques pesqueiros. Quando se verifica o remanescente de rio principal nesta rede, vê-se que dos 926 km originais de trecho contínuo, a implantação da UHE Itapiranga deixará somente 74 km de rio livre no rio principal entre ela e a UHE Foz do Chapecó, o que poderá causar maior impacto na distribuição das espécies mais dependentes de rios de maior ordem, de maior valor para a pesca (dourados, surubins, p.ex.).

As Redes 3 e 4 representam contingentes de pescadores que já exploram estoques reduzidos pela fragmentação dos empreendimentos hidrelétricos já existentes, estando situados em situação que não interfere nos trechos de interesse desta etapa do trabalho, ou seja, os trechos de rio principal situados à jusante de Foz do Chapecó e a montante da UHE Barra Grande.

A Rede 5 atual é formada pelo rio Pelotas e seus afluentes à montante da UHE Barra Grande. Esta rede sustenta somente um pescador cadastrado, o que indica que os estoques de pescado na rede não são grandes o suficiente para atrair mais pescadores para a área. Este fato é consistente com a fisionomia dominante do rio Pelotas na área, que já é um rio de grande declividade, com muitas corredeiras e poucos afluentes que apresentam trechos grandes conectados ao rio principal, uma vez que a maioria possui quedas de grande porte, que se configuram em barreiras naturais para os peixes de interesse da pesca. No entanto, para a manutenção de áreas de hábitat conectadas ao rio principal, a perda de habitats é muito grande com a implantação dos aproveitamentos Pai Querê e Passo da Cadeia. Respectivamente, a implantação sucessiva dos dois aproveitamentos causa uma redução de 62% e 79% no comprimento acumulado de rios conectados.

Considerando-se os cenários propostos, a implantação das UHEs do Complexo Garabi, mesmo estando situadas fora da área de estudo, são as que mais afetam os pescadores da bacia do Uruguai. Dentro da área, o lago de Itapiranga possuirá o maior impacto sobre os contingentes de pescadores da área de estudo, sendo significativo o

isolamento dos estoques dos rios da Várzea e Chapecó, que ainda conservam número significativo de pescadores.

No trecho do rio Pelotas, a implantação das UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia não apresenta maiores impactos sobre o contingente de pescadores tradicionais, mas apresenta impacto significativo sobre a perda de áreas de rio principal. Considerando-se somente o rio Pelotas, até o limite da distribuição potencial dos peixes migradores, hoje ainda restam 106 km de rio livre a montante da UHE Barra Grande. Nesta distância ainda existe valor de hábitat para manterem-se populações de peixes com potencial para a pesca. Com implantação da UHE Pai Querê, esta distância é reduzida para 28 km, e com a implantação do AHE Passo da Cadeia, cai para 0 km. Estas distâncias são incompatíveis com a manutenção de estoques capazes de manter a pesca nos seus moldes tradicionais.

As Figuras 5-80 a 5-89 apresentam os resultados para os 10 cenários, com os valores das redes expressos em fragilidades (alta fragilidade = 1; baixa fragilidade = 255).

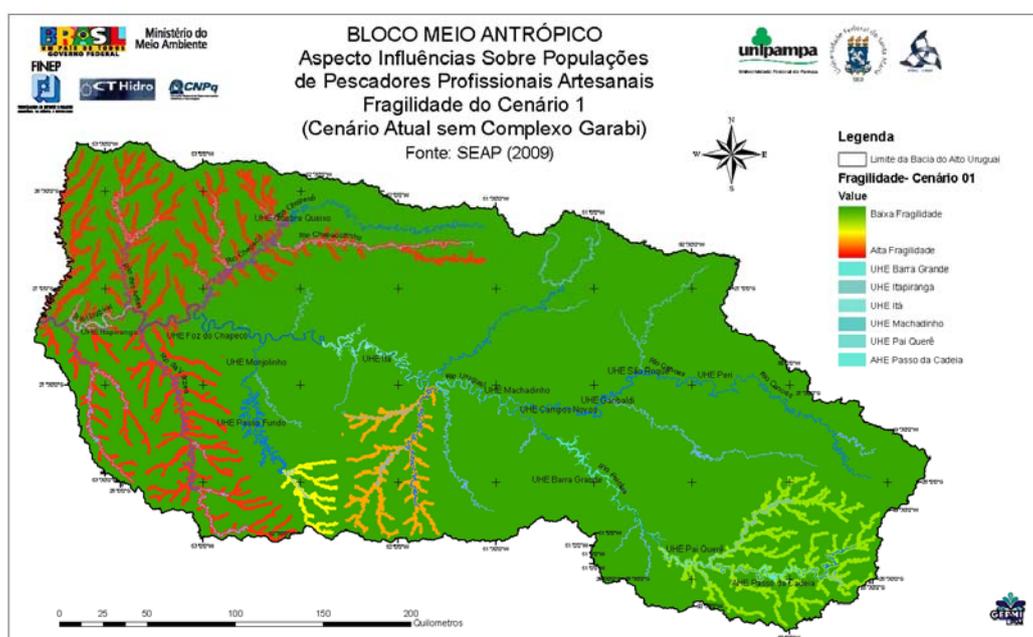


Figura 5-80 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 1 (Cenário Atual sem Complexo Garabi)

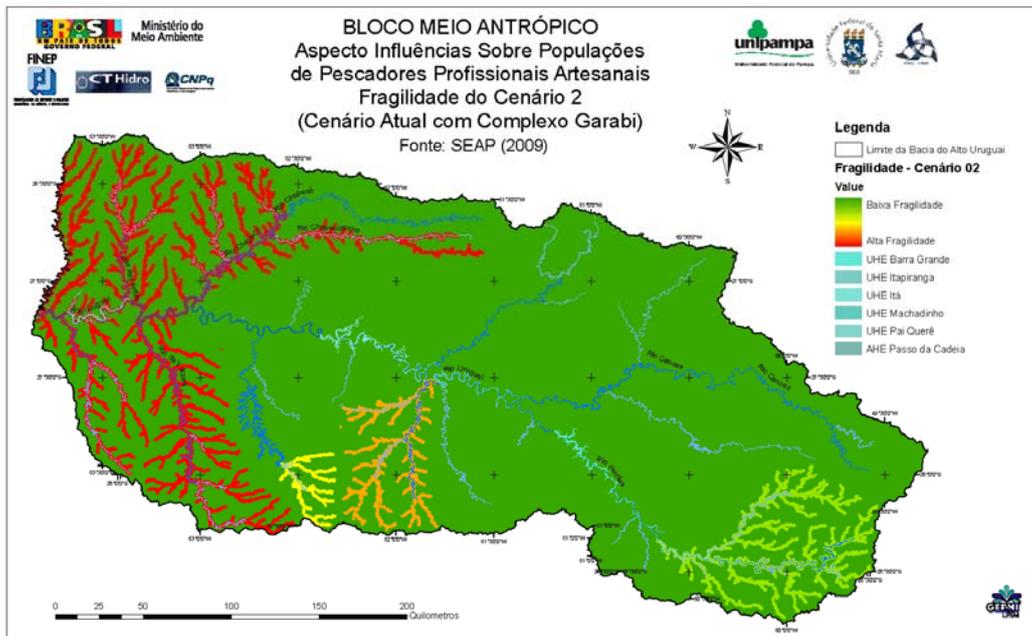


Figura 5-81 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 2 (Cenário Atual com Complexo Garabi)

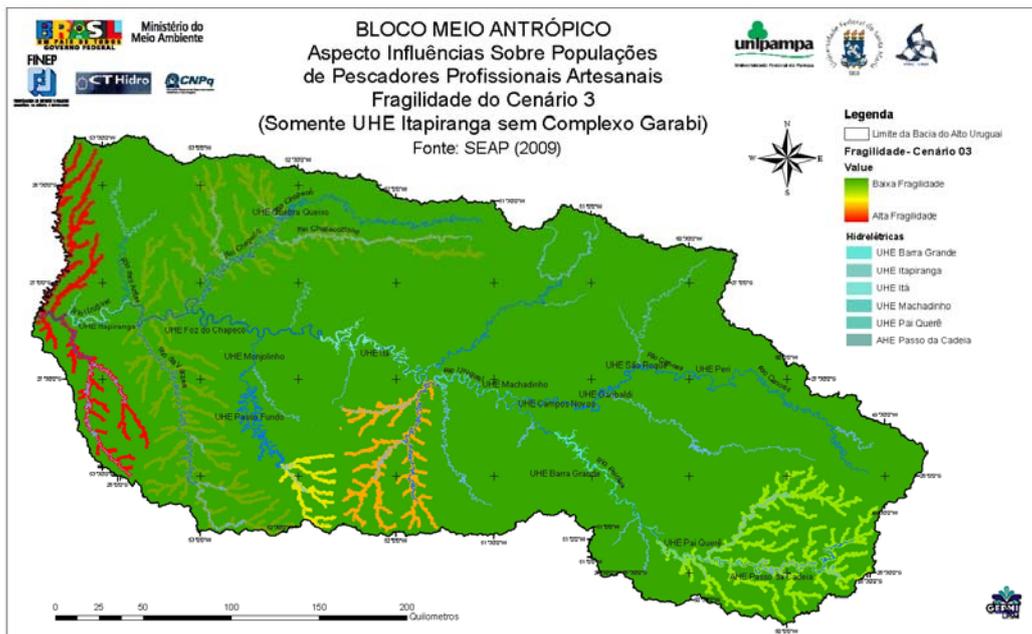


Figura 5-82 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 3 (Somente UHE Itapiranga sem Complexo Garabi)

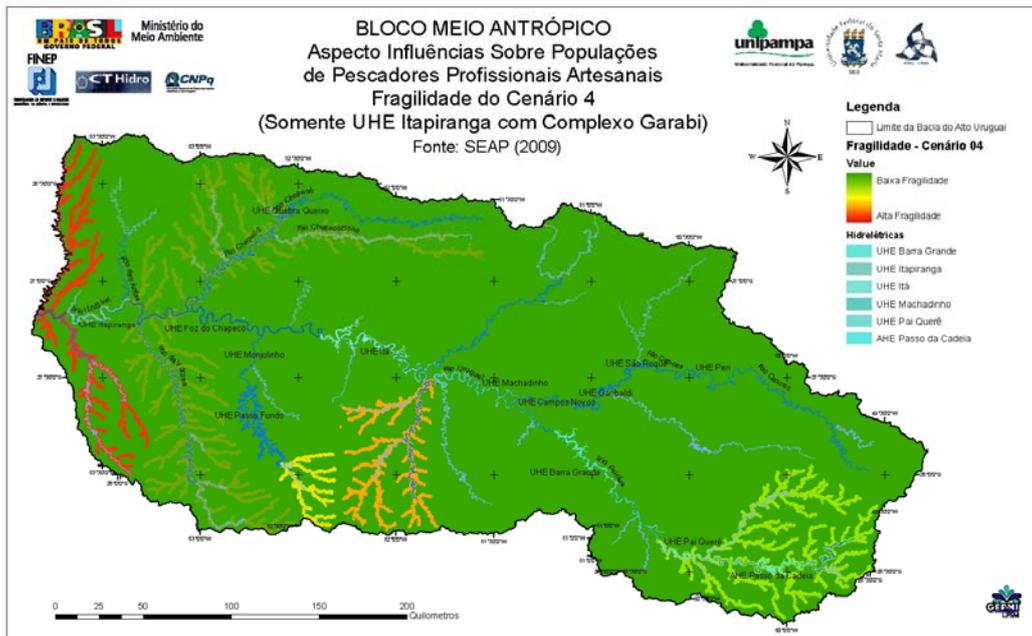


Figura 5-83 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 4 (Somente UHE Itapiranga com Complexo Garabi)

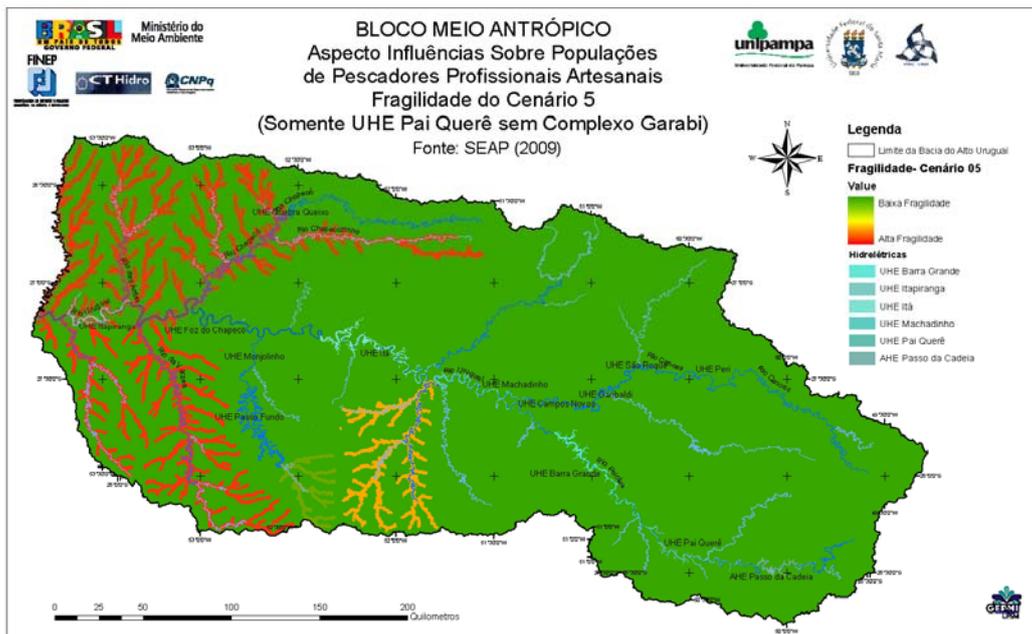


Figura 5-84 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 5 (Somente UHE Pai Querê sem Complexo Garabi)

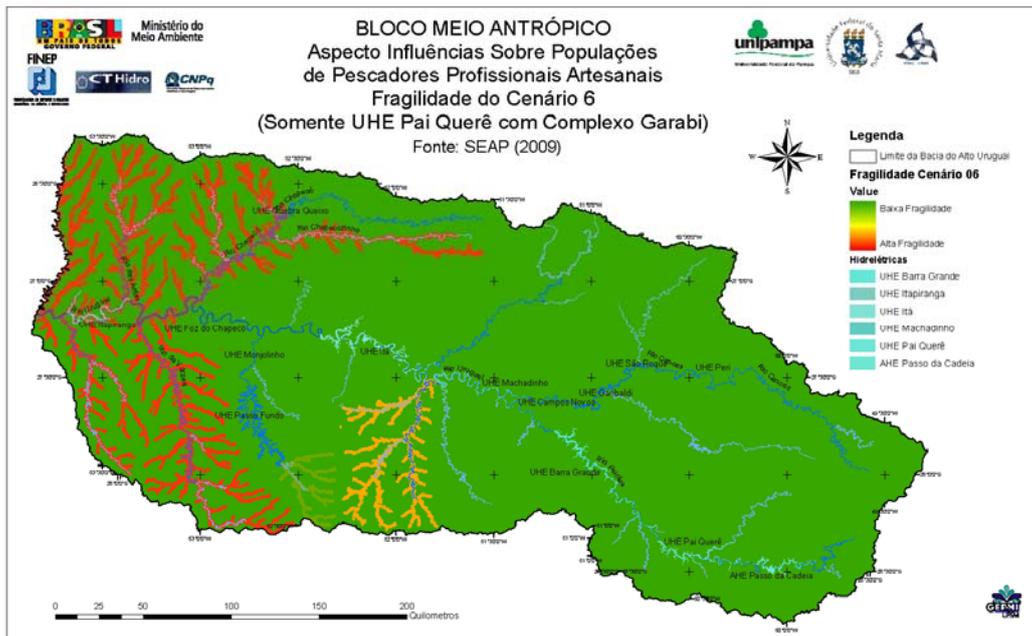


Figura 5-85 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 6 (Somente UHE Pai Querê com Complexo Garabi)

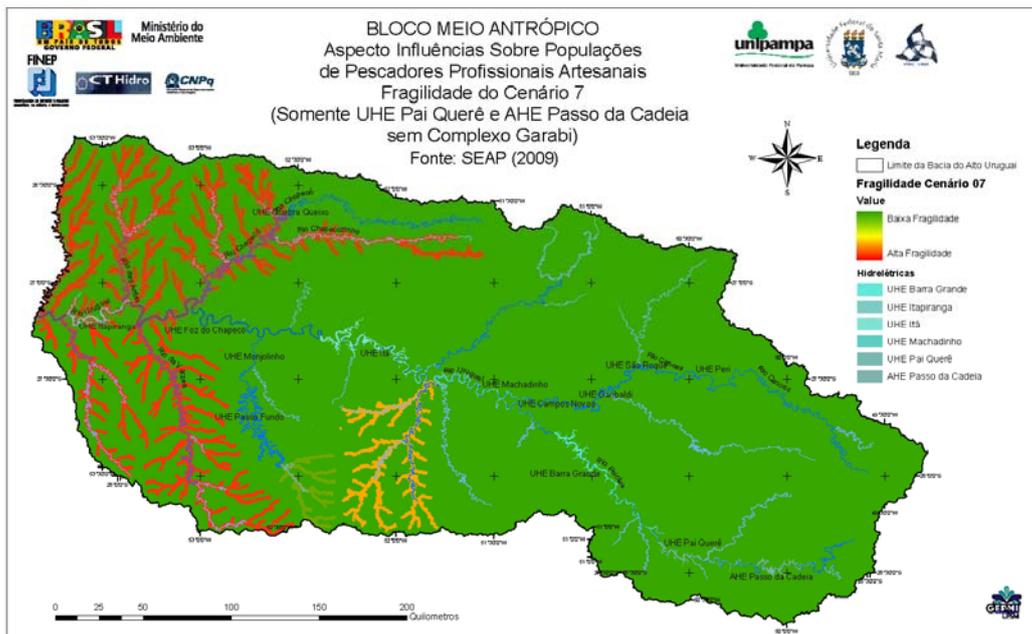


Figura 5-86 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 7 (Somente UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia sem Complexo Garabi)

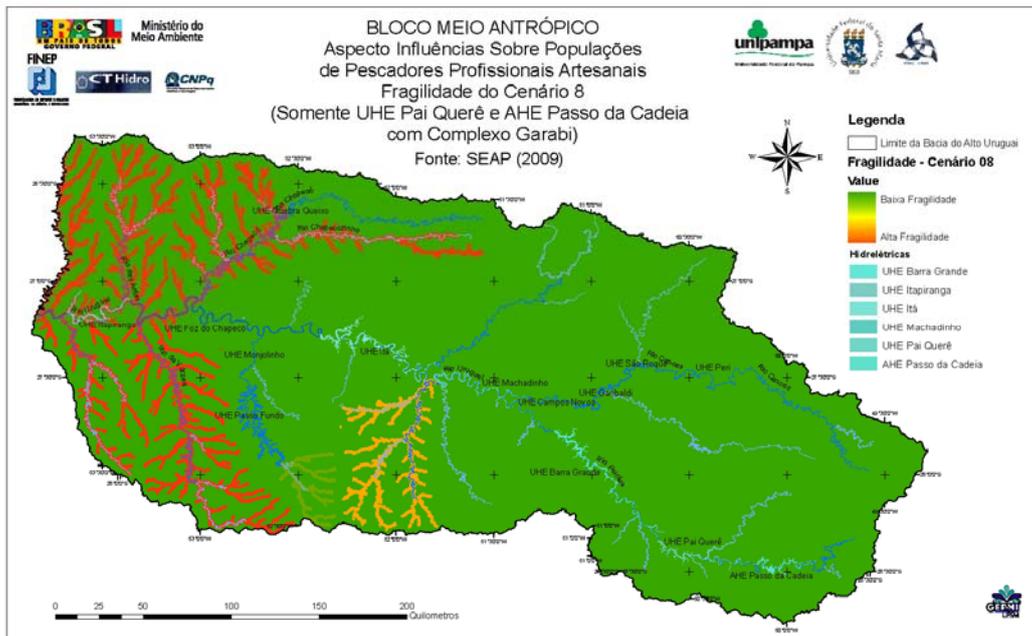


Figura 5-87 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 8 (Somente UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia com Complexo Garabi)

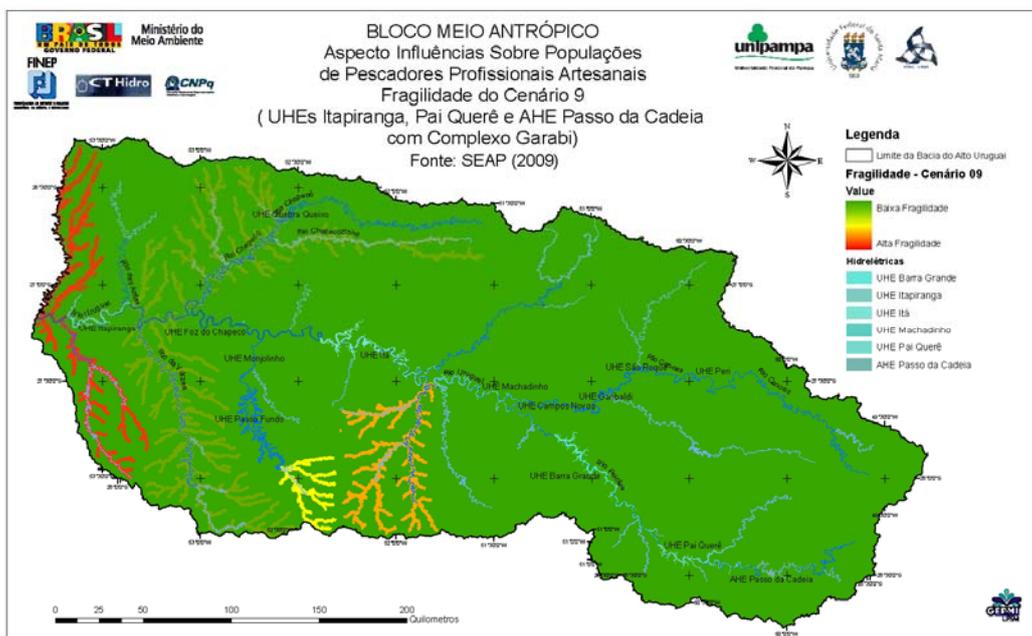


Figura 5-88 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 9 (UHEs Itapiranga, Pai Querê e AHE Passo da Cadeia sem Complexo Garabi)

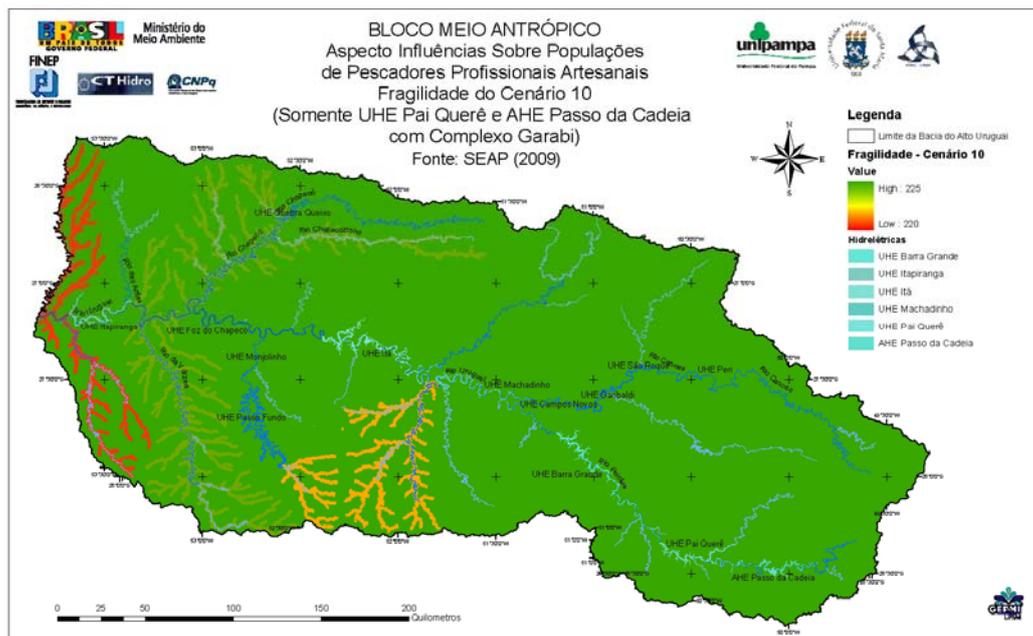


Figura 5-89 Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais. Fragilidades do Cenário 10 (UHEs Itapiranga, Pai Querê e AHE Passo da Cadeia com Complexo Garabi)

5.3.4 Aspecto Patrimônio Cultural

O aspecto Patrimônio Cultural objetiva demonstrar as fragilidades associadas aos locais que apresentam altas probabilidades de serem atingidos por empreendimentos que tenham o potencial de restringir o acesso da população ao patrimônio histórico e cultural.

A Constituição Federal, em seu artigo 216, define como patrimônio cultural brasileiro “os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem: I - as formas de expressão;

II - os modos de criar, fazer e viver; III - as criações científicas, artísticas e tecnológicas; IV - as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais; V - os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico”

O patrimônio cultural material é composto por um conjunto de bens culturais classificados segundo sua natureza: arqueológico, paisagístico e etnográfico; histórico; belas artes e artes aplicadas. Estes bens culturais podem ser divididos em bens imóveis, como os sítios arqueológicos, e bens móveis, como coleções arqueológicas e acervos museológicos (Iphan, 2009).

O patrimônio cultural imaterial, por sua vez, é definido pela UNESCO como: "as práticas, representações, expressões, conhecimentos e técnicas - junto com os instrumentos, objetos, artefatos e lugares culturais que lhes são associados - que as

comunidades, os grupos e, em alguns casos, os indivíduos reconhecem como parte integrante de seu patrimônio cultural." Nesta concepção, " o Patrimônio Imaterial é transmitido de geração em geração e constantemente recriado pelas comunidades e grupos em função de seu ambiente, de sua interação com a natureza e de sua história, gerando um sentimento de identidade e continuidade, contribuindo assim para promover o respeito à diversidade cultural e à criatividade humana" (IPHAN, 2009).

Para compor o presente aspecto foram selecionadas como variáveis indicadoras do patrimônio cultural as fragilidades relacionadas aos sítios arqueológicos, representativos do patrimônio cultural material, e à rota dos tropeiros, variável que, considera-se, incorpora elementos e características de patrimônio cultural material e imaterial.

Segundo o IPHAN (2009b), os sítios arqueológicos constituem patrimônio cultural material representado pelas "jazidas de qualquer natureza, origem ou finalidade, que representem testemunhos da cultura dos paleoameríndios; os sítios nos quais se encontram vestígios positivos de ocupação pelos paleoameríndios; os sítios identificados como cemitérios, sepulturas ou locais de pouso prolongado ou de aldeamento "estações" e "cerâmios"; e as inscrições rupestres ou locais e outros vestígios de atividade de paleoameríndios" (IPHAN, 2009).

A Rota dos Tropeiros é um patrimônio cultural reconhecido e valorizado pela sociedade regional no Alto Uruguai, conforme se verificou nas consultas públicas realizadas para a elaboração da "Análise de Fragilidades Ambientais da Bacia Hidrográfica dos rios Apuaê- Inhandava". Na ocasião, várias foram as reivindicações para sua incorporação como variável indicadora da fragilidade do patrimônio histórico-cultural na região de estudo, o que ensejou a pesquisa, avaliação pela equipe técnica e posterior agregação da variável ao trabalho (FEPAM/UFSM, 2005).

Considera-se que, a rota dos tropeiros, por incluir sítios que apresentam remanescentes de obras humanas que testemunham um período histórico importante da ocupação do território sul-brasileiro (por exemplo, as taipas de pedras ainda conservadas na região de Lages, SC), também apresenta características de patrimônio cultural imaterial, configurado nos usos e costumes da população, que cultua a tradição do tropeirismo, periodicamente faz encontros para divulgação dos estudos sobre o tema e estabelecem rotas turísticas e cavalgadas ao longo das rotas (Santos & Barroso, 1995, Santos et al., 2000; Flores, 1998).

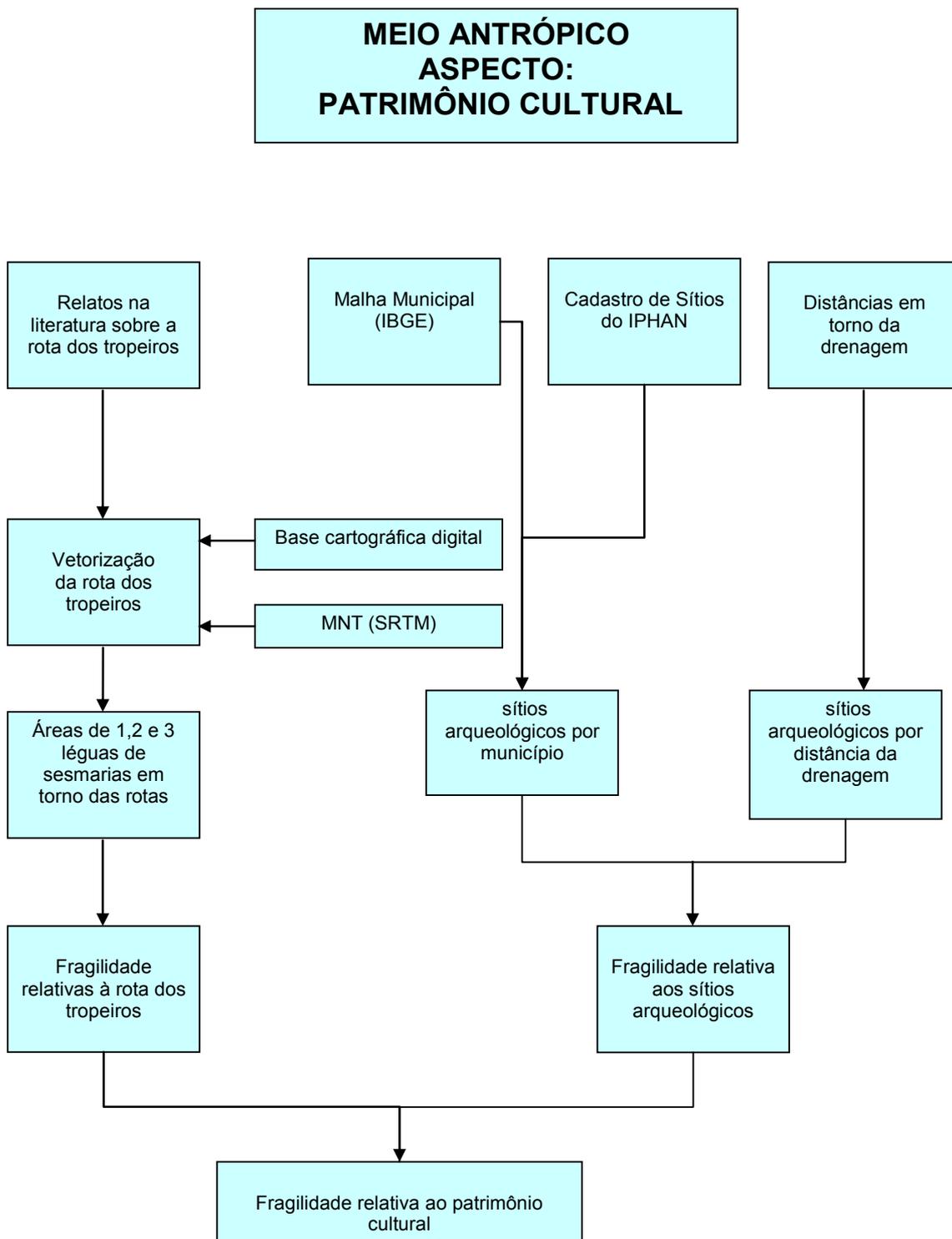


Figura 5-90 Fluxograma do Aspecto Patrimônio Cultural

5.3.4.1 Variável Rota dos Tropeiros

A digitalização da rota dos tropeiros foi realizada tomando por base os relatos históricos contidos na literatura (Santos & Barroso, 1995, Santos et al., 2000; Flores, 1998), mapas cadastrais básicos e a topografia representada pelo modelo numérico de terreno (MNT).

A rota dos tropeiros foi o caminho utilizado para conduzir o gado do sul do país para os estados de São Paulo e Minas Gerais, desde o século XVIII, estendendo-se esta atividade até o início do século XX. A rota teve fundamental importância para o surgimento de várias cidades gaúchas e catarinenses, como Viamão, Barracão, Vacaria, Lagoa Vermelha, Lages, entre outras.

O caminho que os tropeiros percorriam, dentro da atual área de estudo do Frag-Rio, iniciava-se em São Borja, RS, se dirigia ao Planalto Médio do RS e Campos de Cima da Serra (RS) e Campos de Lages (SC), passando por localidades onde encontram-se hoje cidades como Cruz Alta, Passo Fundo, Lagoa Vermelha, Barracão e Campos Novos, ou Viamão, Bom Jesus, Lages, em direção ao Paraná.

A Rota dos Tropeiros foi reconstruída a partir de registros bibliográficos. Os estudos históricos, além de mapas esquemáticos, de pouco valor cartográfico para a escala selecionada neste estudo, apresentam tabelas e relatos de tropeiros que descrevem aspectos da toponímia e de pontos notáveis, como estâncias, atributos que podem ainda ser identificados na base cartográfica. Associando-se estas informações com a localização das travessias de rios (os Passos) e com a localização dos divisores de água, foi possível a reconstrução (estimada) e mapeamento da rota dos tropeiros.. No Rio Grande do Sul, encontravam-se três importantes pontos de cobrança de impostos da coroa Portuguesa, que sempre se localizavam em travessias de rios importantes (porisso denominados Passos), O Passo do Goio-En, o Passo do Pontão e por fim o Passo de Santa Vitória.

Na reconstrução da rota, foram observados detalhes relacionados ao comportamento dos tropeiros em relação aos riscos das travessias dos grandes rios. Em geral, eles buscavam os caminhos que evitassem a travessia de grandes rios, percorrendo os divisores de águas das bacias. Na literatura histórica, também encontram-se descrições de locais que eram utilizados para descanso e recuperação das tropas, onde iniciaram-se as vilas que originaram as cidades.

Com o passar do tempo, grande parte da rota dos tropeiros foi convertida em rodovias e áreas para agricultura intensiva, dadas as facilidades de mecanização nas áreas de relevo suave ondulado que ocorre no Planalto junto aos divisores de água. No entanto, em regiões dos Campos de Cima da Serra e na região de Lages, ainda restam elementos materiais da rota, como a taipas de pedras que delimitavam os caminhos e auxiliavam no confinamento da tropa no roteiro de viagem.

Ao longo da rota, estabeleceu-se, nas regiões de campo, um processo de colonização baseado em concessões de sesmarias, as quais eram de uma légua de largura por três léguas de comprimento (uma légua de sesmaria = 1.650m). Para avaliação da probabilidade de que ao longo da rota fossem encontrados sítios históricos, considerou-se que estes estão possivelmente concentrados ao longo da primeira légua da estância, uma vez que era mais lógico que as sedes fossem situadas perto das rotas. Assim, atribuíram-se notas de fragilidades considerando a divisão de uma sesmaria em três partes iguais de uma légua. A Tabela 5-28. apresenta as notas estabelecidas para as faixas de léguas no entorno da rota dos tropeiros.

Tabela 5-28 Fragilidades associadas à Rota dos Tropeiros.

Distância do eixo da rota dos tropeiros < 1650m (< uma léguas)	Fragilidade
1651 – 3300m (entre uma e duas léguas)	50
3301 – 6600 (entre duas e três léguas)	150
> 6601 (maior que três léguas)	255

A Figura 5-91 apresenta o mapa da variável Rota dos Tropeiros.

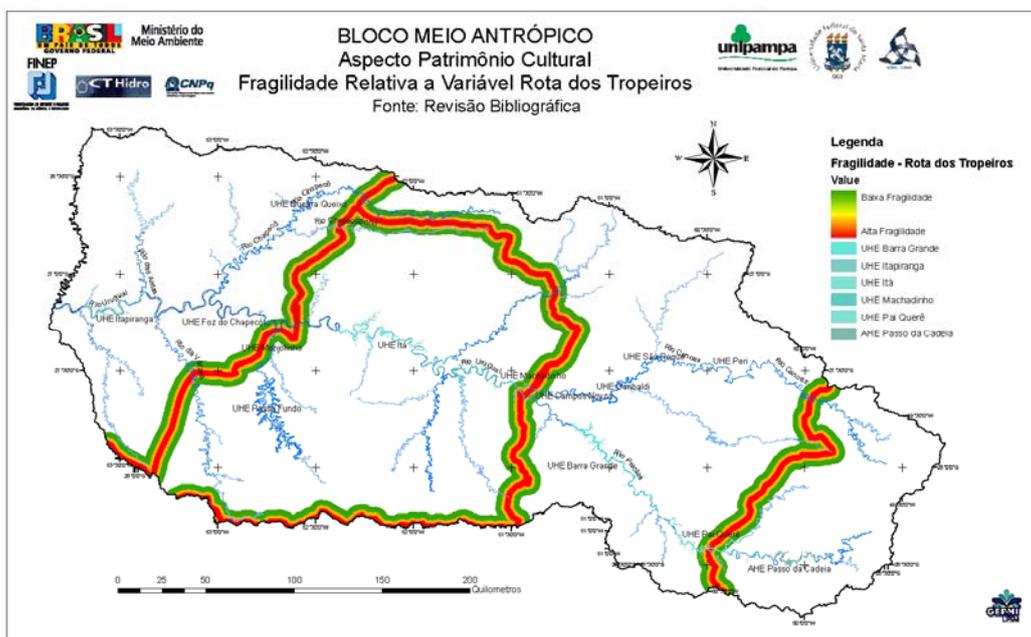


Figura 5-91 Rota dos Tropeiros

5.3.4.2 Variável Sítios Arqueológicos

A Variável Sítios Arqueológicos foi obtida através de busca de dados do IPHAN na internet (<http://portal.iphan.gov.br/portal/>), tendo-se efetuado o download de todos os registros existentes para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Para espacialização das ocorrências, foram utilizadas duas estratégias. A primeira utilizou o número de registros de sítios por município. Deste modo, atribuiu-se a polígono da malha municipal o atributo número de sítios. No entanto, observa-se que as ocorrências de sítios são distribuídas de modo agregado, sendo originadas não de levantamentos sistemáticos do território, mas de levantamentos ocasionais referenciados a projetos ou Estudos Ambientais associados a grandes empreendimentos, especialmente de hidrelétricas. Considera-se que se foram localizados sítios arqueológicos abundantes em um município, sendo efetuadas novas escavações neste município, haverá uma razoável probabilidade de que sejam encontrados novos sítios.

Ainda dos registros do IPHAN, retirou-se a informação que permitiu o desenvolvimento da segunda estratégia de espacialização para a modelagem da probabilidade de ocorrência de sítios arqueológicos: a distância do rio mais próximo. Sabe-se que o ser humano sempre buscou construir seus assentamentos próximos aos recursos hídricos: ali buscavam alimento, via de transporte, entre outros usos (Griffin, 1982; Cavalli-Sforza & Cavalli-Sforza, 2002; Postel & Richter, 2003). Utilizando-se a

rede de drenagem e uma função de probabilidade associada à distância da rede, poderia-se aliar a probabilidade de ocorrência de sítios, independente da descoberta prévia, o que reduz, ou compensa, o viés causado pela fragmentação dos estudos arqueológicos.

Para tal foram tabulados os dados de distâncias de rios mais próximos de todos os sítios dos estados envolvidos e feito um estudo de frequência acumulada. Os resultados foram convertidos para escala de fragilidades. A Figura 5-92 apresenta a relação entre distância do rio mais próximo e da frequência acumulada. A Tabela 5-29 apresenta a conversão desta frequência em uma escala de fragilidades.

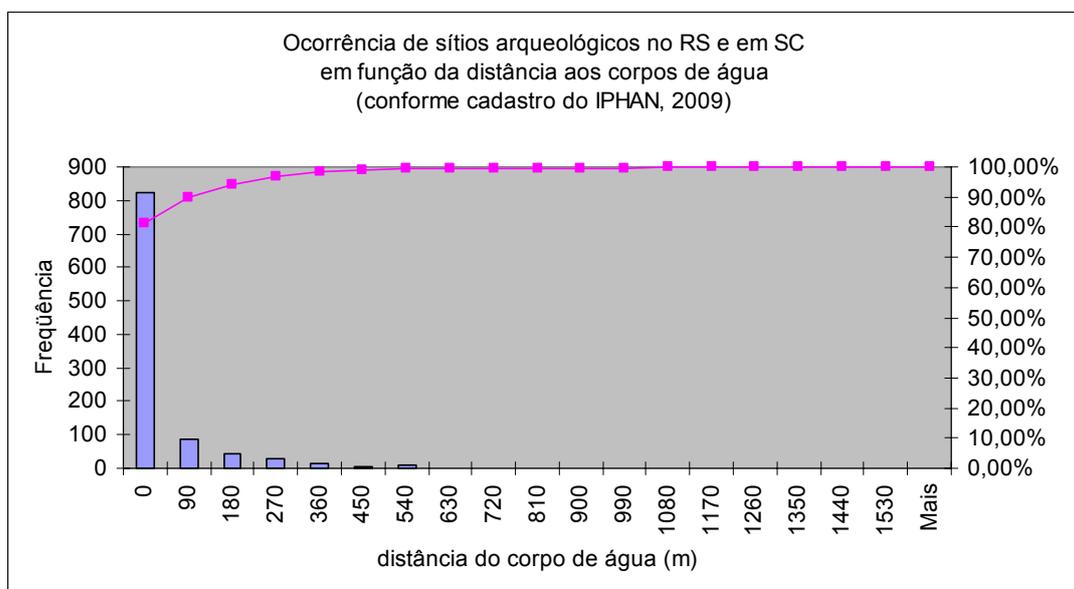


Figura 5-92 Ocorrência de sítios arqueológicos em função da distância dos rios

Tabela 5-29 Fragilidades associadas à distância dos sítios arqueológicos ao rio mais próximo

Distância do corpo de água (m)	Frequência	% cumulativa	Fragilidade ajustada
0	824	81,10%	48
90	89	89,86%	233
180	43	94,09%	244
270	29	96,95%	248
360	13	98,23%	252
450	5	98,72%	253
540	9	99,61%	253
630	0	99,61%	254
720	0	99,61%	254
810	0	99,61%	254
900	1	99,70%	254
990	0	99,70%	254
1080	2	99,90%	254
1170	0	99,90%	254
1260	0	99,90%	254
1350	0	99,90%	254
1440	0	99,90%	254
1530	1	100,00%	255
Mais	0	100,00%	255

O mapa de fragilidades desta variável foi obtido através da soma ponderada com pesos iguais do mapa de fragilidades por ocorrências de sítios por municípios e do mapa de ocorrência de sítios em função da distância da drenagem. As fragilidades foram expressas em escala de 1 – 255 (respectivamente alta e baixa).

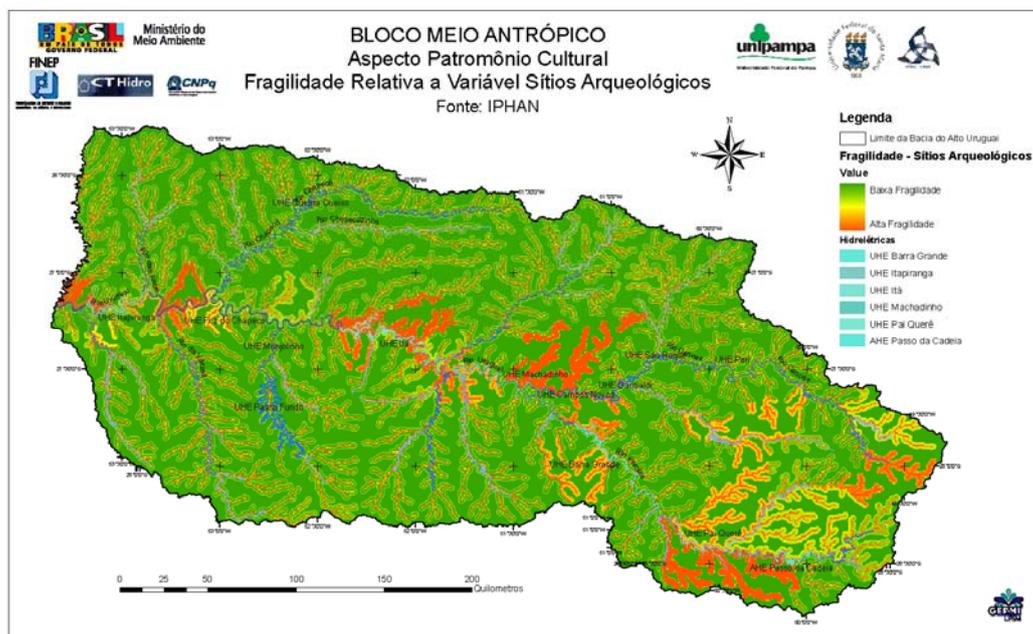


Figura 5-93 Mapa de Fragilidades da Variável Sítios Arqueológicos

5.3.4.3 Análise Parcial dos Resultados

A Figura 5-94 apresenta o mapa de fragilidades relativas ao aspecto Sítios Históricos.

O resultado mostra que a maior parte das áreas de alta fragilidade está situada ao longo das drenagens dos rios de maior ordem e nas drenagens situadas nos Campos da região leste da bacia. Três fatores contribuem para este padrão. O primeiro é o papel do rio Uruguai e Pelotas como via de transporte e fonte de recursos para os primeiros assentamentos humanos na região. O segundo refere-se ao fato de que as principais obras que efetuaram levantamentos arqueológicos, por ocasião dos estudos ambientais de licenciamento, são as hidrelétricas já existentes ou em estudo. O terceiro refere-se ao Ponto de cruzamento da rota dos tropeiros mais importante do ponto de vista histórico: o Passo Santa Vitória, situado na confluência do rio dos Touros com o rio Pelotas, onde se deu importante batalha da Revolução Farroupilha, que abriu caminho para as tropas lideradas por Anita e Garibaldi passarem a Lages e fundamentarem as bases da República Juliana em Santa Catarina. Além do mais, é nesta região que se encontram os remanescentes materiais mais abundantes da rota dos tropeiros, fortalecendo a importância da mesma na cultura da região.

Deste modo, o trecho mais crítico, de acordo com este indicador, está situado à montante da UHE Barra Grande no rio Pelotas. Tanto a UHE Pai Querê quanto ao AHE Passo da Cadeia afetam trechos de alta fragilidade. Sítio histórico importante, o passo Santa Vitória, será diretamente impactado pela UHE Pai Querê.

Observa-se também que o trecho situado à jusante da UHE Foz do Chapecó apresenta uma alta fragilidade quanto a esta variável, em especial na área que pode ser afetada pela implantação da UHE Itapiranga.

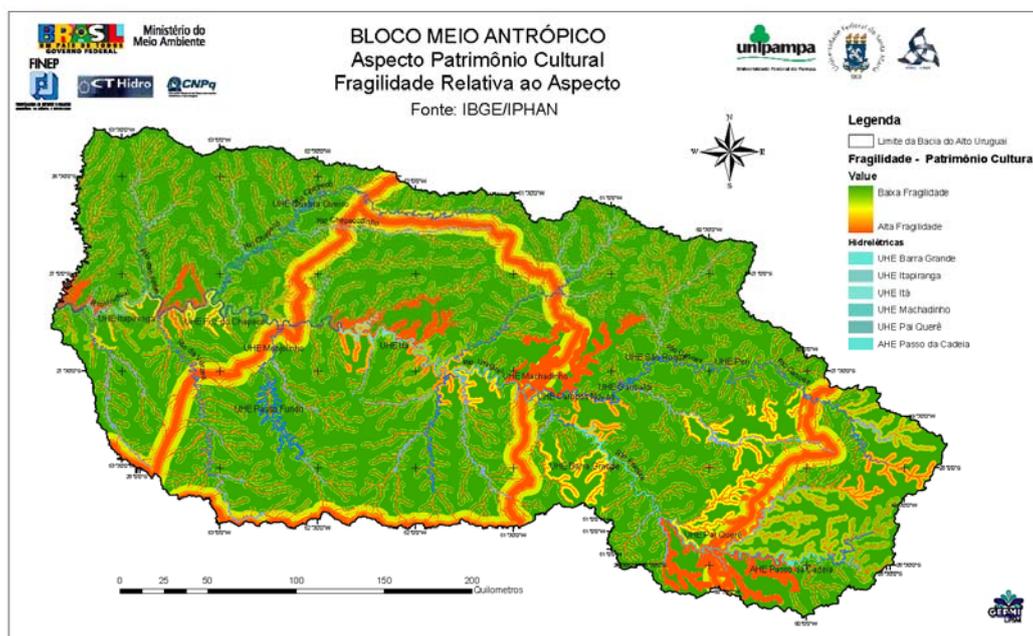


Figura 5-94 Mapa de Fragilidades do Aspecto Sítios Históricos

5.3.5 Aspecto Áreas Urbanas ou Urbanizadas

Áreas urbanas ou urbanizadas são especialmente frágeis para implantação de hidrelétricas. Seus reservatórios podem alagar áreas densamente povoadas, causando grande necessidade de re-aloções, bem como gerando ambientes de águas paradas, com alta probabilidade de serem contaminadas pelos esgotos industriais e domésticos, favorecendo a proliferação de doenças e colocando em risco a população. Por outro lado, se é decidida a localização de um reservatório próximo a uma área urbana, aumenta-se a probabilidade de sua eutrofização e com isto a probabilidade de proliferação de macrófitos aquáticos ou algas cianofíceas, por exemplo.

5.3.5.1 Variável Distância em Relação às Áreas Urbanas

Para estimar a fragilidade da Variável Distância em Relação às Áreas Urbanas, foram consideradas áreas urbanas somente aquelas que foram mapeadas na base do Probio (MMA, 2007c), que utilizou imagens de satélite compatíveis com a escala de 1:250.000 (imagens do satélite Landsat). No entorno destas áreas urbanas foram estipuladas faixas para atribuição de fragilidades. Quanto mais próximo da cidade, maior a fragilidade. A Tabela 5-30 apresenta as fragilidades associadas a cada faixa de distância das áreas urbanas.

Tabela 5-30 Valores de fragilidade associados às faixas de distância das áreas urbanas ou urbanizadas.

Distância da área urbana ou urbanizada	fragilidade
0 – 500m	1
501 – 1000m	51
1001 – 1500m	127
1501 – 2000m	204
>2001m	255

5.3.5.2 Análise Parcial dos Resultados

A Figura 5-95 apresenta o resultado referente às fragilidades do aspecto Áreas Urbanas ou Urbanizadas. Observa-se que as áreas que concentram maior quantidade de polígonos estão situadas na parte central e oeste da área de estudo, cobrindo áreas que originalmente eram cobertas por florestas, de ocupação tardia, baseada na colonização e no desmatamento, com matriz de pequenas propriedades familiares. Esta dinâmica resultou em uma maior densidade demográfica e na proliferação de pequenos centros. Já na parte leste, associada aos Campos de Cima da Serra, existem poucas áreas urbanas, principalmente situadas no topo do Planalto, junto aos divisores de água, situadas ao longo das rotas de tropeiros e que apresentam uma matriz de propriedades de maior porte, fruto da colonização através de concessões de sesmarias.

Ao contrário da região oeste, de vales largos, que permitiu a penetração do colono através do próprio rio e, com isto, exigiu a localização de portos ao longo dos rios, no lado leste, os vales estreitos e a ocupação predominantemente situada nos divisores de água, configuram a estrutura que determina este padrão espacial. Deste modo, no trecho do rio Pelotas situada à montante da UHE Barra Grande, não se verificou fragilidades associadas a este aspecto. Já no trecho do rio Uruguai, situado à jusante da UHE Foz do Chapecó, existe forte presença de fragilidades associadas à áreas urbanas junto à calha do rio principal.

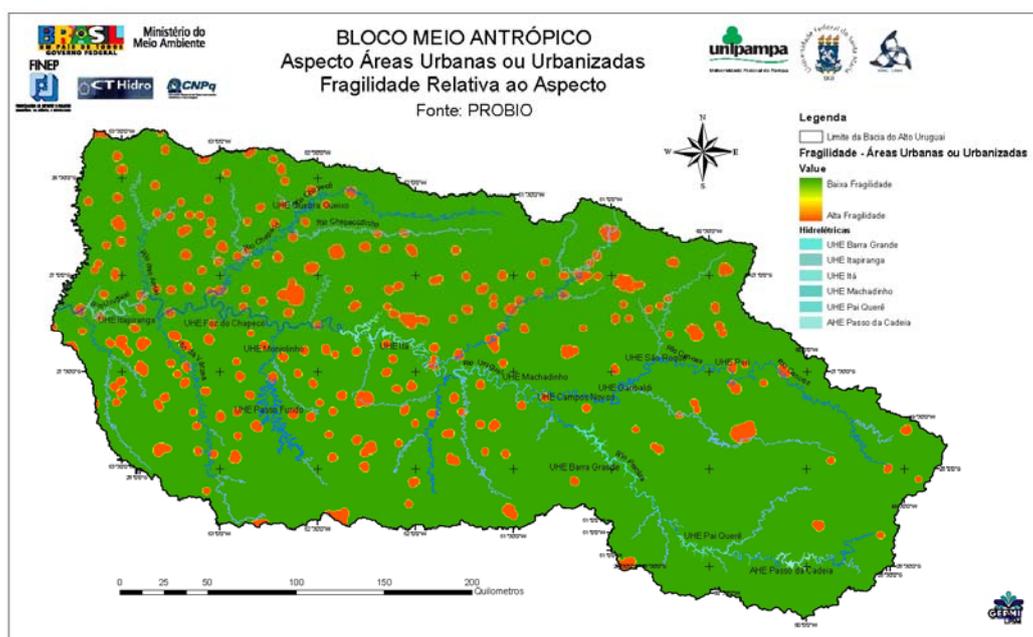


Figura 5-95 Mapa de fragilidades do aspecto Áreas Urbanas ou Urbanizadas

5.3.6 Aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial

O aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial visa indicar as alterações que podem ocorrer em função da modificação das conexões espaciais que organizam a vida das pessoas nas imediações dos cursos de água. Para a construção deste indicador, foi levantada e atualizada a rede viária com base em mapas disponibilizados pelo DNIT, FEPAM e EPAGRI, os quais foram classificados de acordo com a dominialidade.

O argumento que sustenta o critério de atribuição de fragilidades estabelece que os impactos sobre as relações é inversamente proporcional à abrangência espacial da estrutura viária. Deste modo, estradas municipais tendem a possuir um tráfego menos intenso, do ponto de vista quantitativo, mas, do ponto de vista da capacidade de mitigação, ou de compensação, são elas que determinam os impactos maiores. Considera-se que dificilmente um empreendimento de pequeno porte será viabilizado se tiver que mover uma ponte de uma estrada federal com papel de ligação internacional. Situações deste tipo somente são viabilizadas para grandes UHEs, onde o custo total do investimento e do seu retorno justificam o desvio do tráfego e novas obras para mitigação dos efeitos. Já as rodovias vicinais, podem ser desviadas por empreendimentos de pequeno porte. No entanto, o rompimento de relações de vizinhança, muitas vezes representando impactos permanentes, é de difícil mitigação e exige, muitas vezes, processos de negociação com desvantagem para as partes atingidas, dada a sua menor capacidade de pressão (dado que os impactos são muitas vezes restritos a número pequeno de famílias). Nogueira (2007) descreve, por exemplo, a fragmentação das vias de acesso causada pela UHE Cachoeira do Emboque, MG, onde esta característica pesou em todo o processo de negociação dos conflitos entre os atingidos e empreendedores. A implantação da barragem aumentou o tempo de deslocamento da população para os centros urbanos, o que é crítico para uma população que tem seu meio de transporte predominante com base na tração animal, como manifesto no informante da autora: “Bom, agora a gente tem que andar muito para ir pra cidade, a estrada ficou grande e perigosa. Isso afasta a gente das pessoas e dificulta a vida, se um passa mal a gente nem tem como correr pra cidade (informante proprietário, 53 anos)” (Nogueira, *op.cit.*).

Deste modo, a fragilidade é maior nas estradas municipais, seguidas pelas estaduais e por fim as federais.

5.3.6.1 Variável Estradas e Ferrovias

A variável Estradas e Ferrovias foi construída através da vetorização e sistematização de bases cartográficas disponibilizadas pela FEPAM, para o Rio Grande do Sul, EPAGRI, para Santa Catarina e atualizadas com base nas cartas disponibilizadas pelo DNIT. Uma vez digitalizadas, foram classificadas em rodovias municipais, estaduais e federais. As ferrovias também foram consideradas muito frágeis, uma vez que as relações entre ferrovias e terrenos que possuem encostas íngremes estabelecem uma disponibilidade de rotas alternativas limitada por parâmetros de projeto das estradas de ferro (em especial, a declividade máxima). As fragilidades atribuídas estão expressas na Tabela 5-31.

Tabela 5-31 Fragilidades atribuídas à variável Estradas e Ferrovias.

Via	Fragilidade
Rodovia municipal	255
Rodovia estadual	128
Rodovia federal	51
Ferrovia	204

5.3.6.2 Variável Proximidade e Cruzamento com a Rede Fluvial

A variável Proximidade e Cruzamento com a Rede Fluvial visa delimitar as áreas que possuem maior probabilidade de que haja interferência da proximidade de obras de infraestrutura de transporte em relações de populações ribeirinhas e de encostas próximas aos cursos de água. Essa probabilidade é dependente da ordem do rio. Quanto maior a ordem do rio, maior a disponibilidade de locais para assentamentos ao longo das margens e encostas. Deste modo, estabeleceu-se uma faixa de 5 km no entorno da drenagem de quinta ordem até a sétima ordem para limitar esta área de influência. As áreas presentes dentro da faixa receberam valor 1 e as exteriores valor 0.

5.3.6.3 Análise Parcial dos Resultados

O mapa do aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial foi obtido multiplicando-se os mapas das variáveis Proximidade e Cruzamento com a Rede Fluvial e Estradas e Ferrovias. O mapa final foi reclassificado para que as áreas externas às faixas tivessem seu valor de fragilidade ajustado para a escala padrão, ou seja, atribuiu-se valor 255 para as áreas que ficaram com valor zero.

A Figura 5-96 apresenta o resultado das fragilidades para o aspecto. As Figuras 5-97 e 5-98 apresentam detalhes deste mapa com a sobreposição das áreas de inundação das UHEs Itapiranga e Pai Querê e AHE Passo da Cadeia.

A análise dos resultados demonstra que o trecho de rio que apresenta maior fragilidade quanto a este aspecto é o trecho situado à jusante da UHE Foz do Chapecó, no rio Uruguai, como pode ser visto no detalhe referente à UHE Itapiranga. Neste trecho, existe uma densa rede de vias longitudinais ao rio, situadas em meia encosta, nos degraus dos vales, onde ocorre denso estabelecimento de pequenas propriedades de origem colonial. Como em muitos locais estas vias serão alagadas, a construção de rotas alternativas, dada a grande declividade que ocorre nas cotas superiores, envolve a provável necessidade de transferir a localização das vias para a parte superior do planalto, causando forte impacto de fragmentação de comunidades e suas relações.

Já no trecho situado à montante da UHE Barra Grande, no rio Pelotas, observa-se uma menor densidade de vias na área de alague das UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia. Este fato é consistente com a ocupação histórica dos Campos de Cima da Serra, que se deu através de concessões de sesmarias, estando as sedes das propriedades situadas geralmente nos divisores de água, assim como as principais áreas urbanas da região. Os trechos dos vales em V, presentes na região, que permitem o estabelecimento de assentamentos, estão associados aos antigos passos de tropeiros, configurando uma rede que se relaciona mais com a drenagem como pontos de travessia do que de pontos de acesso para assentamentos humanos de encosta (como nas colônias da parte oeste da área de estudo). No entanto, estes assentamentos localizados nos trechos de travessias, situam-se em locais de difícil acesso, servidos por estradas situadas em locais de declividades muito altas e com densidade populacional baixa. Deste modo, a fragmentação destes acessos pelas barragens pode resultar em um aumento do isolamento das pessoas que residem nestes assentamentos.

A análise preliminar deste aspecto demonstra, portanto, uma maior fragilidade para o trecho situado à jusante da UHE Foz do Chapecó, afetando a área da UHE Itapiranga mais intensamente que as áreas das UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia.

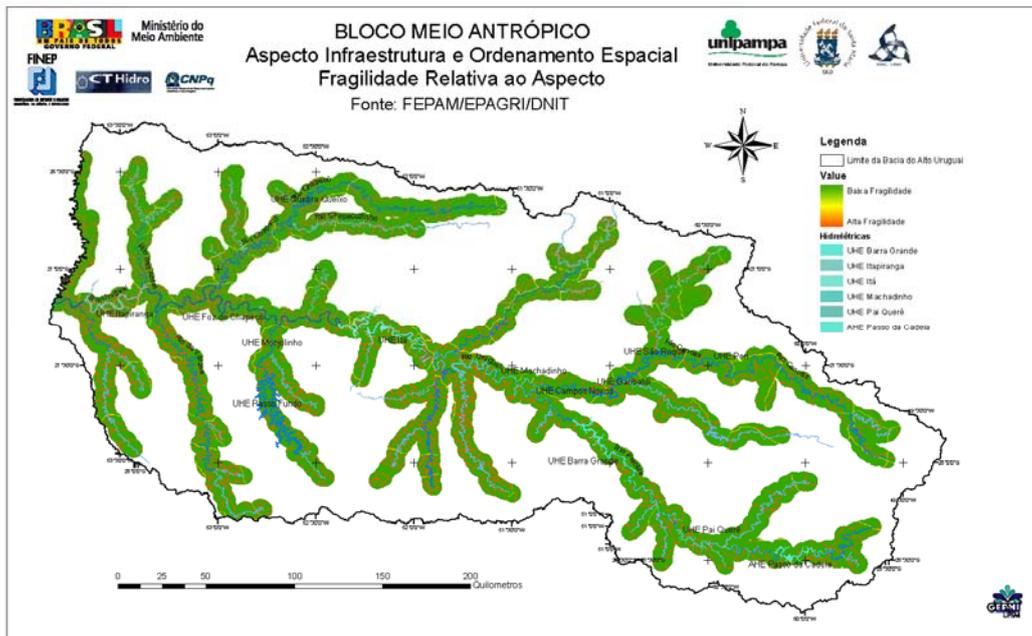


Figura 5-96 Mapa de fragilidades do aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial



Figura 5-97 Detalhe do Mapa de fragilidades do aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial com sobreposição da área de inundação da UHE Itapiranga

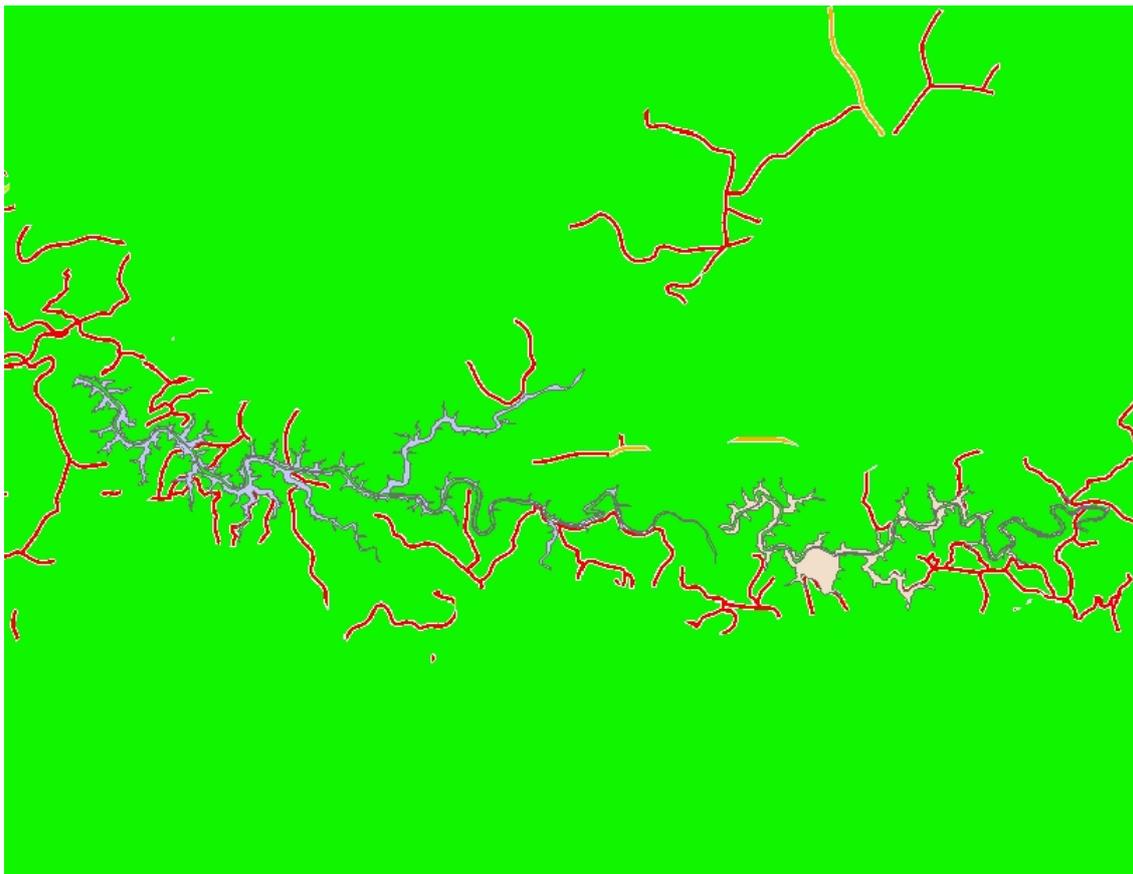


Figura 5-98 Detalhe do Mapa de fragilidades do aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial com sobreposição da área de inundação das UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia

5.3.7 Resultados do Bloco Meio Antrópico

Os resultados do Bloco meio Antrópico são dependentes dos cenários estabelecidos, uma vez que o Aspecto Influências sobre Populações Tradicionais de Pescadores é avaliado em termos de pescadores acumulados sobre redes de drenagens ligadas em trechos contínuos, as quais são modificadas pela presença ou não de empreendimentos que possam fragmentá-las.

Observa-se que os cenários que envolvem a implantação do Complexo Garabi e da UHE Itapiranga são os que apresentam maior impacto sobre o meio antrópico, em especial devido à fragmentação dos estoques pesqueiros explorados pelos pescadores, os quais se situam, na área de estudo, principalmente na parte oeste, assim como na interferência com as populações ribeirinhas. Isto é demonstrado nos aspectos relacionados à densidade de ocupação nas áreas ribeirinhas e de encosta próxima aos rios, nas áreas urbanas e urbanizadas e na estrutura do ordenamento espacial da infraestrutura de transportes. As probabilidades de fragmentação de relações de vizinhança, econômicas e culturais são maiores nesta região.

Somente em termos de patrimônio histórico esta tendência é invertida. Dada a riqueza de sítios arqueológicos e da rota dos tropeiros, o trecho situado à montante da UHE Barra Grande apresenta uma maior fragilidade que o trecho situado à jusante da UHE Foz do Chapecó.

Esta situação, no entanto, somente pode resultar em uma alteração do comportamento do bloco se esse aspecto receber um peso muito grande.

No entanto, os pesos estabelecidos por consenso em reunião da equipe técnica com o GT de acompanhamento, efetuada em Porto Alegre no Instituto de Pesquisas Hídricas, não atribuem dominância para este aspecto, uma vez que ele pode ser mitigado e compensado mais facilmente que outros impactos relacionados ao meio antrópico. A Tabela 5-32, abaixo, apresenta os pesos estipulados.

Tabela 5-32 Pesos dos aspectos para composição do Bloco do Meio Antrópico.

Aspecto	Peso
População Rural Deslocada	0,25
Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas	0,20
Influências sobre Comunidades de Pescadores Profissionais Artesanais	0,25
Patrimônio Cultural	0,10
Áreas Urbanas ou Urbanizadas	0,10
Infraestrutura e Ordenamento Espacial	0,10

Estes pesos, atribuídos por consenso, serão, na segunda etapa do projeto, submetidos a uma análise de sensibilidade.

As Figuras 5-99 a 5-108 apresentam o mapa de fragilidades do Bloco Antrópico para cada cenário.

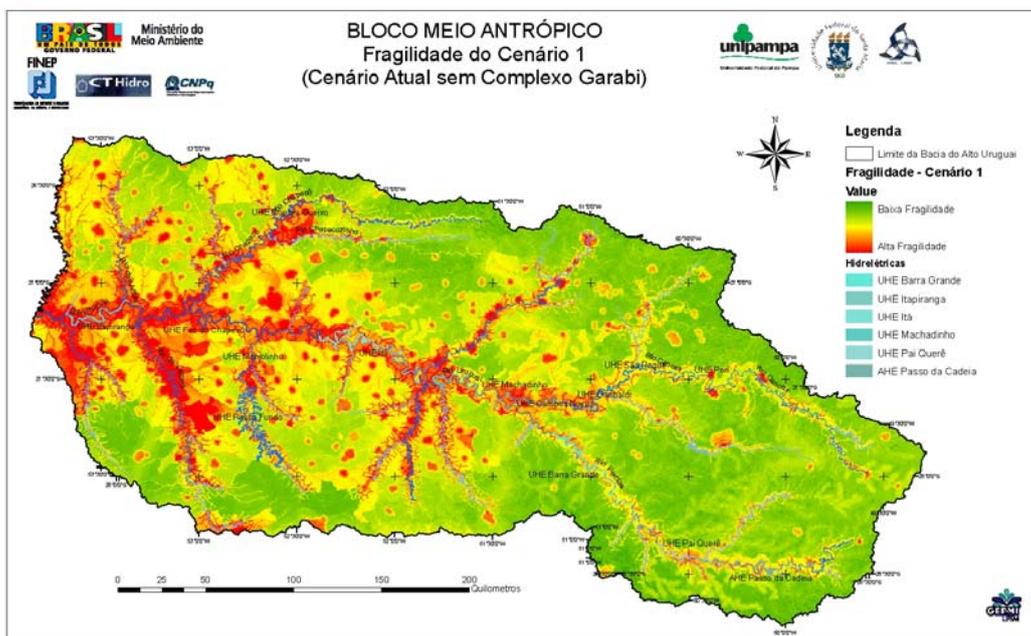


Figura 5-99 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 1 (Cenário Atual sem Complexo Garabi)

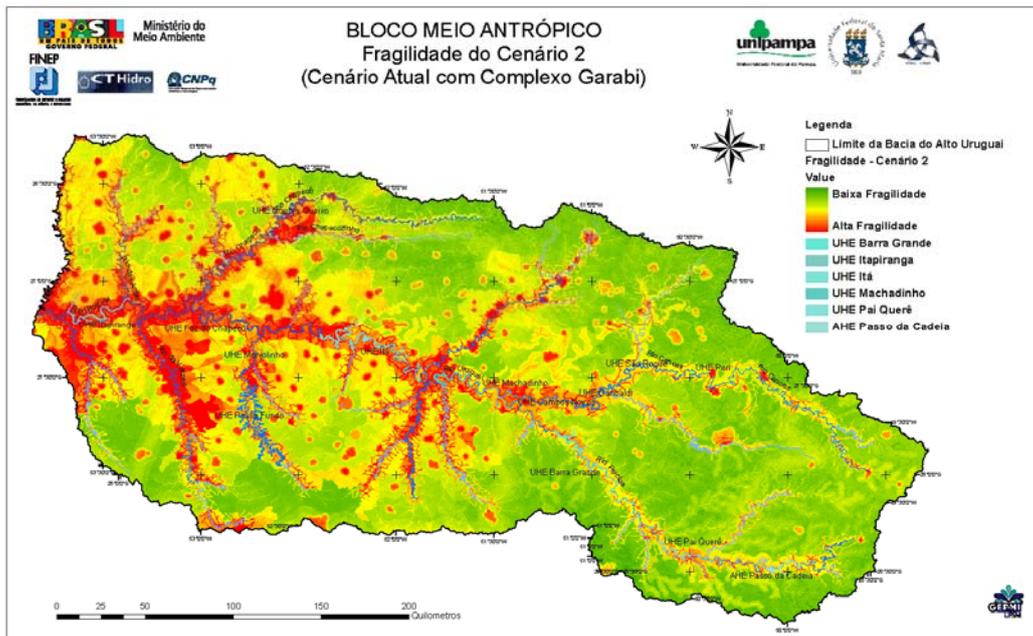


Figura 5-100 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 2 (Cenário Atual com Complexo Garabi)

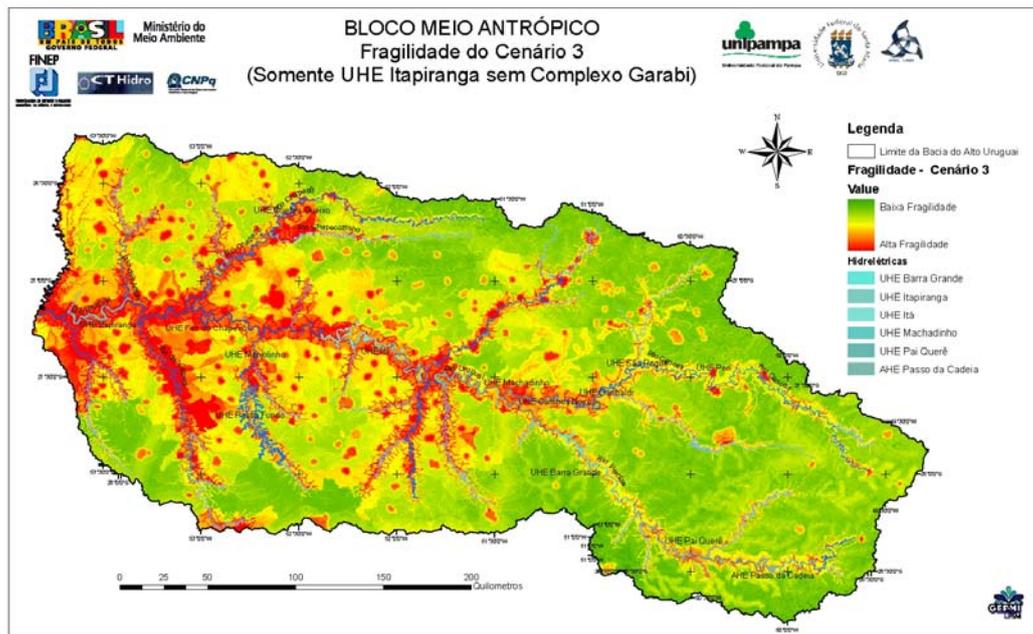


Figura 5-101 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 3 (Somente UHE Itaipiranga sem Complexo Garabi)

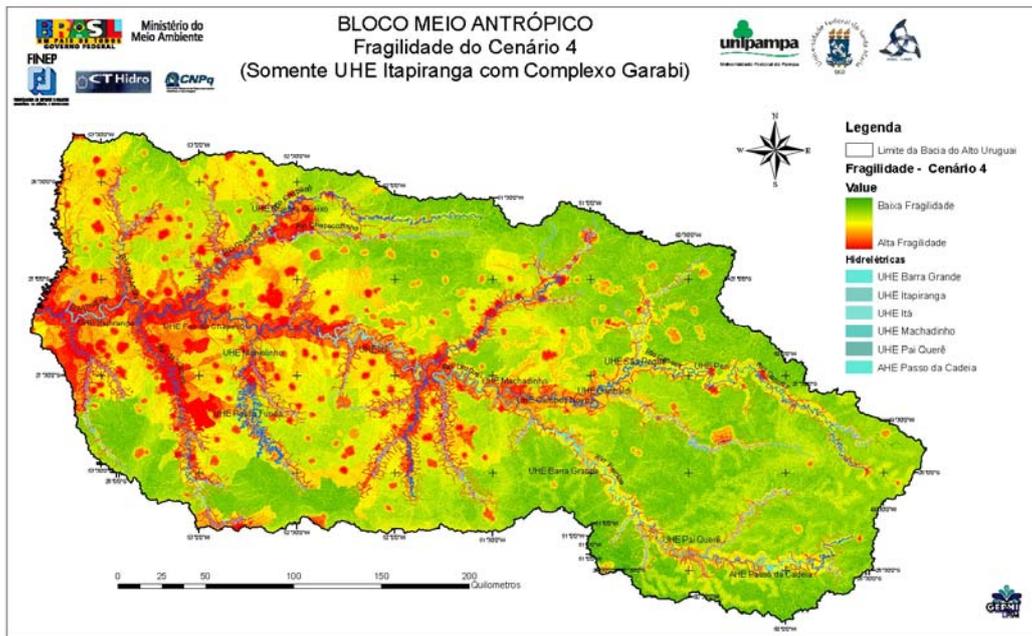


Figura 5-102 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 4 (Somente UHE Itaipiranga com Complexo Garabi)

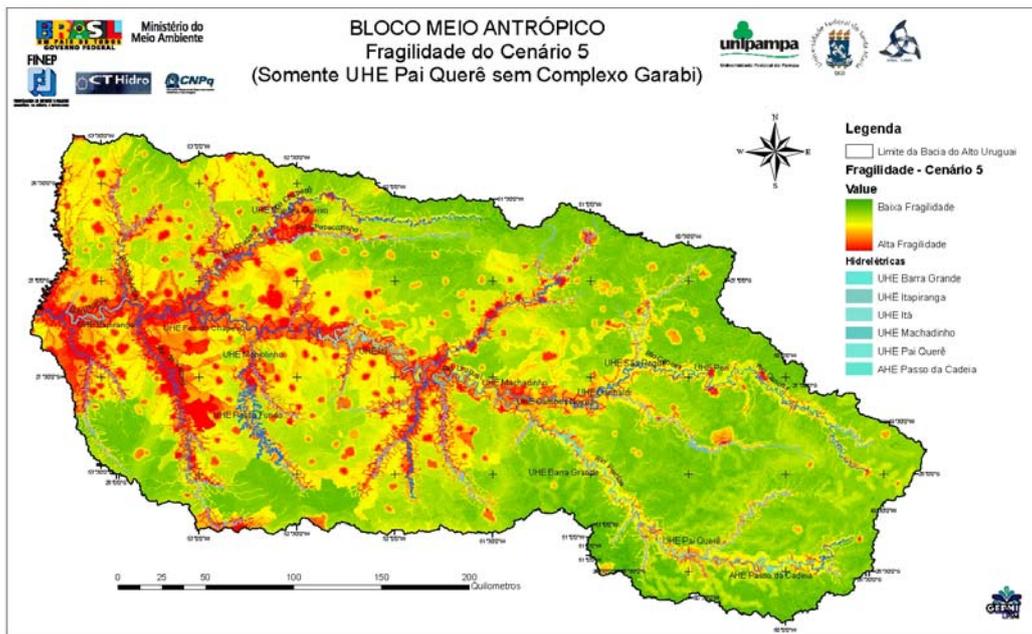


Figura 5-103 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 5 (Somente UHE Pai Querê sem Complexo Garabi)

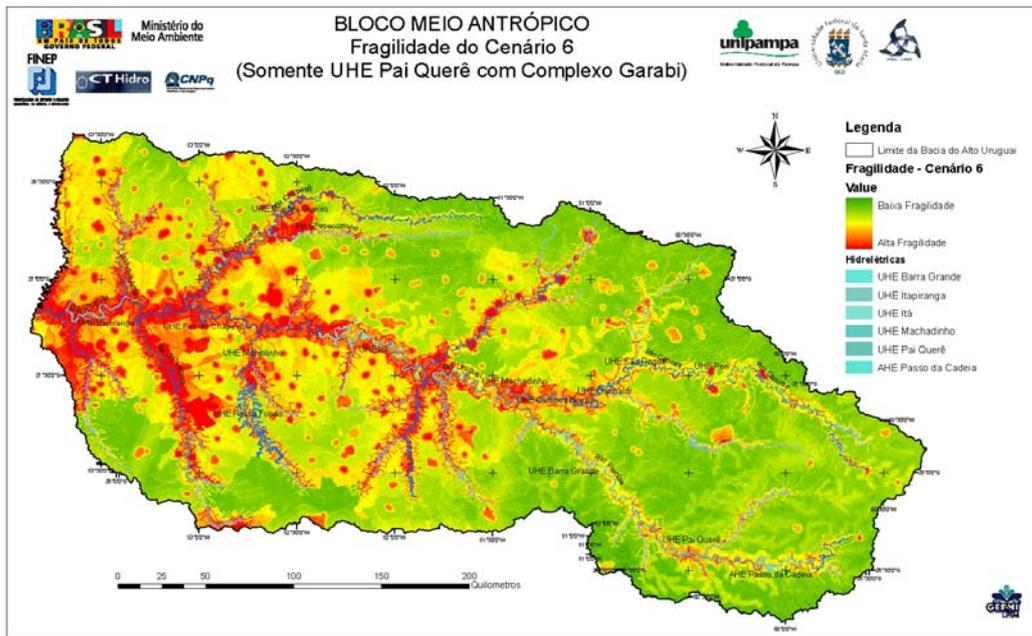


Figura 5-104 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 6 (Somente UHE Pai Querê com Complexo Garabi)

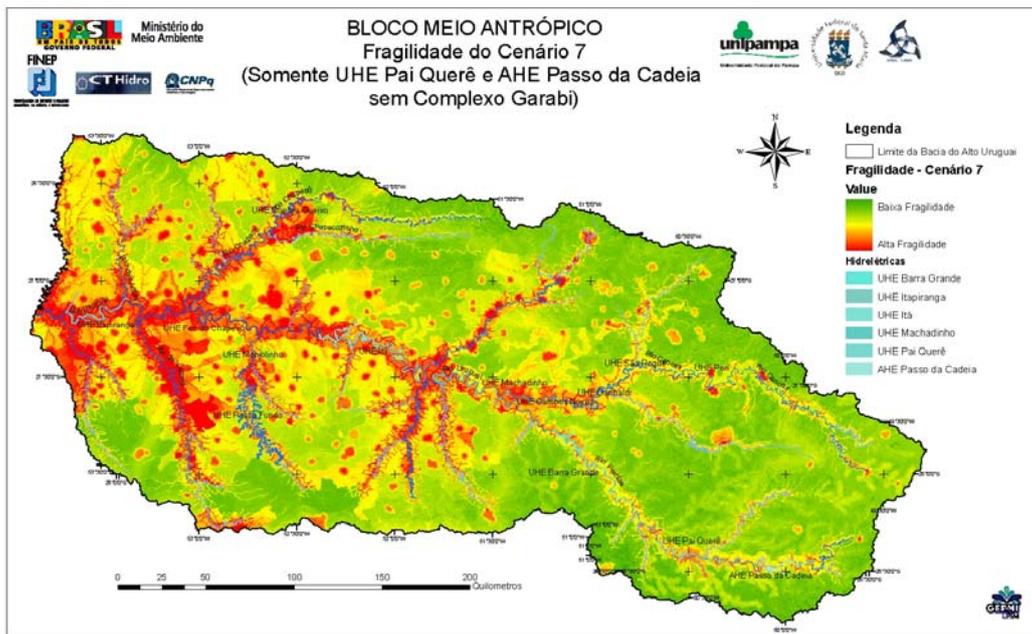


Figura 5-105 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 7 (Somente UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia sem Complexo Garabi)

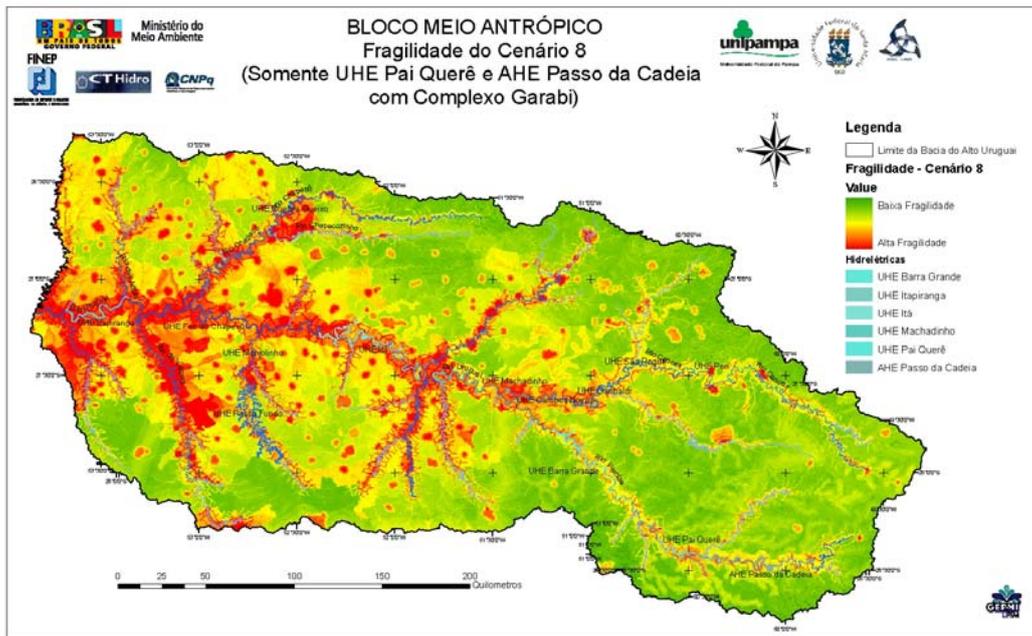


Figura 5-106 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 8 (Somente UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia com Complexo Garabi)

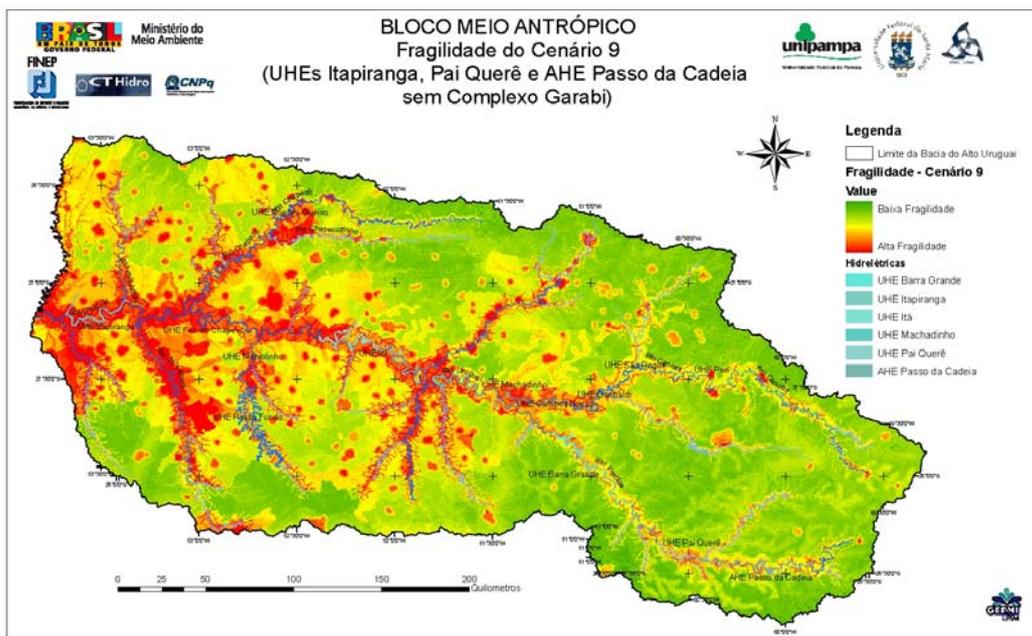


Figura 5-107 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 9 (UHes Itaipiranga e Pai Querê e AHE Passo da Cadeia sem Complexo Garabi)

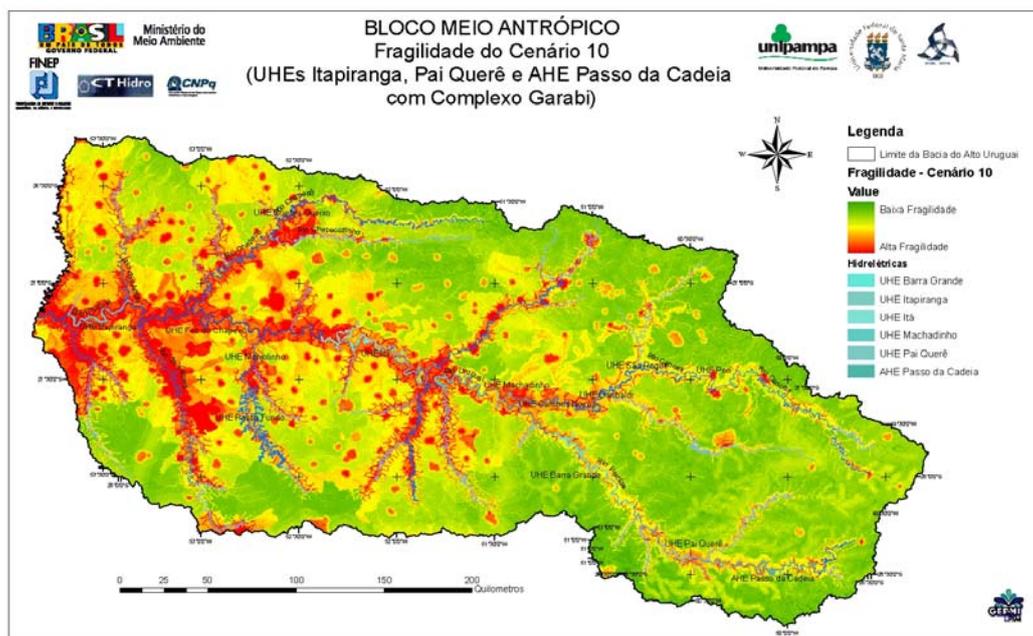


Figura 5-108 Bloco Antrópico. Fragilidades do Cenário 10 (UHEs Itaipiranga e Pai Querê e AHE Passo da Cadeia com Complexo Garabi)

A análise dos resultados permite dividir a área de estudo desta etapa em duas grandes áreas: a leste e a oeste, cada qual com alguma diferença visível nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

A região leste, onde estão projetados o AHE Passo da Cadeia e a UHE Pai Querê, caracteriza-se por um uso da terra baseado em médias e pequenas propriedades familiares do lado de Santa Catarina, com predominância de áreas de culturas permanentes (maçã) e culturas de subsistência. No lado gaúcho ocorrem propriedades de maior porte, ligadas à fisionomia dos Campos de Cima da Serra, de forte tradição de pecuária extensiva, de baixa lotação, dividindo a paisagem com pomares de maçã de grande área, cultivos anuais e silvicultura (principalmente de *Pinus*). Nos dois Estados a ocupação mais densificada do meio rural se dá nas cotas mais altas, sendo os vales muito pouco ocupados e, em geral, de difícil acesso. Este fato está ligado à história de ocupação, baseada na concessão de sesmarias, geralmente em área de campos nativos situados em cotas mais altas e ao longo das rotas de tropeiros. Do ponto da infraestrutura de transportes, este fato pode ser verificado na ausência de estradas que acompanham as margens do rio Pelotas. As estradas tendem a ser transversais ao eixo do rio, aproximando-se da calha somente nos locais de travessia, historicamente ligados aos “Passos” de tropas.

Observa-se, também, que os vetores de ocupação dos vales do rio Pelotas partem das cotas mais altas em direção à calha, principalmente com desmatamento para uso atual de pastagens e cultivo de *Pinus*. Esta tendência resulta em uma maior conectividade da vegetação florestal nativa nas cotas mais próximas do rio.

Do lado de Santa Catarina foi observada a pavimentação de estradas rurais, ligadas à expansão da cultura da maçã na região, uma vez que estariam vinculadas à

melhoria da qualidade do fruto para comercialização e consumo (redução de batidas devidas ao transporte em estradas de terra).

De ambos os lados do rio Pelotas, as cidades estão localizadas em áreas de divisores de água, ao longo dos antigos caminhos dos tropeiros. A distância do rio, associada à baixa densidade de ocupação do meio rural, traz menores riscos de contaminação dos reservatórios por esgotos. Por outro lado, o número de residências e instalações atingidas pela inundação dos reservatórios é muito pequeno.

Do ponto de vista histórico, os reservatórios podem atingir sítios como o Passo Santa Vitória, local onde se deu batalha da Guerra dos Farrapos¹⁵, onde os riograndenses infligiram séria derrota aos imperiais, mesmo com efetivos menores, local associado à principal rota dos tropeiros, que se dirigiam para a feira de Sorocaba.

Na região oeste, a ocupação está ligada ao processo de colonização européia, ligada ao interesse do Império em combater o “bugre”¹⁶ através da obrigação contratual explícita de desmatar. Deste modo, a colonização veio ocupar as áreas originalmente cobertas por florestas (o habitat dos indígenas que resistiam ao processo civilizatório), resultando em uma estrutura fundiária baseada em pequenas propriedades. A necessidade de desmatar e de escoar a madeira em toras, a geomorfologia que fornecia um vale mais largo, vieram a favorecer o estabelecimento de povoamentos ao longo dos rios, resultando em várias cidades situadas às margens do rio Uruguai. Do ponto de vista da infra-estrutura, esta forma de ocupação do espaço geográfico resultou em uma malha viária que, na maior parte da região, acompanha as margens do rio, servindo de acesso às numerosas propriedades rurais de origem colonial. A colônia impôs um uso mais intensivo da terra, com culturas anuais intensivas e uma pressão nos vales que se dá do rio para as encostas, com grande fragmentação da cobertura florestal original, em especial para a vegetação ciliar, ao longo do rio principal, que se apresenta estreita e fragmentada por culturas, estradas e estabelecimentos rurais. A predominância de pequenas propriedades favoreceu a instalação de criatórios de suínos e aves, em regime de integração, apresentando alto potencial de geração de cargas poluentes que podem causar risco de eutrofização dos reservatórios. A localização de grande número de propriedades ao longo das margens dos rios aumenta o risco de contaminação, assim como o potencial de geração de esgotos urbanos das cidades ribeirinhas, abundantes na região. Este padrão de ocupação traz um potencial de impacto social muito grande, dada a grande quantidade de famílias que serão atingidas pela inundação dos reservatórios, em região onde a disponibilidade de terras para relocá-las próximo aos locais de origem é pequena.

Dada a predominância de vegetação original florestal e a grande pressão pelo desmatamento imposta para as colônias, existe uma grande abundância de áreas

¹⁵ Guerra dos Farrapos (1835-1845) - No Passo Santa Vitória, localizado na confluência do rio dos Touros com o rio Pelotas, ocorreu batalha na qual os farroupilhas (republicanos), em número de 500, derrotaram 2000 soldados imperiais. Neste combate estavam presentes, na retaguarda, Giuseppe e Anita Garibaldi, que assistiram os lanceiros negros de Teixeira Nunes e os cavalarianos de Antônio Inácio de Oliveira derrotarem as tropas do Brigadeiro Francisco Xavier da Cunha no dia 14 de dezembro de 1839, cercadas em uma mangueira de taipa (pedras) utilizada para controle das tropas na alfândega que lá existia (<http://www.paginadogaucha.com.br/bibli/anita-10.htm>).

¹⁶ **Bugre** é a denominação dada a indígenas de diversos grupos do Brasil, por serem considerados sodomitas pelos europeus. A origem da palavra vem do francês *bougre*, que de acordo com o dicionário Houaiss possui o primeiro registro no ano de 1172 e significa 'herético', que por sua vez vem do latim medieval (século VI) *bulgàrus*. Como membros da igreja greco-ortodoxa, os búlgaros foram considerados heréticos, e o emprego do vocábulo para denotar a pessoa indígena liga-se à idéia de 'inculto, selvático, não cristão' - uma noção de forte valor pejorativo (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Bugre>).

remanescentes de grande importância para a conservação na parte oeste, incluindo a proximidade do Parque Estadual do Turvo e inúmeras terras indígenas distribuídas pela área. Tanto os ecossistemas florestais, como os indígenas que deles dependem, merecem cuidados especiais.

6 ANÁLISE INTEGRADA

A análise integrada é desenvolvida com base na combinação multicritério dos mapas dos blocos dos meios físico, biótico e antrópico. Esta ferramenta permite a agregação de informações, permitindo a geração dos índices ambientais da drenagem e das barragens, de forma que se possam hierarquizar os cenários e os empreendimentos em termos de fragilidades ambientais.

No entanto, cabe realçar que o processo de modelagem, envolvendo a agregação de muitas variáveis que são antagônicas em termos de valoração, podem resultar em um fenômeno de encobrimento das heterogeneidades, como função das compensações mútuas. Como ocorre com o movimento das ondas, dependendo da fase, elas se somam ou se anulam. Esta característica não é previsível “a priori”, o que remete o processo de modelagem a uma dinâmica iterativa, onde, após cada rodagem do modelo, procede-se a uma análise de sensibilidade, com vistas a reduzir o número de variáveis e reduzir a probabilidade de que efeitos subtrativos acabem por mascarar a heterogeneidade do ambiente real. Ou seja, a análise agregada não substitui a criteriosa análise desagregada. É mais um elemento para assessorar os tomadores de decisão. Na etapa 2 deste projeto está prevista a análise de sensibilidade, de forma que se possa aperfeiçoar o modelo de forma iterativa.

Outro aspecto a ser considerado, refere-se ao encobrimento de variáveis-chave na análise das fragilidades ambientais associadas com a fragmentação dos rios devido ao efeito de área. Variáveis que medem efeitos de fragmentação sobre a rede de drenagem são medidas sobre uma área proporcionalmente pequena da bacia. Mesmo quando os valores são extraídos somente para a rede de drenagem, os trechos afetados, especialmente em grandes bacias, podem representar uma proporção pequena da área total ocupada pela drenagem, subestimando a importância das alterações propagadas em rede. Este fato leva a recomendação de que se proceda à análise desagregada da fragmentação, como uma instância a parte na análise integrada e como subsídio ao processo de tomada de decisões.

Outro caminho possível, que remete ao aperfeiçoamento da abordagem metodológica, envolve a utilização de métodos de propagação das fragilidades na rede de drenagem, considerando-se dois tipos de variáveis: aquelas relacionadas aos padrões de cobertura da terra, mais estáticas, e aquelas mais relacionadas ao uso e seus fluxos, que se propagam em rede, mas que podem ou não ser atenuados ou potencializados pelos diferentes tipos de cobertura de solos. Diferentemente da modelagem matemática tradicional, que visa aproximar os fluxos reais, este tipo de abordagem visa somente propagar probabilidades de que, em um trecho de rio, as cargas sejam maiores ou menores que em outro. Ou seja, é uma abordagem que visa responder onde é mais ou menos frágil. A abordagem tradicional perguntaria qual a concentração ou carga, ou tamanho populacional que ocorre em determinado trecho de rio. Assim, o caminho tradicional envolveria a modelagem matemática do transporte de cargas ou da dinâmica de populações ao longo da drenagem. No entanto, estas modelagens envolvem uma disponibilidade de dados não corrente para uma espacialização adequada na maioria das bacias hidrográficas brasileiras, onde impera a realidade de ausência ou de carência de dados oriundos de monitoramentos sistemáticos e distribuídos sobre uma malha consistente com a escala da análise de fragilidades ambientais.

No estágio atual de desenvolvimento das metodologias que dão suporte à abordagem deste estudo, a compensação da perda de informações resultante do processo de agregação se dá a partir da utilização de vários indicadores desagregados durante o processo hierárquico de análise e do uso das informações resultantes da experiência prévia de campo (vistorias) e do conhecimento da equipe técnica do projeto e dos técnicos das instituições parceiras. No entanto, tudo isto não dispensa a necessária calibragem do modelo, envolvendo vistorias a campo, a serem executadas na segunda etapa, onde será verificado se áreas previstas como muito ou pouco frágeis no modelo, não visitadas nas vistorias, correspondem às previsões.

Para que se processe a análise, além do processo de seleção de variáveis indicadoras, sua agregação em aspectos e depois em blocos, é necessário que se definam quais os cenários que serão trabalhados na modelagem, bem como os diferentes modelos (composições de pesos relativos).

6.1 Cenários

Para definição dos cenários, foram consideradas as demandas do Ministério do Meio Ambiente, os cenários apresentados no estudo da EPE (2006), bem como a presença dos aproveitamentos hidrelétricos no Plano Decenal de Expansão da Energia Elétrica 2006-2015 (MME, 2006). Deste modo, foram consideradas as seguintes UHEs para a composição dos cenários: UHE Itapiranga, UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia. Além destas, situadas sobre os trechos remanescentes de rio livre do rio principal, foram consideradas as UHEs existentes ou em implantação: UHE Barra Grande, UHE Machadinho, UHE Itá e UHE Fóz do Chapecó (Tabela 6-1).

Tabela 6-1 Aproveitamentos considerados na primeira etapa do projeto FRAG-RIO.

UHE/AHE	Potência (MW)	Índice de Eficiência Energética	Presença no Plano Decenal	Estágio do projeto	Previsão para geração
Itapiranga	580 (724,6 EPE)	9,53 MW/km ² (11,92 MW/km ²)	Sim	Viabilidade	2013
Pai Querê	291,9	4,75 MW/km ²	Sim	Projeto Básico	2012
Passo da Cadeia	104	2,28 MW/km ²	Não	-	-
Barra Grande	465,5	5,07 MW/km ²	-	Em operação	-
Machadinho	1140,0	14,43 MW/km ²	-	Em operação	-
Itá	1450,0	10,28 MW/km ²	-	Em operação	-
Fóz do Chapecó	855,0	10,70 MW/km ²	Sim	Em implantação	2010

A análise da Tabela 6-1 nos permite comparar os empreendimentos propostos com os já implantados e em implantação no trecho do rio principal no Alto Uruguai. A potência total dos empreendimentos propostos e existentes no trecho é de 5.031 MW (100%). Quando considerada a potência do empreendimento como critério de hierarquização, temos, em ordem decrescente: UHE Itá (28,82%), UHE Machadinho (22,66%), UHE Fóz do Chapecó (16,99%), UHE Itapiranga (14,40%), UHE Barra

Grande (9,25%), UHE Pai Querê (5,80%) e AHE Passo da Cadeia (2,07%). Observe-se que, a maior parte do potencial já foi implantado (77,73%). Dos 22,27% restantes, 64,66% está na UHE Itapiranga.

O índice de eficiência energética, utilizado por FEPAM/UFRGS(2004) e FEPAM/UFSM(2005), expressa a proporção entre a potência e a área de inundação. O ideal é que se tenha o máximo de energia para um mínimo de inundação. Deste modo, quanto maior o índice, mais favorável se espera que seja o balanço entre os impactos positivos (geração de energia) e os negativos (perda de bens sócio-ambientais). A Tabela 6-1 apresenta a seguinte hierarquização de empreendimentos, de forma decrescente, tomando-se o mais eficiente como 100%: UHE Machadinho (100%), UHE Itapiranga (82,61%), UHE Foz do Chapecó (74,15%), UHE Itá (71,24%), UHE Barra Grande (35,14%), UHE Pai Querê (32,92%) e AHE Passo da Cadeia (15,80%). De acordo com este critério, somente a UHE Itapiranga, entre as de maior eficiência energética ainda não existe. A UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia apresentam as menores eficiências energéticas, apesar da configuração de vales estreitos e profundos. Provavelmente, isto se deve ao fato de serem colocadas nas cabeceiras, e, como a potência expressa um produto de queda e vazão, e as diferenças de vazões serem muito menores (vazão média de longo período – UHE Itapiranga: 1.857 m³/s; UHE Pai Querê: 158 m³/s e AHE Passo da Cadeia: 50,36 m³/s) que as diferenças de altura de queda (UHE Itapiranga: 28 m; UHE Pai Querê: 150 m e AHE Passo da Cadeia: 90 m), o resultado do produto entre vazão e altura de queda resulta em grande peso para a vazão, explicando a grande eficiência energética da UHE Itapiranga, situada na porção mais à jusante do trecho estudado, em comparação com a baixa eficiência energética do trecho situado mais à montante, nas cabeceiras (UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia).

Embora haja uma consideração de cenários temporais no planejamento do setor elétrico, na abordagem deste estudo, cujo objeto primeiro não é o empreendimento, mas sim o rio, os cenários foram delimitados em função de diferentes arranjos espaciais de implantação dos empreendimentos. Esta consideração tem implicações importantes para o planejamento ambiental, uma vez que o estudo está focado no trecho de rio que pode ser afetado por um empreendimento que o fragmente. Mesmo que empreendimentos sejam dispostos no tempo, seu tempo de decisão sendo diferente, será a configuração espacial dos trechos afetados e remanescentes de rios livres que irão determinar a quantidade de bens ambientais subtraídos pela conversão de ambientes lóticos em lênticos. Existe pois uma dependência espacial mais importante que a temporal para o planejamento ambiental no caso de análise de fragilidades ambientais de bacias hidrográficas. Outra vantagem do processo centrado no espaço, não no tempo, e no trecho de rio, não no empreendimento em si, é que a análise pode ser efetuada para diferentes propostas de empreendimentos, em qualquer tempo (consideradas as necessárias atualizações do estudo, as quais devem ser periódicas).

Deste modo, foram considerados os seguintes Cenários, restritos, para esta etapa, ao rio principal (Uruguai\Pelotas):

- Cenário Atual. Inclui todas as barragens existentes ou em implantação no rio principal: UHEs Foz do Chapecó, Itá, Machadinho e Barra Grande, delimitando dois trechos significativos à jusante de Foz do Chapecó e à montante de Barra Grande.
- Cenário Somente Itapiranga. Inclui na configuração do Cenário Atual a UHE Itapiranga no trecho situado à jusante da UHE Foz do Chapecó, isolando os rios da Várzea e Chapecó do Médio Uruguai.

- Cenário Somente Pai Querê. Inclui na configuração do Cenário Atual a UHE Pai Querê no trecho situado imediatamente à montante da UHE Barra Grande.
- Cenário Somente Pai Querê e Passo da Cadeia. Acrescenta ao cenário anterior a UHE imediatamente à montante da UHE Pai Querê.
- Cenário com Itapiranga, Pai Querê e Passo da Cadeia. Este cenário inclui na configuração do Cenário Atual a implantação das UHEs Itapiranga e Pai Querê e AHE Passo da Cadeia.

Como o trecho situado à jusante da UHE Foz do Chapecó está situado em conexão com o Médio Uruguai, a possível implantação do Complexo Garabi foi simulada para todos os cenários anteriores, resultando em dez cenários (Tabela 6-2). Também foi considerada a inclusão ou não da Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica no mapa de restrições que multiplica os resultados da soma ponderada dos fatores representados pelos mapas de fragilidades dos blocos físico, biótico e antrópico.

Tabela 6-2 Composição dos cenários.

Cenário	Complexo Garabi	UHE Itapiranga	UHE Pai Querê	UHE Passo da Cadeia
1	não	não	não	não
2	sim	não	não	não
3	não	sim	não	não
4	sim	sim	não	não
5	não	não	sim	não
6	sim	não	sim	não
7	não	não	sim	sim
8	sim	não	sim	sim
9	não	sim	sim	sim
10	sim	sim	sim	sim

6.2 Modelos de Simulação

Aqui se considera como modelo de simulação os produtos de diferentes composições de cenários com as diferentes ponderações atribuídas aos mapas de cada bloco. A Tabela 6-3 apresenta a composição de cenários e pesos utilizados para esta etapa do estudo. Cabe realçar que a análise de sensibilidade pode resultar em alterações de pesos e de variáveis que compõem os aspectos dos diferentes blocos.

Tabela 6-3 Composição de pesos dos mapas dos blocos físico, biótico e antrópico para os cenários do estudo.

cenário	modelo	peso antrópico	peso biótico	peso físico
1	0	0,333	0,333	0,333
2	0	0,333	0,333	0,333
3	0	0,333	0,333	0,333
4	0	0,333	0,333	0,333
5	0	0,333	0,333	0,333
6	0	0,333	0,333	0,333
7	0	0,333	0,333	0,333
8	0	0,333	0,333	0,333
9	0	0,333	0,333	0,333
10	0	0,333	0,333	0,333
1	1	0,5	0,25	0,25

2	1	0,5	0,25	0,25
3	1	0,5	0,25	0,25
4	1	0,5	0,25	0,25
5	1	0,5	0,25	0,25
6	1	0,5	0,25	0,25
7	1	0,5	0,25	0,25
8	1	0,5	0,25	0,25
9	1	0,5	0,25	0,25
10	1	0,5	0,25	0,25
1	2	0,25	0,5	0,25
2	2	0,25	0,5	0,25
3	2	0,25	0,5	0,25
4	2	0,25	0,5	0,25
5	2	0,25	0,5	0,25
6	2	0,25	0,5	0,25
7	2	0,25	0,5	0,25
8	2	0,25	0,5	0,25
9	2	0,25	0,5	0,25
10	2	0,25	0,5	0,25
1	3	0,25	0,25	0,5
2	3	0,25	0,25	0,5
3	3	0,25	0,25	0,5
4	3	0,25	0,25	0,5
5	3	0,25	0,25	0,5
6	3	0,25	0,25	0,5
7	3	0,25	0,25	0,5
8	3	0,25	0,25	0,5
9	3	0,25	0,25	0,5
10	3	0,25	0,25	0,5

Cada linha da Tabela 6-3 apresenta a combinação de um cenário com uma composição de pesos para os blocos. No primeiro modelo (0) são utilizados pesos iguais. No segundo (1), um maior peso para o meio antrópico. No terceiro (2), para o biótico e no quarto (3) para o físico. Assim, cada célula no mapa resultante, que expressa a fragilidade da análise integrada, é obtido pela seguinte expressão:

$$\text{Frag}_{\text{int}} = ((\text{Peso}_{\text{antr}} * \text{Frag}_{\text{antr}}) + (\text{Peso}_{\text{bio}} * \text{Frag}_{\text{bio}}) + (\text{Peso}_{\text{fis}} * \text{Frag}_{\text{fis}})) * \text{Prestrições}$$

Onde:

- Frag_{int} é a fragilidade da análise integrada do modelo.
- Peso_{antr} é o peso atribuído para o mapa do bloco do meio antrópico.
- Frag_{antr} é a fragilidade do mapa do bloco do meio antrópico.
- Peso_{bio} é o peso atribuído para o mapa do bloco do meio biótico.
- Frag_{bio} é a fragilidade do mapa do bloco do meio biótico.
- Peso_{fis} é o peso atribuído para o mapa do bloco do meio físico.
- Frag_{fis} é a fragilidade do mapa do bloco do meio físico.
- Prestrições é o produto dos mapas de restrições (booleanos: 0 e 1).

A Figura 6-1 apresenta o comportamento das fragilidades médias da drenagem, avaliada sobre o rio principal para os 10 cenários do estudo. Observa-se que o índice não apresenta variação significativa entre os modelos. O desvio padrão variou entre 22 e

45 unidades, superior à diferença entre os modelos de 5 unidades no máximo. Ou seja, qualquer que seja o modelo que se escolha, dará o mesmo resultado de fragilidade. Deste modo, buscando otimizar os demais estudos, procedeu-se a análise somente do modelo de pesos iguais entre os blocos (modelo 0).

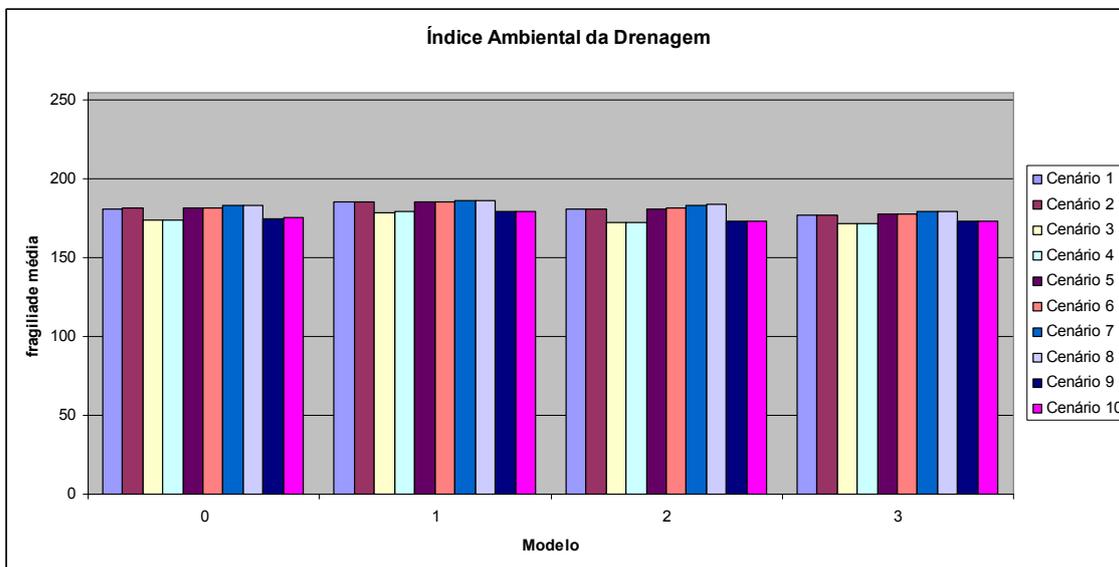


Figura 6-1 Índice Ambiental da Drenagem (somente rio principal Uruguai/Pelotas) para os 4 modelos e 10 cenários do estudo, analisados sem restrições

Para fins de hierarquização de cenários, foram produzidos modelos incluindo ou não a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

As Figuras de 6-2 a 6-11 apresentam os resultados da análise multicritério com pesos iguais para os 10 cenários, considerando a inclusão da Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição.

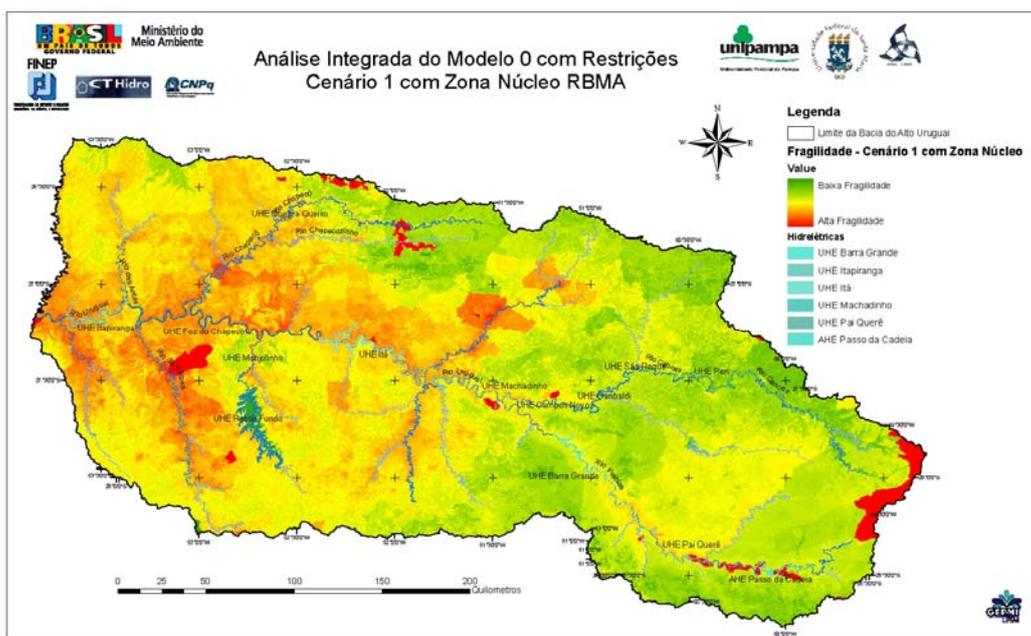


Figura 6-2. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 1 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição

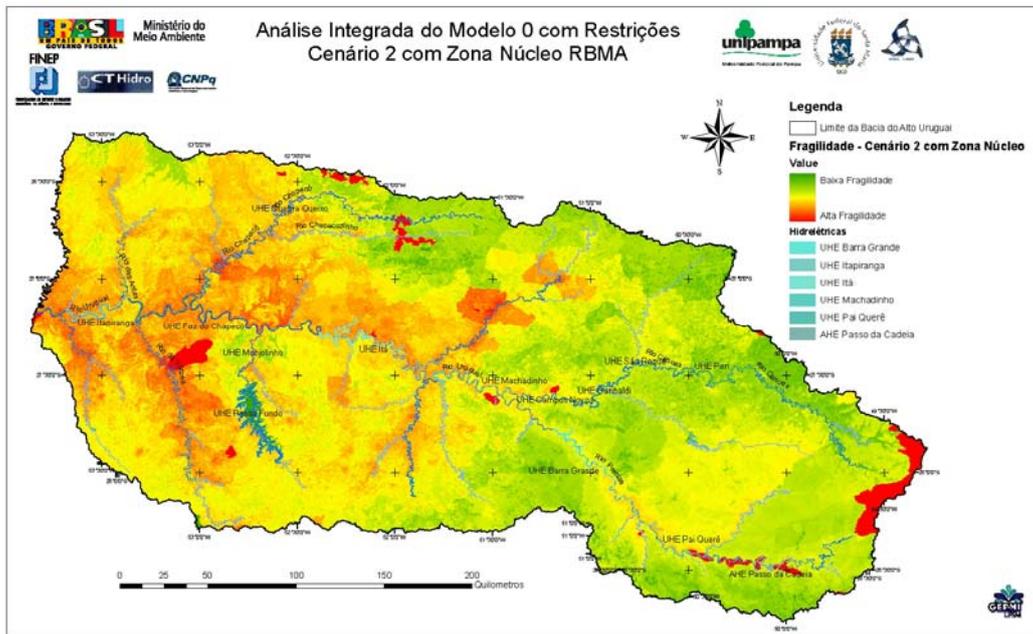


Figura 6-3. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 2 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição

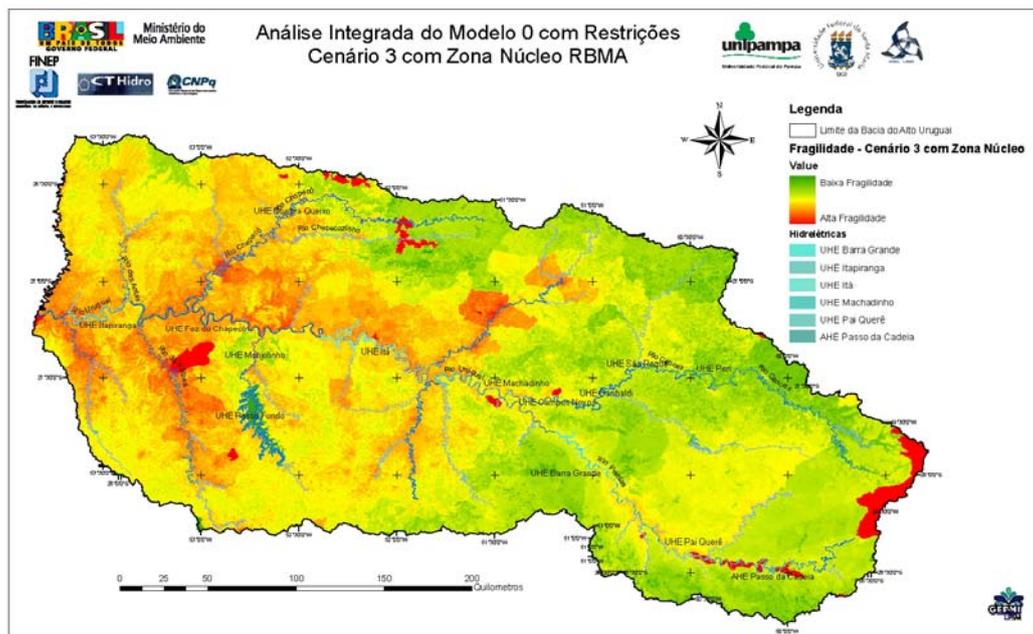


Figura 6-4. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 3 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição

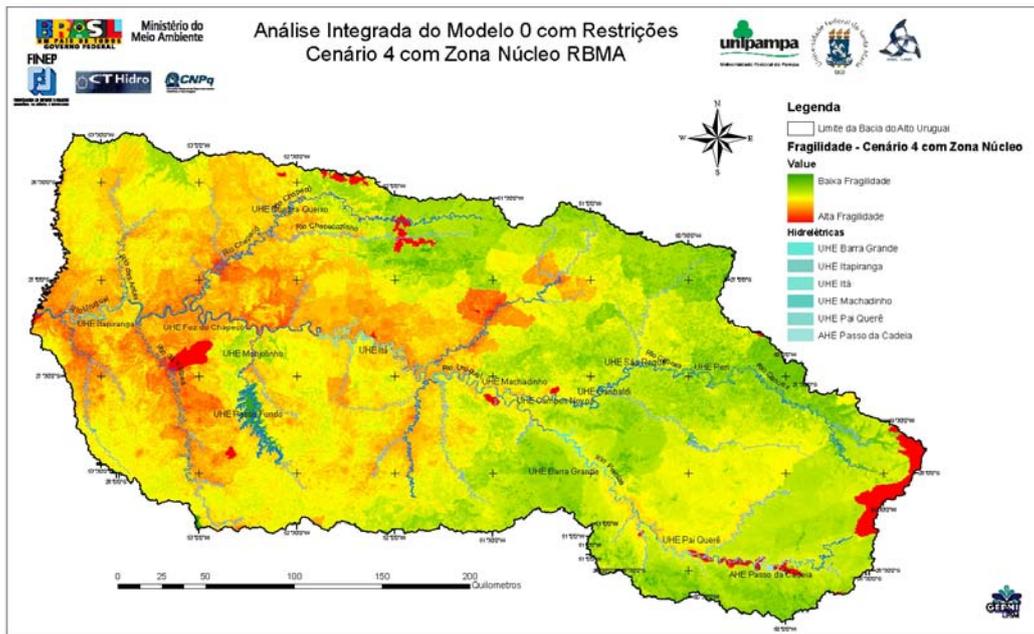


Figura 6-5. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 4 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição

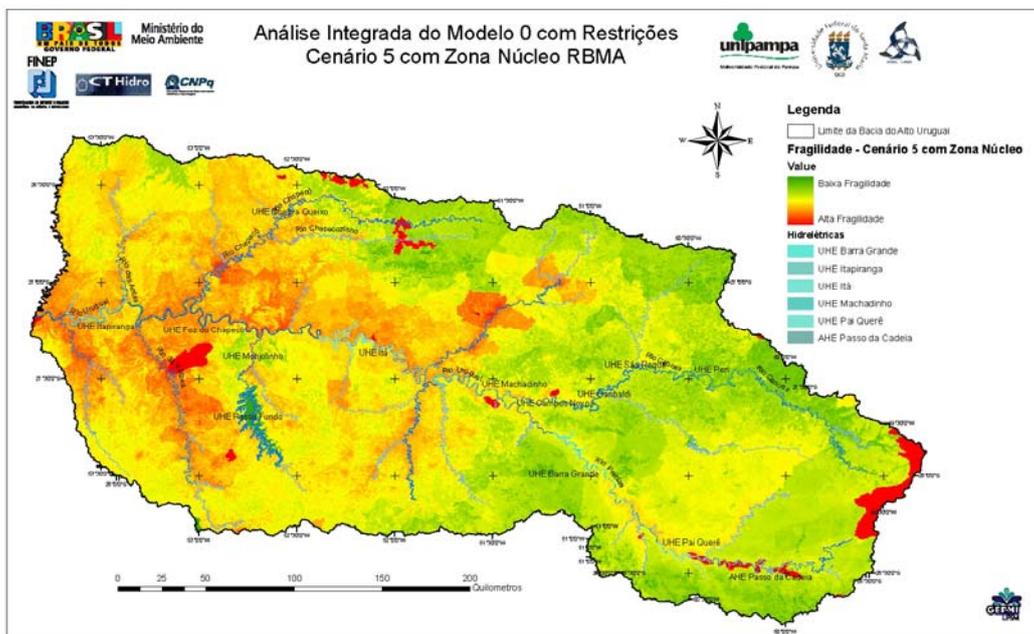


Figura 6-6. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 5 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição

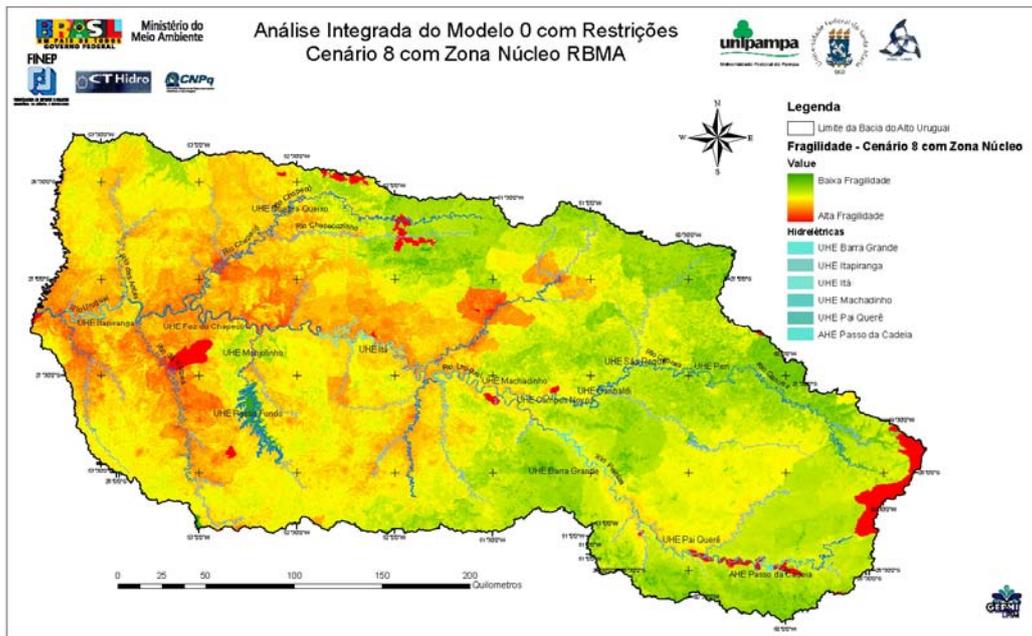


Figura 6-9. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 8 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição

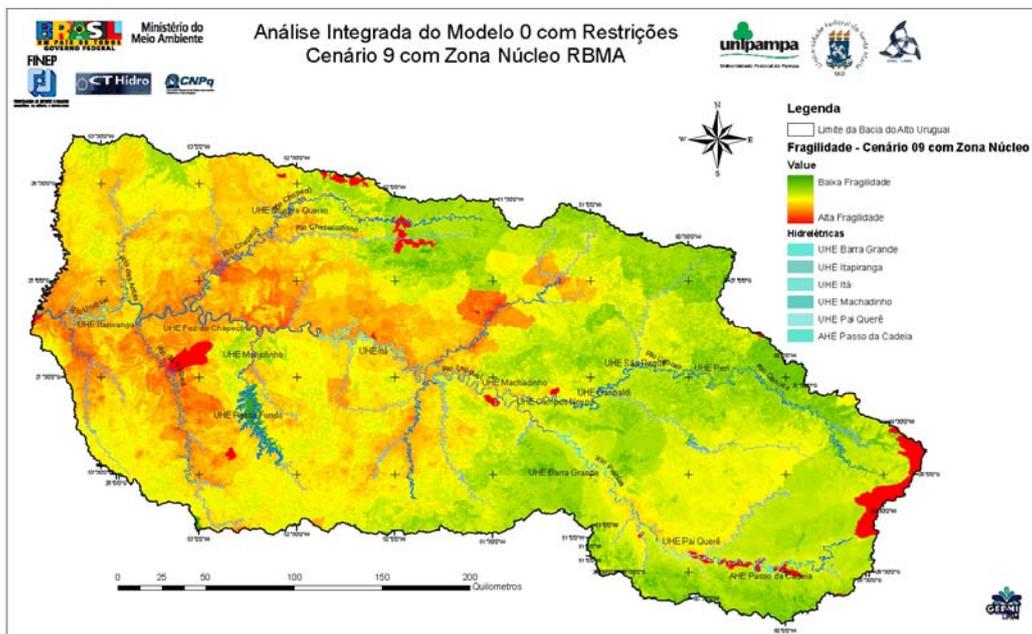


Figura 6-10. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 9 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição

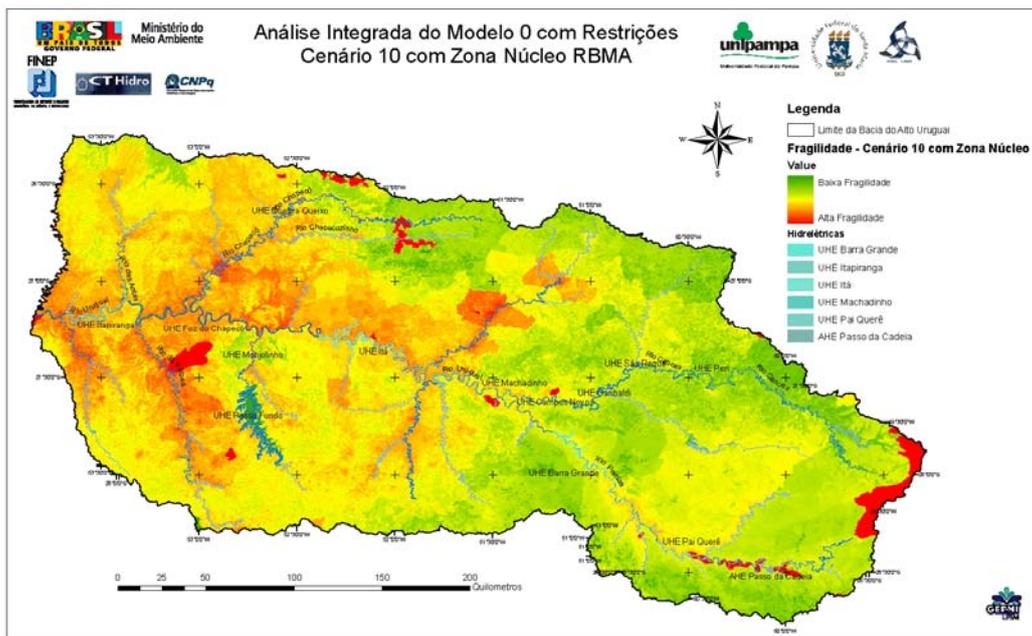


Figura 6-11. Mapa de fragilidades da análise integrada do Modelo 0 (pesos iguais). Cenário 10 incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como restrição

A simples observação dos mapas já demonstra a dominância espacial das variáveis que não sofrem alteração em função do diferentes cenários. As variáveis que respondem aos cenários, como as relativas ao valor dos trechos em termos de pescadores acumulados, são expressas somente sobre a drenagem no trecho afetado. Isto causa um efeito de diluição de efeitos que, caso fosse utilizada somente a análise agregada, conduziria a uma subestimação dos efeitos de fragmentação. No entanto, em se tratando de meios físico e biótico terrestre, a análise demonstra uma capacidade de espacialização de regiões muito forte, apresentando grande heterogeneidade no comportamento das fragilidades, embora não respondam aos cenários propostos. O padrão geral dos mapas apresenta os maiores valores de fragilidades associados às Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Zona Núcleo da RBMA. As fragilidades maiores, fora das Unidades de Conservação e Zona Núcleo da RBMA distribuem-se na parte central para oeste da bacia, devendo-se principalmente aos meios antrópico e físico. Quanto aos trechos de interesse, observa-se forte interferência das UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia com áreas de exclusão referentes à Zona Núcleo da RBMA. Para o caso de não inclusão da Zona Núcleo da RBMA como restrição, esta interferência passa a ser mais notada somente enquanto fragilidade do meio biótico que, embora muito significativa, acaba diluída na forte variação encontrada nos meios físico e antrópico.

A forte diluição das variáveis sensíveis aos efeitos de fragmentação, associadas ao fato de a maior parte do rio já se apresentar fragmentado e ocupado por uma cascata de UHEs, faz com que os pequenos trechos remanescentes tenham seus valores pesando pouco sobre a composição da média da drenagem, resultando em diferenças não significativas entre cenários, como pode ser verificado na Figura 6-12. Observa-se,

também, que a drenagem média apresenta valores acima de 150, caracterizando uma fragilidade baixa, ou uma grande distância em relação às condições prístinas¹⁷

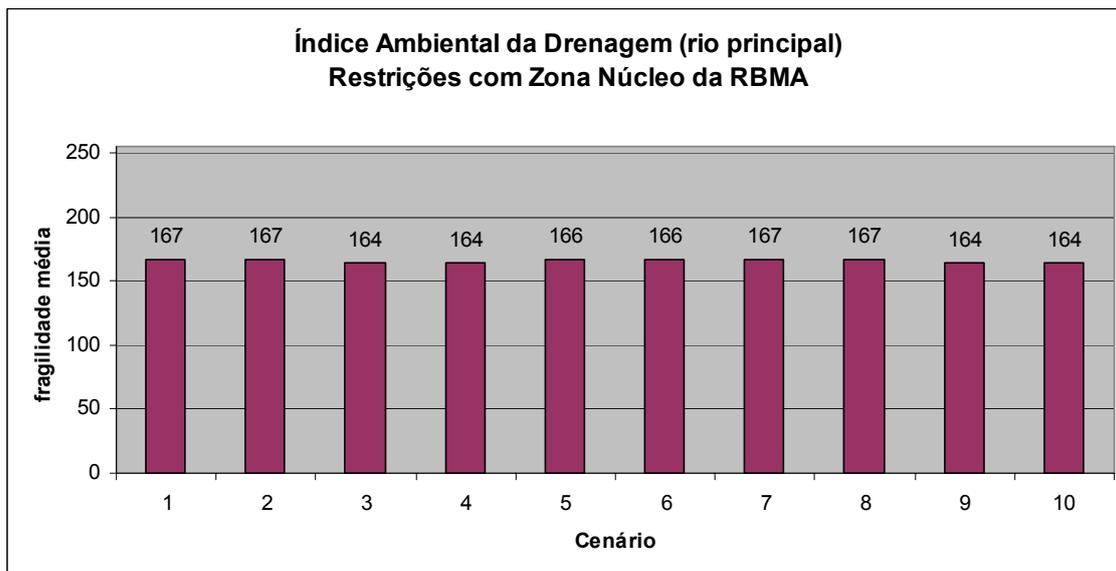


Figura 6-12 Índice Ambiental da Drenagem (somente rio principal Uruguai/Pelotas) para o modelo de pesos iguais (0) e 10 cenários do estudo, analisados com restrições, incluída a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica

Os resultados obtidos para a drenagem, quando não é incluída a Zona Núcleo da RBMA, estão apresentados na Figura 6-13. Observa-se que a exclusão da Zona Núcleo da RBMA não altera o padrão geral da drenagem, já predominantemente alterado.

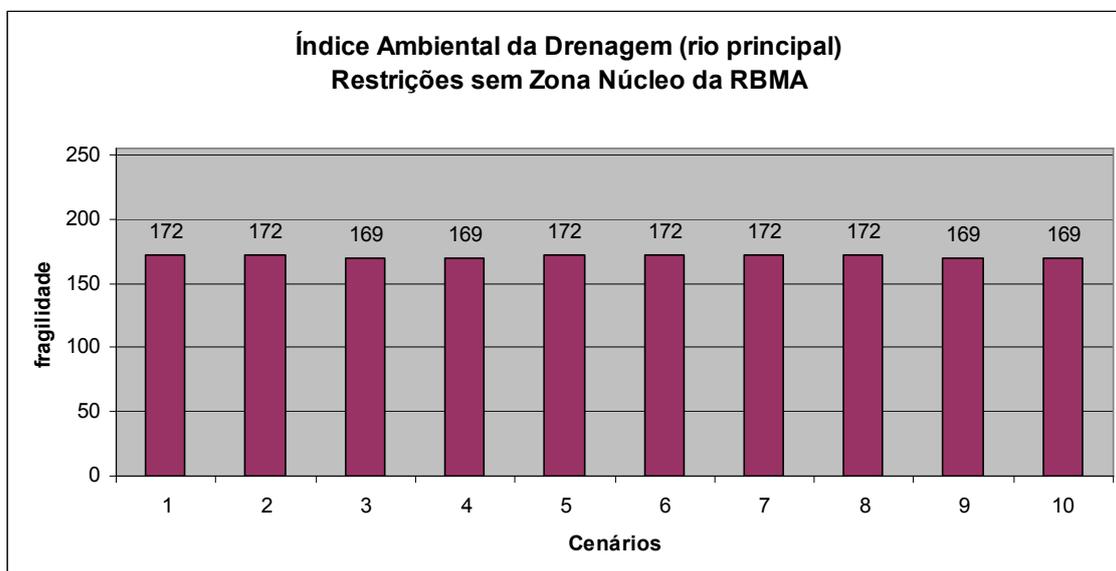


Figura 6-13 Índice Ambiental da Drenagem (somente rio principal Uruguai/Pelotas) para o modelo de pesos iguais (0) e 10 cenários do estudo, analisados com restrições, excluída a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica

¹⁷ De acordo com os critérios adotados, como a fragilidade se refere à substituição de um sistema lótico por um lântico com inundações de ecossistemas terrestres, considera-se fragilidade maior quanto mais conservado for o sistema. Diferente de fragilidades perante regimes de perturbação, como os incêndios, onde a integridade ecológica, ou a resiliência do sistema, está relacionada com a maior conservação.

O índice ambiental da drenagem, portanto, identificou o grau de alteração do rio principal em todo o Alto Uruguai, uma vez que é medido sobre todo o rio Pelotas e Uruguai até a confluência com o rio Peperi-Guaçú, fim do trecho nacional do rio Uruguai. No entanto, perdeu sensibilidade para diferentes cenários propostos. Isto se deve à pequena expressão relativa dos remanescentes em relação ao rio inteiro, já fragmentado pelas UHEs existentes. É provável que na segunda etapa, com a ampliação da análise para toda a bacia e considerando-se as PCHs, o índice possa discriminar melhor. Da mesma forma com um ajuste de variáveis através da análise de sensibilidade.

A Tabela 6-4 apresenta síntese do Índice Ambiental da Drenagem para o modelo 0 (pesos iguais) e situações com e sem a inclusão da Zona Núcleo da RBMA como restrição.

Tabela 6-4 Índice Ambiental da Drenagem para o modelo 0 (pesos iguais) e situações com e sem a inclusão da Zona Núcleo da RBMA como restrição.

Cenário	Modelo	sem Zona Núcleo da RBMA	com Zona Núcleo da RBMA
1	0	172	167
2	0	172	167
3	0	169	164
4	0	169	164
5	0	172	166
6	0	172	166
7	0	172	167
8	0	172	167
9	0	169	164
10	0	169	164

Para se tentar hierarquizar empreendimentos, é procedido o cálculo do Índice Ambiental Relativo das Barragens.

A base utilizada para compor o índice é extraída da área de inundação de cada reservatório, medido sobre o NA_{max} ¹⁸. Para se obter esta área, elimina-se do polígono do lago a parte correspondente ao leito original do rio. O procedimento permite avaliar qual a fragilidade média das áreas de ecossistemas que sofreram exclusão pela inundação. Para compensar o efeito da área, foi aplicada a ponderação inversa com a área do reservatório, proposta por FEPAM (2004). Trata-se, portanto de um índice que visa demonstrar qual o trecho inundado mais afetado que outro. Não é um indicador quantitativo de impactos da barragem, que se propagam além dos limites do reservatório, mas de um indicador para hierarquização de trechos afetados de rios livres.

O equacionamento é

$$\text{Área}_{inundada\ relativa} = (\text{Área}_{inundada\ relativa\ no\ NA_{max}} * 100) / \text{máximo} (\text{Área}_{inundada\ no\ NA_{max}})$$

O resultado final do índice fica

$$I_{ARB} = F_{relAi} * 0,5) - (A_{Ir} * 0,5)$$

Onde:

¹⁸ Nível da água máximo na represa.

I_{ARB} é o Índice Ambiental Relativo da Barragem; F_{relAi} é a fragilidade média na área de inundação; A_{Ir} é a área inundada relativa.

Quanto maior a área inundada, maior o redutor do índice.

A Tabela 6-5 apresenta a síntese do Índice Ambiental Relativo das Barragens. As Figuras 6-14 e 6-15 apresentam os mesmos resultados graficamente.

Tabela 6-5 Índice Ambiental Relativo das Barragens para o modelo 0 (pesos iguais) e situação com ou sem a inclusão da Zona Núcleo da RBMA (ZN) como restrição.

Cenário	Modelo	Itapiranga sem ZN	Itapiranga com ZN	Pai Querê sem ZN	Pai Querê com ZN	Passo da Cadeia sem ZN	Passo da Cadeia com ZN
1	0	35,14	35,14	35,80	20,66	52,68	29,25
2	0	35,32	35,32	35,64	20,52	52,51	29,13
3	0	34,34	34,34	34,58	19,65	51,45	28,34
4	0	34,34	34,34	34,58	19,65	51,45	28,34
5	0	35,14	35,14	35,84	20,68	52,61	29,19
6	0	35,32	35,32	35,67	20,54	52,44	29,07
7	0	35,14	35,14	35,84	20,68	52,72	29,28
8	0	35,32	35,32	35,67	20,54	52,55	29,16
9	0	34,34	34,34	34,62	19,67	51,49	28,38
10	0	34,34	34,34	34,62	19,67	51,49	28,38

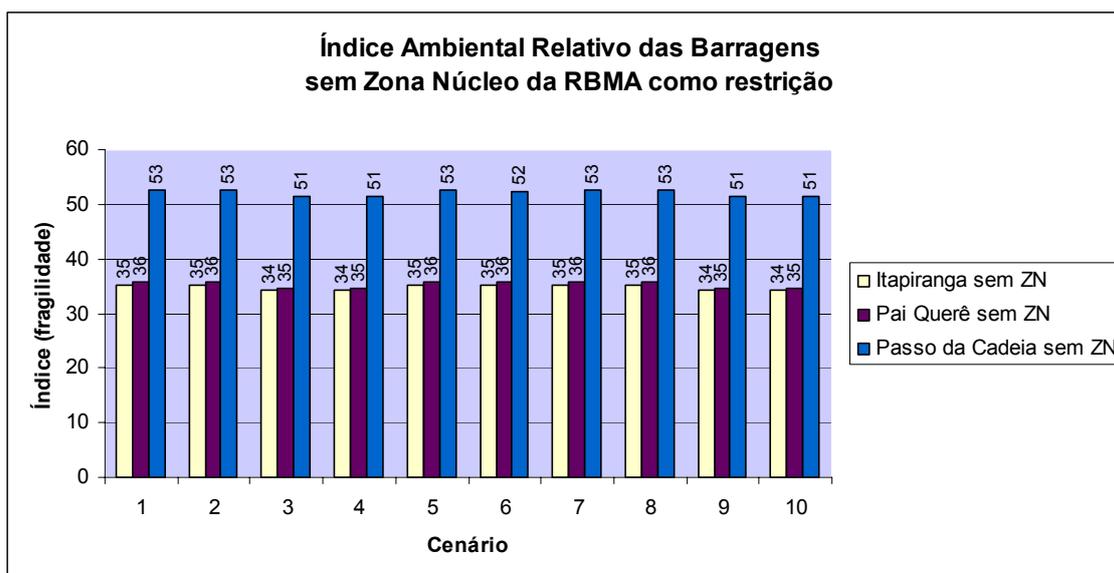


Figura 6-14 Índice Ambiental Relativo das Barragens para o modelo de pesos iguais (0) e 10 cenários do estudo, analisados com restrições, excluída a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica

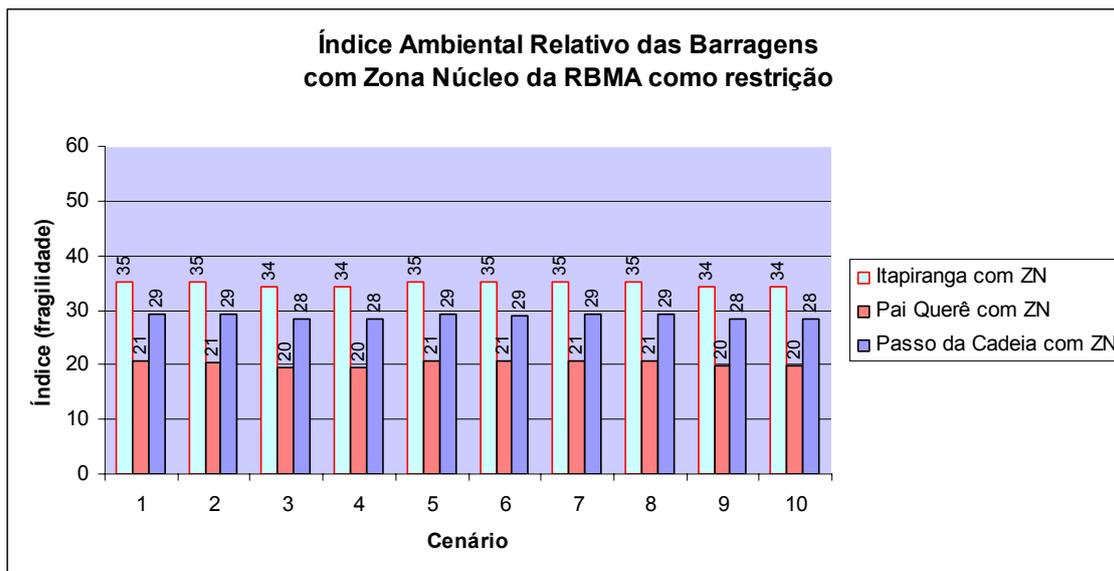


Figura 6-15 Índice Ambiental Relativo das Barragens para o modelo de pesos iguais (0) e 10 cenários do estudo, analisados com restrições, incluída a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica

Os resultados demonstram que todas as barragens determinam alta fragilidade ambiental, sendo todos menores que 53 para a situação sem Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e 36 para a situação com a Zona Núcleo.

Este quadro está consistente com os resultados do estudo efetuado para a bacia dos rios Apuaê-Inhandava (FEPAM/UFSM, 2005). Naquele estudo, utilizou-se a caracterização efetuada pelo MMA para as áreas de alto valor de biodiversidade e o zoneamento da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, reconhecendo-se os estudos nacionais. A alta fragilidade da área, que naquele estudo reconheceu a Zona Núcleo como zona de exclusão de empreendimentos, está consistida no tombamento da Zona Núcleo no Estado do Rio Grande do Sul. Os resultados aqui alcançados reforçam a fragilidade do trecho.

Observa-se que, embora não haja discriminância entre cenários, existe para a situação da Zona Núcleo da RBMA e para a variabilidade entre empreendimentos. No caso da não inclusão da Zona Núcleo da RBMA como restrição, a UHE Itapiranga, que situa-se no trecho não afetado pela Zona Núcleo da RBMA, possui fragilidade equivalente à UHE Pai Querê e o AHE Passo da Cadeia possui a menor fragilidade. Com a situação de inclusão da Zona Núcleo da RBMA como restrição muda bastante a situação dos dois empreendimentos situados no trecho afetado. O AHE Passo da Cadeia tem sua fragilidade aumentada para nível superior à UHE Itapiranga e a UHE Pai Querê passa a ficar isolada como a de maior fragilidade.

Com a finalidade de rastrear a composição das fragilidades na análise integrada, utilizou-se o mesmo procedimento para extração do índice ambiental relativo das barragens para compor os índices ambientais relativos dos blocos físico, biótico e antrópico. Este procedimento é necessário na análise integrada, uma vez que é objetivo da mesma hierarquizar os trechos de rios afetados pelos empreendimentos. Como o índice agregado final (índice ambiental relativo das barragens), embora tenha

demonstrado uma alta fragilidade dos trechos de rios livres remanescentes, não diferenciou os trechos afetados entre si de forma significativa. A análise desagregada em nível de blocos permite verificar como se deu esta similaridade de comportamento do trechos.

A Figura 6-16 apresenta as fragilidades do índice ambiental relativo do meio físico. Observa-se que, embora todos os trechos afetados pelas barragens possam ser considerados muito frágeis (valores inferiores a 50), a análise, quando efetuada somente para o meio físico demonstra uma hierarquia de trechos afetados. O trecho situado no remanescente de rio livre à jusante da UHE Foz do Chapecó, inundado pela UHE Itapiranga, apresenta a maior fragilidade do meio físico, seguido pelos trechos afetados, na ordem, pela UHE Pai Quere e AHE Passo da Cadeia, o que está de acordo com a percepção da equipe nas expedições e na análise desagregada do meio físico.

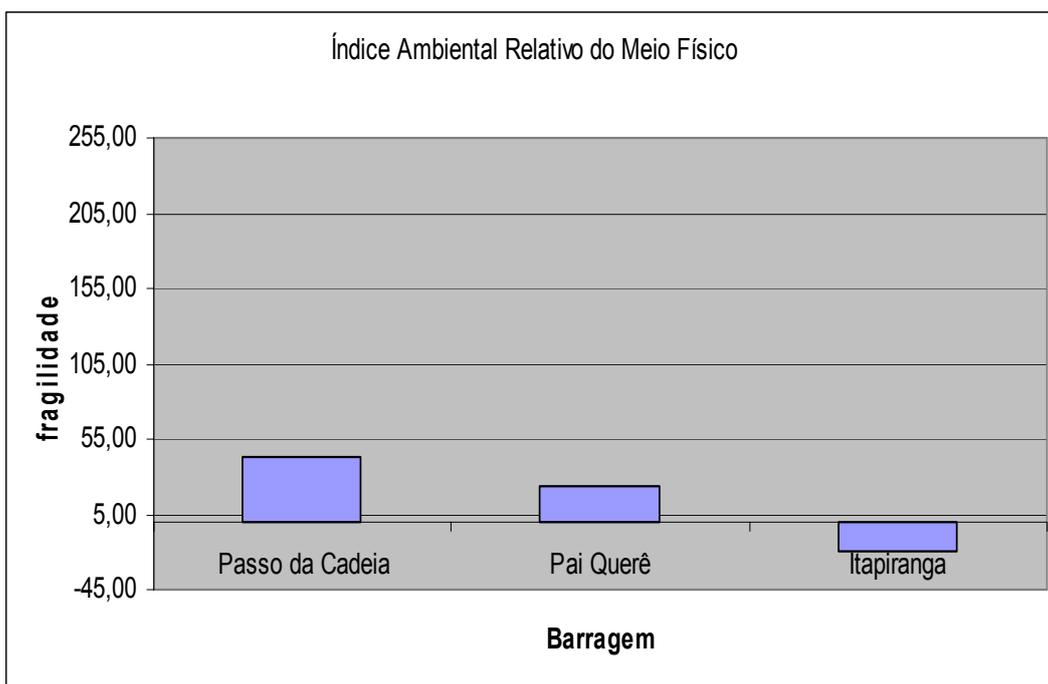


Figura 6-16 Índice ambiental relativo do meio físico. Os valores negativos representam o efeito de uma área de inundação grande para uma área de alta fragilidade.

Já o índice ambiental relativo do meio biótico (Figura 6-17) apresenta uma hierarquia diferente. Observa-se que também no meio biótico as fragilidades são muito altas (menores que 50), mas o trecho inundado pela UHE Pai Querê apresentou a maior fragilidade, seguida pelo AHE Passo da Cadeia e pela UHE Itapiranga. Este resultado também está de acordo com a análise efetuada nas expedições a campo e na análise desagregada. Existe um alto valor ambiental do meio biótico terrestre no alto rio Pelotas, já reconhecido nos estudos de áreas de alto valor para a biodiversidade, para implantação do RVS do rio Pelotas, no zoneamento da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, no estudo da bacia dos rios Apuaê-Inhandava e no tombamento da Zona NBúcleo da RBMA no Estado do Rio Grande do Sul.

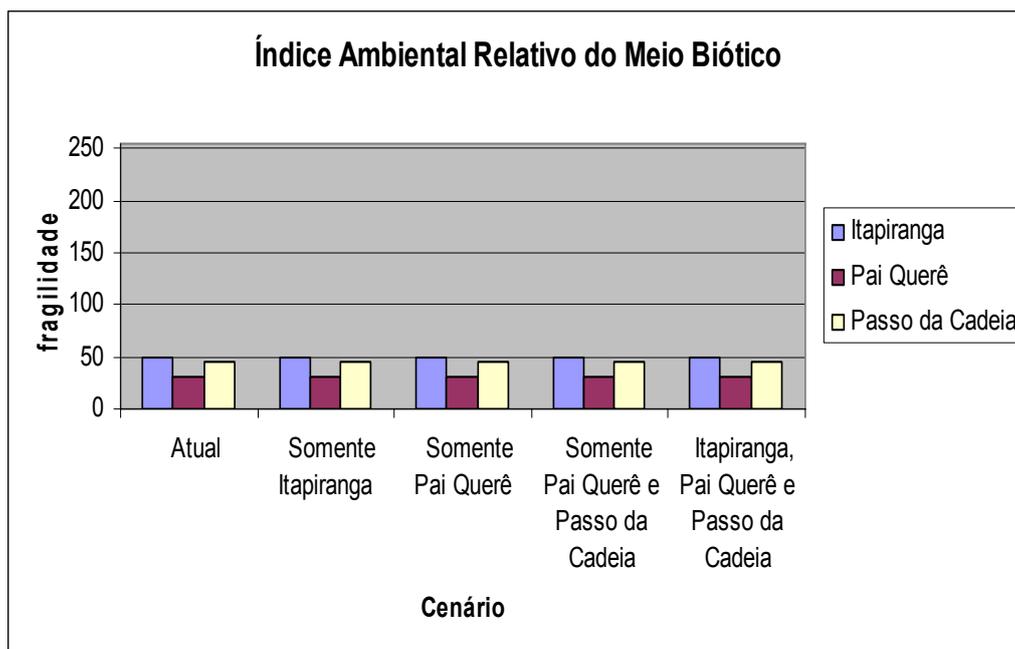


Figura 6-17 Índice ambiental relativo do meio biótico.

Por fim, a análise do índice ambiental relativo do meio antrópico demonstra uma alta fragilidade em todos os trechos afetados pelos empreendimentos em foco, resultando na seguinte hierarquia, por ordem de fragilidade decrescente: UHE Itapiranga, UHE Pai Quere e AHE Passo da Cadeia. O índice foi calculado para o cenário que inclui o Complexo Garabi (Figura 6-18). Os resultados demonstram concordância com as impressões de viagem nas expedições a campo e com a análise desagregada das variáveis do bloco antrópico.

Observa-se que, dependendo do bloco a ser priorizado, os valores ambientais dos trechos afetados com a implantação dos empreendimentos muda. Caberá aos tomadores de decisão a opção pela hierarquia produzida. Caso se considere como prioritário o meio biótico, o trecho afetado por Pai Quere é o de mais alta fragilidade. Caso se priorize os meios antrópico ou físico, a UHE Itapiranga é a mais frágil. No entanto, deve ser realçado que as hierarquias produzidas, e que foram mascaradas no índice ambiental relativo das barragens por efeitos de compensações, informa que todos os trechos afetados tem suas hierarquias situadas em um intervalo de alta fragilidade ambiental.

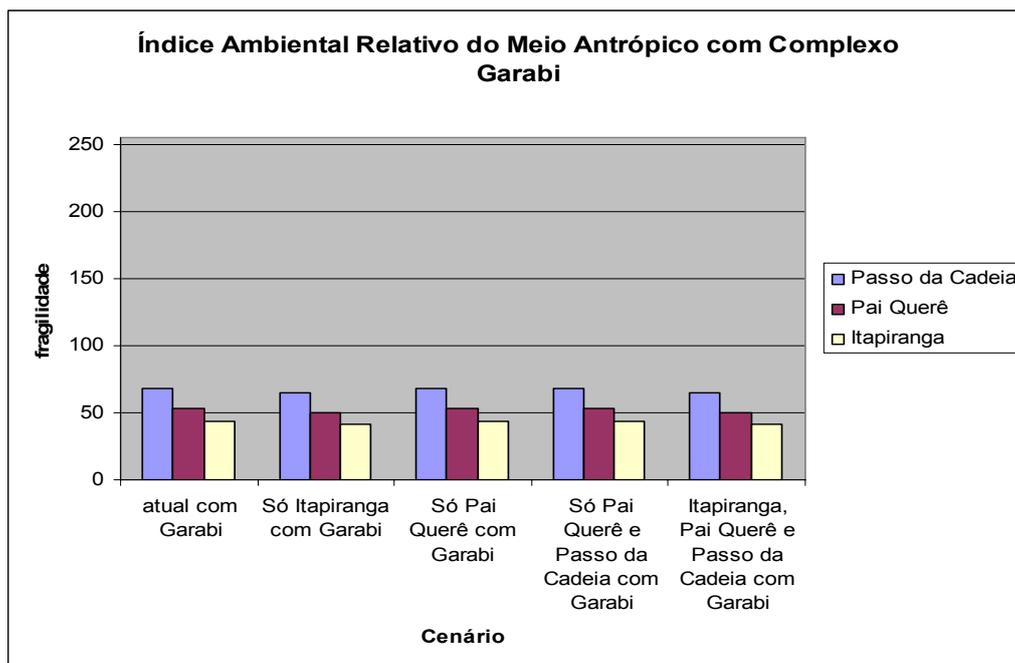


Figura 6-18 Índice ambiental relativo do meio antrópico.

Embora tenha sido efetuado cálculo de índices para o caso da inclusão da Zona Núcleo da RBMA como restrição, o que é possível porque nem todo o lago ocorre em área prevista como Zona Núcleo da RBMA, isto acaba sendo uma irracionalidade, pois não se pode particionar um lago para que não inunde uma área que está dentro do seu perímetro de inundação e que inclui toda a margem do rio. A continuidade da área de inundação é função das propriedades líquidas da água e é dependente unicamente da cota do NAmáx da barragem. Deste modo, considerando-se para a tomada de decisão a inclusão da Zona Núcleo da RBMA como restrição, ela inviabiliza os projetos de Pai Querê e Passo da Cadeia. Embora a análise integrada dos três blocos tenha mascarado os padrões demonstrados pelo bloco biótico para o trecho em questão (função do grande peso dos problemas físicos e antrópicos no outro trecho do rio, no lado oeste), existe grande fragilidade do meio biótico neste trecho. Neste caso, seria recomendável que se fizesse o cotejo com outras alternativas tecnológicas para gerar a demanda de energia produzida por estes empreendimentos, como, por exemplo, termelétricas baseadas em biomassa e parques eólicos. O Parque Eólico da Ventos do Sul tem capacidade de geração de 150 MW (75 aerogeradores de 2 MW cada; <http://www.ventosdosulenergia.com.br/>), com capacidade superior ao AHE Passo da Cadeia. Sabe-se que estão previstas 3 usinas térmicas baseadas em biomassa no Plano Decenal para a região sudeste, com potência de 450, 400 e 400 MW, uma delas igualando em potência os 104 MW do AHE Passo da Cadeia e 291,9MW da UHE Pai Querê, sem a necessidade de inundação de um dos principais remanescentes de vida silvestre da Mata Atlântica no Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

O caso da UHE Itapiranga está relacionado ao elevado número de famílias a serem desapropriadas e realocadas, ao rompimento de relações de vizinhança pela fragmentação da infraestrutura de transportes, pela baixa disponibilidade de áreas amplas de baixa densidade populacional e grandes propriedades para facilitar a relocação populacional próximo dos locais de origem. Também pela carga orgânica animal elevada, e pela maior probabilidade de eutrofização por aporte de nutrientes

oriundos tanto dos assentamentos humanos, como da agricultura intensiva praticada na região em pequenas propriedades exploradas por mão de obra familiar. Por outro lado, as mesmas fragilidades relacionadas aos meios físico e antrópico, historicamente vinculadas ao desmatamento relacionado à implantação das colônias, resultou em uma degradação mais intensa do meio biótico terrestre, o qual ficou restrito, de forma significativa, somente no Parque Estadual do Turvo e Terras Indígenas relativamente isoladas (Nonoai e Guarita). Deste modo, os aspectos referentes ao meio biótico, no trecho à jusante da UHE Foz do Chapecó estão relacionados ao meio biótico aquático, que não foi captado pelo modelo agregado, mas que aparece na análise desagregada de fragmentação.

6.3 Avaliação Desagregada de Fragmentação

6.3.1 Variável Valor de trecho de rios

Cenários

No item anterior as análises se deram célula a célula. A análise desagregada da fragmentação é trecho a trecho de rio. Deste modo, os diversos cenários devem ser estudados em relação não somente aos locais de barramentos, mas também envolvem a determinação do ponto de origem das medidas de distância que irão determinar o tamanho dos segmentos fluviais remanescentes.

Nesse trabalho foi considerada a fisionomia do rio Uruguai na definição da origem das medidas de distância. Dessa forma, o rio Uruguai pode ser classificado em três segmentos distintos, podendo ser denominados segmentos de: campanha, transição e planalto.

O segmento de campanha tem origem na cota máxima do reservatório da barragem do Salto, na República Oriental do Uruguai e limite superior atribuído, no rio Uruguai, junto à foz do rio Icamaquã. Essa definição inclui o segmento sul da área delimitada para esse estudo, compreendendo a bacia do rio Butuí, pertencente à região fisionômica da Campanha. Por ser um segmento de menores declividades e menos propenso à existência de barreiras geográficas (RADAM, 1986), é plausível considerar que nesse segmento os peixes migradores demandem distâncias maiores de deslocamento para atingir o limiar fisiológico necessário para o amadurecimento de suas gônadas e para que seja efetuada a desova. Por isso, na área de estudo, o segmento de campanha foi considerado como não passível de barramento.

O segmento de transição foi delimitado pela foz do rio Icamaquã e o ponto do rio Uruguai, na altura do município de Garruchos.

O segmento de planalto tem no rio Uruguai, no município de Garruchos, o seu limite sul e estende-se até suas cabeceiras. Este segmento, por sua vez, é subdividido em dois setores: um com vales mais abertos e menor aprofundamento e outro, situado mais nas cabeceiras, com vales estreitos e com grande aprofundamento.

Tamanho dos segmentos de rio

O tamanho mínimo de um segmento de rio viável para a manutenção de processos ecossistêmicos e de suas espécies tem sido pouco discutido no Brasil. De fato, o reconhecimento do impacto da fragmentação tem sido mais bem explorado na literatura científica do que análises de formas de reduzir esse efeito pela definição de

situações minimamente adequadas a conservação de processos naturais do sistema fluvial. Em geral, no Brasil, as distâncias mínimas entre empreendimentos têm sido arbitrados nos estudos sem subsídio teórico. Por exemplo, CEEE (2000) classifica intervalos entre barramentos maiores do que 10 km como pouco impactantes enquanto FEPAM/UFRGS (2001) atribuíram 20 km como distância mínima entre barramentos na bacia do sistema Taquari-Antas no Rio Grande do Sul.

Essa questão importante é difícil de ser avaliada do ponto de vista teórico, mas considerando a diversidade de situações produzidas pela implantação de barragens em rios, os locais em que esses processos ecossistêmicos são mantidos devem ser adotados como condições de referência para o planejamento da implantação de novas barragens.

De acordo com Agostinho et al. (2004), no trecho do rio Paraná existente entre o limite superior do reservatório da UHE Itaipu e a UHE Porto Primavera, existem 250 km de rio livre nos quais ocorrem condições para a reprodução dos grandes migradores. Condição essencial para a manutenção dessas populações nesse trecho é a existência de dois tributários livres de barramentos, nos quais existem rotas que atingem cerca de 220 km a montante do lago de Itaipu, onde foram confirmadas ocorrências de desovas de espécies migradoras. Por tratar-se da única informação disponível de um segmento de rio em que é viável a manutenção de todas as populações das espécies de peixes migradores e, considerando que desde o fechamento da barragem até o presente somam-se 21 anos, essa medida subsidia o critério adotado neste estudo como a melhor condição em um cenário de fragmentação.

A distância referencial de 80 km adotada aqui se baseia também na informação do mesmo autor (Agostinho et al., 2004) de que em trecho de 80 km do rio Paranapanema existente entre os Reservatórios das UHE Capivara e Salto Grande, mantêm-se populações de dourado (*Salminus maxillosus*) após 15 anos da construção dessas barragens. Sendo assim, essa distância passa a ser considerada como a mínima viável a manutenção ao menos parcial de populações de espécies migradoras.

De fato, é preciso observar que a conservação dessas populações, na perspectiva abordada por Karr (1981), e debatida neste capítulo, além de representar a conservação desses *taxa*, representa, num sentido mais amplo, a conservação de todos os elementos fundamentais para a sua manutenção, quais sejam, a existência de recursos (alimentos, habitat) para a preservação de padrões naturais de vazão, pulsos de inundação, tributários livres, etc.

As medidas foram tomadas da origem até o limite de 3ª ordem de acordo com a classificação proposta por Strahler (1952), pois, de acordo com os resultados obtidos da distribuição dos grandes migradores existentes na bacia, esse seria o limite superior de migração para a maioria dessas espécies. Os segmentos de rio foram pontuados de acordo com os critérios estabelecidos na tabela 4.

Os trechos foram medidos desde a origem de cada segmento até o limite superior de cada tributário de 3ª ordem. Em situações em que os segmentos medidos apresentavam-se fragmentados devido à existência de uma barreira (barragem hidrelétrica), o trecho compreendido entre a origem e a barragem foi valorado de acordo com sua dimensão (Tabela 6-6). Nessas situações, a contagem do trecho foi reiniciada considerando-se o limite à montante do lago da barragem como um novo ponto de origem (0). Quando não foram encontradas barreiras e o trecho medido alcançou 250 km, foi estabelecido um trecho de tolerância de 20 km para que fosse restabelecida nova contagem. Dessa forma, a calha principal dos rios é considerada de fundamental

importância para a manutenção de rotas migratórias que permitam a manutenção de populações de peixes de piracema.

Tabela 6-6 Pontuação atribuída a rotas de migração de peixes considerando sua extensão e a conectividade ao rio Uruguai.

TAMANHO DO SEGMENTO (KM)	FRAGILIDADE (BYTES)
250	26
80 – 250	64
<80	102

6.3.2 Análise Parcial dos Resultados

A partir do limite superior do reservatório da UHE Salto Grande, entre Uruguai e Argentina, o rio Uruguai / Pelotas possui 1.614 km de extensão.

Atualmente, na porção superior da calha, existem três grandes barramentos instalados (UHE Itá, UHE Machadinho e UHE Barra Grande) e um em fase final de construção (UHE Foz do Chapecó). Os reservatórios desses empreendimentos cobriram 493 km do rio e geraram três fragmentos com um comprimento médio de 11 km entre eles. Somadas as extensões citadas, foram suprimidos 508 km de habitats (31%) da extensão remanescente do rio.

Essa situação impõe à rede hidrográfica uma condição de fragmentação que estabelece duas regiões distintas. A porção inferior ao eixo da UHE Foz do Chapecó e a porção superior ao limite superior do reservatório da UHE Barra Grande.

Na porção inferior da rede hidrográfica, entre o limite superior do reservatório da UHE Salto e a barragem da UHE Foz do Chapecó existem, atualmente, 962 km de extensão de rio sem barramentos artificiais, nos quais se mantêm os estoques pesqueiros da bacia e sobre o qual subsiste a população de pescadores artesanais da região. Nessa área está projetado o complexo Garabi, no trecho binacional, entre o Brasil e a Argentina, e a UHE Itapiranga, esta última alvo de análise deste estudo.

O inventário da UHE Itapiranga prevê o projeto um reservatório com 55 km de extensão que produz um fragmento de rio entre o limite superior de seu reservatório e a barragem da UHE Foz do Chapecó de 74 km de extensão. Sua posição no sistema reduz o trecho livre de jusante para 832 km, impondo uma perda de 14% do trecho livre atualmente disponível.

O fragmento remanescente entre a UHE Itapiranga e a UHE Foz do Chapecó está abaixo da referência mínima de qualidade¹⁹ necessária para a manutenção de pelo menos uma população de espécie migradora.

Dessa forma, se o órgão ambiental concluir pela viabilidade de licenciamento do empreendimento, o fragmento restante entre as barragens exigirá extremo cuidado em seu monitoramento e na condução de programas ambientais, procurando-se uma padronização de esforços de monitoramento dentro da mesma bacia hidrográfica (protocolos de amostragem), que incluam métodos que permitam avaliar não somente o deslocamento dos peixes, mas também o mapeamento das suas principais áreas de desova e de recrutamento, de tal forma que seja possível a avaliação dos impactos reais que a fragmentação do rio poderá causar sobre a ictiofauna (observe-se que esta tarefa

¹⁹ Neste estudo utiliza-se um comprimento mínimo de 80 km de rio livre de barramentos e acima da terceira ordem de Strahler, considerando-se a cartografia em escala de 1:250.000.

não pode ficar restrita às imediações do reservatório, mas deve abranger toda a área de vida das espécies migratórias, ou seja, a rede contínua de rios livres de barramentos). Outra questão importante para a viabilidade de sua implantação é a avaliação de necessidade de passagem de peixes. Isto, de início, requer uma avaliação bastante criteriosa sobre sua necessidade e, na sequência, demanda o acompanhamento de resultados de qualquer estratégia definida. Somente após a observação e análise de resultados devem ser tomadas medidas mais seguras a esse respeito, pois existem muitos riscos associados. Por exemplo: o de transpor peixes para a porção de montante da barragem e não restarem ambientes adequados para a desova dos adultos; não existirem condições para o desenvolvimento dos ovos e das larvas; não existirem meios adequados de descida dos adultos transpostos para montante; não existirem meios adequados de descida dos ovos e das larvas para jusante; erosão genética do estoque de jusante, entre outras consequências.

No entanto, é preciso ressaltar que ao considerar a implantação da UHE Itapiranga deve ser observado o efeito que esse empreendimento possui sobre o trecho remanescente de jusante. No cenário atual o significado de sua implantação reduz em 14% a extensão livre do rio Uruguai e, atualmente, não existe conhecimento disponível para avaliar o significado dessa redução sobre a manutenção e o tamanho do estoque de peixes migradores. No cenário em que se considera a implantação do complexo Garabi, restariam, então, dois fragmentos a montante do complexo. Um, localizado entre o limite superior da UHE Santa Rosa (Garabi 3) e o eixo da UHE Itapiranga, que disporia de 102 km e o outro, já comentado, entre UHE Itapiranga e UHE Foz do Chapecó com 74 km.

A Tabela 6-7 apresenta os resultados referentes aos trechos livres de rios na área de estudo, estendida ao Médio Uruguai. Na porção superior da rede hidrográfica existe um trecho remanescente acima do reservatório da UHE Barra Grande de 144 km. Esse trecho possui extensão adequada à demanda de algumas populações de migradores para se manter. No entanto, as informações disponíveis não permitem saber se as populações de migradores, que eventualmente foram aprisionadas nessa região, estão mantendo-se viáveis e se existem de fato condições adequadas de habitat para a sua conservação. Nessa região, a implantação da UHE Pai Querê impõe a pior situação de fragmentação ao trecho remanescente do rio Pelotas, pois o reservatório projetado possui 78 km de extensão, o que afeta 55% segmento livre restante. Além disso, o fato de o barramento estar contíguo ao da UHE Barra Grande afeta a porção remanescente de maior potencial de habitat para peixes migradores, disponibilizando apenas a porção mais de montante da bacia, com uma extensão de 65 km, que é inferior a menor extensão utilizada como referência nesse estudo. Existe um indicador qualitativo que pode demonstrar que as populações de peixes de interesse comercial, entre elas as de piracema, não possuem estoques significativos neste trecho de rio. É muito baixa a densidade de pescadores registrados na região, o que é indicação de que os estoques não são grandes o suficiente para manter renda para um esforço de pesca muito grande.

A implantação da UHE Passo da Cadeia afeta 58 km (40%) do trecho do rio livre remanescente. Esse impacto é menor que a UHE Pai Querê, pois mantém ainda 86 km de rio livre nessa porção da bacia o que, com relação a menor extensão de referência adotada encontra-se ainda adequada para a conservação de peixes migradores. Além disso, a implantação na porção superior da bacia mantém áreas com potencial maior de habitats de melhor qualidade para a conservação dessas espécies.

A implantação dos dois barramentos inventariados elimina totalmente os habitats remanescentes do rio para peixes migradores e extingue o sistema lótico remanescente

no rio Pelotas. E, do ponto de vista dos ecossistemas terrestres causa uma fragmentação irreversível no sistema de conexão do sistema de corredor do rio Pelotas. Os profundos vales em V, abrigam uma zonação da vegetação determinada por diferentes microclimas existentes ao longo do gradiente altitudinal da encosta, Como as UHEs previstas para este tipo de vale (estreito e profundo) envolvem barragens da ordem de centenas de metros de altura, a presença do lago inundará sistemas que não podem ser recuperados nas margens do reservatório, pois o clima será outro. Esta fragmentação causada pela interferência no gradiente vertical das encostas não é vista normalmente nos procedimentos planimétricos de modelagem, devendo ser abordados de forma desagregada para que sua importância não seja diluída.

O complexo Garabi terá forte impacto sobre o trecho do rio Uruguai que hoje tem a maior diversidade de peixes migradores, o trecho contínuo de rio que se estende desde a Usina do Salto até a UHE Foz do Chapecó. Além dos aspectos referentes à presença de espécies ameaçadas, como a brancajuva, possui importância econômica para 2621 pescadores artesanais que compartilham o estoque de peixes deste trecho contínuo de rio. Somente no trecho que será alagado pelas UHEs do Complexo Garabi, 570 pescadores, que hoje sustentam seus negócios com a pesca de espécies de alto valor como o dourado e os surubins, perderão acesso a estes recursos, necessariamente buscando se adaptarem ao meio límico, com mudanças culturais importantes ou deverão migrar para os remanescentes de rio livre à jusante e à montante, aumentando a pressão de pesca sobre estoques diminuídos pela redução drástica dos habitats disponíveis pela fragmentação, colocando em risco a viabilidade da manutenção dos estoques remanescentes.

Caso seja implantado o complexo Garabi, ainda é mais importante a preservação da conexão do trecho à montante do complexo com os cursos dos rios da Várzea e do rio Chapecó, o que não é possível com a implantação da UHE Itapiranga, além da necessidade de congelar os licenciamentos ambientais de novas PCHs situadas nestes rios, de forma a manter o máximo de rio livre para as populações de peixes que ocorrem neste trecho, ligado ao Parque Estadual do Turvo e que abriga espécies aquáticas de interesse da conservação.

Tabela 6-7 Trechos livres de rios remanescentes de acordo com a implantação de empreendimentos que fragmentam o rio.

	Origem	Limite	Extensão rio livre (Km)
Trecho de rio	Limite superior UHE Salto Grande	UHE Garabi 1	498
	UHE Garabi 1	San Javier (UHE Garabi 2)	0
	San Javier (UHE Garabi 2)	UHE Roncador	0
	UHE Roncador	UHE Santa Rosa (Garabi 3)	0
	UHE Santa Rosa (Garabi 3)	UHE Itapiranga	102
	UHE Itapiranga	UHE Foz do Chapecó	74
	UHE Foz do Chapecó	UHE Itá	15
	UHE Itá	UHE Machadinho	9
	UHE Machadinho	UHE Barra Grande	11
	UHE Barra Grande	UHE Pai Querê	1
	UHE Pai Querê	AHE Passo da Cadeia	7
	Reservatório		Extensão rio livre suprimido (km)
Reservatório	Reservatório UHE Santa Rosa (Garabi 3)		64
	Reservatório UHE San Javier (Garabi 2)		83
	Reservatório UHE Garabi 1		85
	Reservatório UHE Itapiranga		55
	Reservatório UHE Foz do Chapecó		115
	Reservatório UHE Itá		139
	Reservatório UHE Machadinho		106
	Reservatório UHE Barra Grande		112
	Reservatório UHE Pai Querê		78
	Reservatório AHE Passo da Cadeia		58
Comprimento Total do Pelotas-Uruguai			1614

A Tabela 6-8 apresenta os resultados referentes à análise de fragmentação das barragens em relação aos trechos de rios livres.

Tabela 6-8 Fragilidade referente aos trechos de rios livres.

UHE/AHE	Condição atual	Resultado da implantação do empreendimento		Variação dos valores de fragilidade	
		jusante	montante	jusante	montante
UHE Itapiranga sem Compl. Garabi	26	26	102	0	76
UHE Itapiranga com Compl. Garabi	26	64	102	38	76
UHE Pai Querê	64	102	102	38	38
AHE Passo da Cadeia sem UHE Pai Querê	64	64	Não resta trecho livre	0	Não resta trecho livre
AHE Passo da Cadeia com UHE Pai Querê	64	102	Não resta trecho livre	Não resta trecho livre	Não resta trecho livre

O resultado demonstra que o empreendimento UHE Itapiranga causa um grande impacto de fragmentação no rio principal, de forma independente em relação à implantação ou não do Complexo Garabi no fragmento resultante de montante, mas sensível à implantação do Complexo no trecho resultante de jusante. A perda de qualidade, no trecho de jusante com Complexo Garabi é equivalente a perda de capacidade de manutenção de populações de grandes peixes migradores, mas ainda mantendo a capacidade de manter os médios migradores. Este impacto é altamente significativo, considerando que algumas espécies, como a brancanjuva, somente existem, ainda, neste trecho de rio, além de conter o Parque Estadual do Turvo. Como este é o trecho de maior valor para a biodiversidade, uma vez que os remanescentes à montante do trecho de rio alterado pela UHE Itapiranga estão fragmentados por questões relacionadas à qualidade da água, por barreiras naturais e por PCHs em implantação, o valor do trecho remanescente à jusante é extremamente sensível à situação de implantação ou não do Complexo Garabi. Cabe realçar que a fauna aquática existente hoje no Parque Estadual do Turvo provavelmente sofrerá grande impacto com a implantação deste Complexo. Com a implantação da UHE Itapiranga, o trecho remanescente de rio livre que passa pelo Parque Estadual do Turvo ficará completamente isolado de habitats de comprimento suficiente para manter os processos ambientais que sustentam as populações de grandes peixes migradores. O cenário que envolve somente a UHE Pai Querê fragmenta o trecho situado à montante da UHE Barra Grande de forma significativa. Neste trecho, hoje, é possível a manutenção de processos ambientais que possam manter populações viáveis de médios peixes migradores. Com a implantação, perde-se esta possibilidade, extinguindo-se o último remanescente deste tipo de rio no Alto Uruguai. Com a implantação também do AHE Passo da Cadeia, a situação é mais grave, pois extingue-se o próprio trecho de rio livre. Em ambos os casos, não restarão trechos em condições de manter peixes migradores. A implantação isolada do AHE Passo da Cadeia poderá manter, ainda, um trecho de jusante em condições de manter algumas espécies de peixes migradores, mas extinguirá o rio livre a montante.

7 CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que os trechos de interesse para este estudo, o trecho do rio Pelotas situado à montante da UHE Barra Grande e o trecho situado à jusante da UHE Foz do Chapecó apresentam alta fragilidade para fragmentação.

A análise desagregada de fragmentação mostrou que existe uma forte dependência entre as decisões de implantar as UHEs Itapiranga e as três do Complexo Garabi (UHEs Garabi, San Javier e Santa Rosa). O indicador de fragmentação foi sensível ao valor do trecho remanescente situado à jusante da UHE Itapiranga para a implantação do Complexo Garabi, indicando a perda da capacidade de manter os processos ambientais que sustentam a viabilidade de manutenção de populações de grandes peixes migradores caso sejam implantadas Itapiranga e Santa Rosa (a unidade mais a montante do Complexo Garabi), com fortes implicações sobre o Parque Estadual do Turvo. Esta falta de capacidade de manutenção irá impactar as populações de pescadores profissionais artesanais de forma significativa.

Dada esta dependência sobre a decisão de implantar o Complexo Garabi, recomenda-se que a decisão de implantar a UHE Itapiranga seja tomada após a decisão de implantar o Complexo Garabi, uma vez que trata-se de empreendimento cuja governabilidade está em escala diferente da UHE Itapiranga.

Já no trecho referente ao remanescente situado à montante da UHE Barra Grande, a implantação da UHE Pai Querê tende a eliminar as possibilidades de manutenção de peixes migradores de médio porte no alto Pelotas. Adicionando-se o AHE Passo da Cadeia, extingue-se com os remanescentes de rio livre do trecho de rio principal, com todos os seus impactos associados.

Portanto, a implantação da UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia extingue com o único remanescente de rios livres no trecho principal do rio Pelotas na fisionomia de planalto e interfere com o corredor da Mata Atlântica naquela área.

A análise integrada demonstrou que as fragilidades dos trechos remanescentes é muito alta, mas não discriminou entre os trechos afetados pelos empreendimentos. No entanto, no caso do trecho remanescente situado à montante da UHE Barra Grande, os índices mostraram a sensibilidade do modelo para a consideração ou não da Zona Núcleo da Mata Atlântica na análise.

Quando considera-se a análise integrada no nível de agregação de blocos (meios físico, biótico e antrópico), a discriminância aparece, embora as variações se dêem no intervalo dos valores inferiores a 50 na escala de fragilidades, o que configura alta fragilidade. Os trechos possuem razões diferentes para suas fragilidades.

No caso do trecho situado à montante da UHE Barra Grande, se sobressaem as fragilidades relativas ao meio biótico terrestre, com ênfase para integridade dos remanescentes florestais, da vegetação reófila e dos Campos de Cima da Serra. Associa-se a grande ocorrência potencial de espécies ameaçadas de extinção da fauna e flora terrestre. Neste trecho, a hierarquia dos empreendimentos é dependente da posição tomada em relação à Zona Núcleo da RBMA. Caso seja considerada como zona de exclusão, inviabiliza os dois empreendimentos previstos. Caso não seja, o empreendimento UHE Pai Querê aparece como o que ocorre no trecho de maior fragilidade remanescente do rio Pelotas. A análise do índice ambiental relativo do meio biótico demonstrou que a hierarquia fica assim determinada, em ordem decrescente de

fragilidade: UHE Pai Querê, AHE Passo da Cadeia e UHE Itapiranga. Também deve-se verificar que a UHE Itapiranga tem potencial para produzir mais que o dobro da energia que Pai Querê (embora tenha um alague de dimensões equivalentes, a UHE Pai Querê possui uma eficiência energética muito mais baixa, assim como o AHE Passo da Cadeia, que apresenta uma eficiência ainda menor).

Já o trecho situado à jusante da UHE Foz do Chapecó, possui fragilidades associadas aos meios físico e antrópico, dominantes na análise integrada (multicritério), mas também pelo meio biótico aquático, conforme análise desagregada de fragmentação que foi tratada em termos de comprimentos de rios livres de barramento e de redes (abordada no bloco do meio antrópico, aspecto influência sobre populações tradicionais de pescadores). A análise dos índices ambientais relativos dos meios físico e antrópico resultaram em altas fragilidades para todos os trechos, mas discriminaram uma hierarquia entre os trechos afetados pelos empreendimentos, expressos na seguinte ordem decrescente de fragilidades: UHE Itapiranga, UHE Pai Querê e AHE Passo da Cadeia.

8 Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A. Os domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. 2 ed. São Paulo: Ateliê editorial, 2003.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; SUZUKI, H. I. & JÚLIO Jr., H. F. 2004. Migratory Fishes of the Upper Paraná River Basin, Brazil". In: J. CAROSFELD, B. HARVEY, A. BAER, C. ROSS (eds). Migratory Fishes of South America: Biology, social importance and conservation status. World Fisheries Trust.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia dos Rios Tocantins e Araguaia. Relatório Síntese. Versão Preliminar. Brasília: Consórcio Magna Engenharia Ltda e Cohidro Consultoria Estudos e Projetos Ltda, 2009. 177 p. Disponível em: http://www.cnrh-srh.gov.br/reunioes/2009/Item_3.1_Relatorio_Sintese_Plano_Tocantins_Araguaia.zip. Acesso em 02/05/2009.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução N.º 393, de 04 de dezembro de 1998. Estabelece os procedimentos gerais para registro e aprovação dos estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas. Disponível em: http://www.zonaeletrica.com.br/legislacao/resolucoes/res_aneel/1998/1998_RESOLUC_AO_ANEEL_N393.pdf. Acesso em 02/05/2009.
- ASMUS, H.E. Hipóteses sobre a origem dos sistemas de zonas de fraturas oceânicas/alinhamentos continentais que ocorrem nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. Série Projeto REMAC, 1978. n.4, p.39 – 73.
- BENCKE, G. A.; MAURICIO, G. N.; DEVELEY, P. F. & JAQUELINE, M. G. (orgs.) (2006). Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil. Parte I – Estados do Domínio da Mata Atlântica. São Paulo. SAVE Brasil.
- BENDA, L.; POFF, L.; MILLER, D.; DUNNE, T.; REEVES, G.; PESS, G.; POLLOCK, M. The Network Dynamics Hypothesis: How Channel Networks Structure Riverine Habitats. Bioscience, v. 54, n.5, p. 413-427, 2004.
- BERTACO, V.A., MALABARBA, L.R. 2001. Description of two new species of Astyanax (Teleostei: Characidae) from headwater streams of South Brazil, with comments on the "A. scabripinnis species complex". Ichthiol. Explor. Freshwaters, v. 12 (3): 221-234.
- BERTOLETTI, J.J., LUCENA, C.A.S., LUCENA, Z.M.S., MALABARBA, L.R., REIS, R.E. 1990. Estrutura e composição da fauna de peixes na área de influência da futura usina hidrelétrica de Garabi, Rio Grande do Sul, Brasil. Comm. Mus. Cienc. Tecnol. PUCRS, Ser. Zool., v. 3 (2): 33-97.
- BOLDRINI, I.I. Campos do Rio Grande do Sul: Caracterização fisionômica e problemática ocupacional. Boletim do Instituto de Biociências, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, n.56, p. 1-39, 1997.
- BONI, L.A. de. A Itália e o Rio Grande do Sul IV: Relatório de Autoridades Italianas sobre a Colonização em Terras Gaúchas. Caxias do Sul: Ed. da Universidade de Caxias do Sul, 1983. 60 p.

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Departamento de Economia Florestal. Inventário Florestal Nacional: Florestas Nativas do Rio Grande do Sul. Brasília: 1983. 345 p.
- BRETSCHKO, G. 1995. River/Land Ecotones: Scales and Patterns. *Hydrobiologia*, vol. 303, p. 83-91.
- BUCKUP, P.A. & REIS, R.E. 1997. Characidiin Genus *Characidium* (Teleostes, Characiformes) in Southern Brazil, with Description of Three New Species. *Copeia*, n. 3: 531-548.
- CÂMARA, L.F, HAHN, L. 2002. The fish fauna of two tributaries of the Passo Fundo river basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Comm. Mus. Cienc. Tecnol. PUCRS, Ser. Zool.*, v. 15 (2): 163-174.
- CARDOSO, E.S.; RAUBER, K.R. e BERWALDT, V.M.B. Pescadores do Rio Uruguai: caracterização da atividade pesqueira em Pirapó e Roque Gonzales – RS. *Ciência e Natura*, UFSM, 28(2): 43-54, 2006.
- CAVALLI-SFORZA, L.; CAVALLI-SFORZA, F. Quem Somos? História da Diversidade Humana. São Paulo: Editora da UNESP.2002. 383 p.
- CEEE: Companhia Estadual de Energia Elétrica. 2000. Inventário Hidrelétrico da Sub-Bacia 75. Porto Alegre: Geolinks, Convênio SOPHS/DRH/CRH-RS-SEMC/CEEE. 4 tomos, 9 vols.
- CEMIG/CETEC: Companhia Energética de Minas Gerais / Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. 2000. Guia ilustrado de peixes da bacia do Rio Grande. 144p.
- CNEC. Estudos de Implantação do Pólo Petroquímico de Triunfo. 1980.
- CN-RBMA. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Reserva da Biosfera da Mata Atlântica FASE V, 2002. Disponível em [http://www.rbma.org.br/pdf/RBMAFaseV\(Brasil\).pdf](http://www.rbma.org.br/pdf/RBMAFaseV(Brasil).pdf). Acesso em 15\01\2009.
- CODENOTTI, T. L.; SILVA, V. M.; ALBUQUERQUE, V. J.; CAMARGO, E. V.; SILVEIRA, R. M. M. (2002). Distribuição e situação atual de conservação de *Alouatta caraya* (HUMBOLDT, 1812) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Neotropical Primates* 10(3).
- COSTA, A.F.U.; RAMGRAB, G.E. Lineamento Jaguarão – Caracterização aeromagnética. *Revista Brasileira de Geofísica*. Rio de Janeiro, v. 7, p. 41 – 45. 1989.
- COSTA RANGRAB 1989
- CPRM.. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Sul. Programa Geologia do Brasil. Integração, Atualização e Difusão de Dados de Geologia do Brasil. Mapas Geológicos Estaduais Escala de 1: 750.000, 2008. CD-ROM.
- CPRM-Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informação Geográfica folhas SH.22 porto Alegre e SI.22 Curitiba. Programa Geológico do Brasil. Brasília:CPRM.2003. CD-ROM
- CPRM. Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina - Projeto Oeste de Santa Catarina / Organizado por Marcos A. de Freitas; Bráulio R. Caye; José L. F. Machado. Porto Alegre: CPRM/SDM-SC/SDA-SC/EPAGRI. 2002. 100 p.
- EASTMAN, R.J. IDRISI32: Guide to GIS and Image Processing. Vol 1. Worcester: Clark Labs. 1999. 193 p.

- ELETOBRÁS. Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas. <http://www.eletobras.gov.br/atuacao/recursos/default.asp>. 1997.
- ELLENBERG, H. & MUELLER-DOMBOIS, D. A. 1965/66. Tentative physionomic-ecological classification of plant formations of the earth. Separata de Ber. Geobot.Inst. ETH, Zurich, 37:21-55.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 1999. 412p.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai. Relatório Final. Brasília: Consórcio Themag/Andrade & Canellas/Bourscheid, 2007. 452 p.
- FEE. Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEE. CD-ROM. 2001.
- FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Diagnóstico Ambiental da Bacia do Taquari-Antas/RS: Diretrizes Regionais para o Licenciamento Ambiental das Hidrelétricas. Porto Alegre: FEPAM/UFRGS, 2001. 40 p.
- FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler e UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Análise de Fragilidades Ambientais e da Viabilidade de Licenciamento de Aproveitamentos Hidrelétricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Ijuí e Butuí-Piratinin-Icamaquã, Região Hidrográfica do Rio Uruguai – RS. Porto Alegre: FEPAM/UFRGS, 2004. 138 p.
- FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler e UFSM. Universidade Federal de Santa Maria. Análise de Fragilidades Ambientais da Bacia Hidrográfica dos rios Apuaê-Inhandava, situada na Região Hidrográfica do rio Uruguai. Relatório Técnico Final. Santa Maria: FEPAM/UFSM, 2005. 86 p.
- FUNAI, 2008. Fundação Nacional do Índio. Arquivo de Terras Indígenas em formato SHAPE FILE (compactado). Disponível em: http://www.funai.gov.br/ultimas/informativos/daf/cgdp/2008/arquivos/Shapes_atuais.rar. Acesso em 05/05/2009.
- FLORES. Moacir, Tropicismo no Brasil. Nova Dimensão. Porto Alegre, 1998.
- FONTANA, C. S., G. A. BENCKE & R. E. REIS. 2003. Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Edipucrs, 632p.
- GAMMON, J.R. & SIMON T.P. 2000. Variation in a Great River Index of biotic Integrity over a 20-year period. Hydrobiologia, (422/423):. 291-304.
- GANASAN, V. & HUGHES, R.M. 1998. Application of an index of biological integrity (IBI) to fish assemblages of the rivers Khan and Kshipra (Madhya Pradesh), India. Freshwater Biology, (40): 367-383.
- GARCEZ, D.S. & SANCHEZ-BOTERO, J.I. Comunidades de Pescadores Artesanais no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Atlântica*, Rio Grande, 27 (1): 17-29, 2005.
- GRIFFIN, J.B. O estudo das culturas primitivas. In: SHAPIRO, H.L. Homem, Cultura e Sociedade. São Paulo: Martins Fontes, 1982. p. 21-47.
- HEATH, R. C. Hidrologia básica de águas subterrâneas. Denver: 1983. 86 p. USGS Paper nº20. Wrege, M. e Potter, P. (Trad.) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS.

- HÖRMEYER, J. O Rio Grande do Sul de 1850: Descrição da Província do Rio Grande do Sul no Brasil Meridional. Porto Alegre: D.C. Luzzatto Ed./ EDUNI-SUL, 1986. 126 p. (Original alemão, Coblenza, 1854).
- HUGUENY, B., CAMARA, S., SAMOURA, B. & MAGASSOUBA, M. 1996. Applying an index of biotic integrity based on fish assemblages in a West African river. *Hydrobiologia*, (331): 71-78.
- IBAMA/ INSTITUTO BRASILEIRO DE RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (2009). Estação Ecológica de Aracuri - Esmeralda. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/siucweb/mostraUc.php?seqUc=101>. Acessado em 26 de abril de 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 1991. População Residente Urbana e Rural. Disponível em ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_1991/Populacao_Residente_Urbana_Rural/Rio_Grande_do_Sul.zip Acesso em 28/10/2008.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Recursos Naturais e Ambiente: uma visão do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 154 p.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Regiões do Brasil: Região Sul Rio de Janeiro: IBGE, SERGRAF, 1977
- IFC. International Finance Corporation. Nota de Orientação 5. Aquisição da Terra e Reassentamento Involuntário. 31 de julho de 2007. Disponível em [http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/pol_GuidanceNote2007_5_Portuguese/\\$FILE/GN+5+-+Portuguese.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/pol_GuidanceNote2007_5_Portuguese/$FILE/GN+5+-+Portuguese.pdf). Acesso em 05/05/2009.
- IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. *Patrimônio arqueológico*. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/montarPaginaSecao.do?id=12944&retorno=paginaAlpha>. Acesso em 20/04/2009a.
- IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. *Patrimônio imaterial*. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/montarPaginaSecao.do?id=10852&retorno=paginaAlpha>. Acesso em 20/04/2009b.
- JARENKOW, J. A. Estudo fitossociológico comparativo entre duas áreas com mata de encosta no Rio Grande do Sul. São Carlos: Universidade de São Carlos, 1.994. 125 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Carlos.
- KARR, J.R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, v.6 (6): 21-27.
- KARR, J.R. 1987. Biological Monitoring and Environmental Assessment: a Conceptual Framework. *Environmental Management*, v.11 (2): 249-256.
- KASPER, C. B. (2007). Composição e abundância relativa dos mamíferos de médio e grande porte no Parque Estadual do Turvo, com ênfase em felinos. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação de Biologia Animal, Instituto de Biociências. UFRGS.
- LASSEVILS, J.F. & BERRUX, D. Sources of phosphorus to surface waters: comparing calculated with measured P loadings for three French rivers. <http://www.ceep-phosphates.org/geoplusuk.pdf>. 2000.

- LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geografia do Brasil: Região Sul. Rio de Janeiro: 1990. p.113-150.
- LINDMAN, C. A. M.; FERRI, M. G. A Vegetação do Rio Grande do Sul. Belo Horizonte: Itatiaia, 1974. 378 p.
- LUCENA, C.A.S. & KULLANDER, S.O. 1992. The *Crenicichla* (Teleostei: Cichlidae) species of the Uruguai River drainage in Brazil. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, v.3 (2): 97-160.
- MACHADO, A. B. M; DRUMMOND, G. M. & PAGLIA, A. P. (2008). Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. 1.ed. - Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG : Fundação Biodiversitas.
- MACIEL FLHO, C.L.; SILVERIO DA SILVA, J.L; ARAUJO, T.A. Cap. 6 Aspectos Geológicos para inventário. IN: SILVEIRA, G.L. & CRUZ, J.C. (eds.) Seleção Ambiental de Barragens: análise de favorabilidades ambientais em escala de bacia hidrográfica... Santa Maria: ED. UFMS/ABRH, 2005. Cap. 6 215-247p.
- MARCHIORI, J.N.C. Fitogeografia do Rio Grande do Sul: Campos Sulinos. Porto Alegre: EST Edições, 2004. 110 p.
- MARQUES, A. A. B. et al. Lista de Referência da Fauna Ameaçada de Extinção no Rio Grande do Sul. Decreto no 41.672, de 10 de junho de 2002. Porto Alegre: FZB/MCT–PUCRS/PANGEA, 2002. 52p. (Publicações Avulsas FZB, 11)
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/SBF (2000). Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. Brasília.
- MMA. Caderno da Região Hidrográfica do Uruguai. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006. 128 p. : il. color. ;
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2003. Lista Oficial das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 003, de 26 de maio de 2003. Disponível para acesso em 25/03/2009 em http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008034002.pdf
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2008. Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 006, de 23 de setembro de 2008. Disponível para acesso em 25/03/2009 em http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008033615.pdf
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, Proposta de Unidade de Conservação de Proteção Integral, na categoria de Refúgio da Vida Silvestre, formando Corredor Ecológico, no rio Pelotas e nos Campos de Cima da Serra, Sul do Brasil - Relatório Técnico. Brasília: SBF/MMA, 2007a, 85 p.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Cadernos da Região Hidrográfica do Uruguai. Secretária dos Recursos Hídricos- Brasília:MMA,2006.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Cartas de vegetação PROBIO (MMA). Brasília: PROBIO/MMA, 2007c. (mapa digital). Disponível em http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm?//mata_atlantica/index.html, acesso em 05/05/2008.
- NAKATANI, K., Agostinho, A.A., Baumgartner, G., Bialezki, A., Sanches, P.V., Makrakis, M.C., Pavanelli, C.S. 2001. Ovos e larvas de peixes de água doce. Desenvolvimento e manual de identificação. Ed. da Universidade Estadual de Maringá, 378p.

- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Revisão Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (importância biológica) - 2007b. Brasília: PROBIO/MMA, 2007. (mapa digital). Disponível em <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>, acesso em 05/05/2008.
- MME. Ministério das Minas e Energia. Plano Decenal de Expansão da Energia Elétrica 2006-2015. Brasília: MME/EPE, 2006. 76p.
- NAKATANI, K., AGOSTINHO, A.A., BAUMGARTNER, G., BIALETZKI, A., SANCHES, P.V., MAKRAKIS, M.C., PAVANELLI, C.S. Ovos e larvas de peixes de água doce. Desenvolvimento e manual de identificação. Ed. da Universidade Estadual de Maringá, 2001. 378p.
- NEODAT: Inter-Institutional Database of Fish Biodiversity in the Neotropics. Disponível em <http://www.neodat.org>.
- NIMER, Edmon, Climatologia do Brasil / 2. ed. Rio de Janeiro IBGE 1989 421 p.
- NOGUEIRA, N.D. A Usina Hidrelétrica Cachoeira do Emboque – MG: O Significado da Barragem para os Atingidos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 81 p. (Dissertação, PPG Extensão Rural).
- NUMMER, A.V. Parâmetros Geológicos-Geotécnicos controladores dos movimentos de massa na RS486/Rota do Sol-Itati,RS. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS. 2003, 228p.
- OSPAR CONVENTION FOR THE PROTECTION ON THE MARINE ENVIRONMENT OF THE NORTH-EAST ATLANTIC. Guideline 4: Quantification and Reporting of Nitrogen and Phosphorus Discharges from Sewage Treatment Works and Sewerage. OSPAR 00/92 Add.4 and OSPAR 00/20/1, § 9.5a, 2000.
- PAIVA, M.P., ANDRADE-TUBINO, M.F., GODOY, M.P. 2002. As represas e os peixes nativos do Rio Grande, bacia do Paraná, Brasil. Ed. Interciência, 78p.
- PEREIRA, E.H.L., REIS, R.E. 2002. Revision of the loricariid genera *Hemipsilichthys* and *Isbrueckerichthys* (Teleostei: Siluriformes) with description of five new species of *Hemipsilichthys*. *Ichthiol. Explor. Freshwaters*, v. 13 (2): 97-146.
- PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E; DEL PRETE, M.E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A.F.M (Orgs.) Conceitos de bacias hidrográficas:teorias e aplicações. Ilhéus: Editus, 2002. p. 17-35.
- PORTO, R. L.; AZEVEDO, L. G. T de. (1997). Cap.2: Sistemas de Suporte a Decisões Aplicados a Problemas de Recursos Hídricos. In: PORTO, R.L.L. (Org.) Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos. Porto Alegre: Ed. da Universidade – UFRGS / ABRH.
- POSTEL, S. e RICHTER, B. Rivers for Life: managing water for people and nature. Washington, D.C.: Island Press, 2003. 253 p.
- RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais: folha SG.22 Curitiba e parte da fplha SG 21 Assuncion. Rio de Janeiro: IBGE, 2005 (Vol.34).
- RADAMBRASIL - Levantamento de Recursos Naturais, folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE,1986 v.33.
- RAMBO, S. J. B. A fisionomia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Selbach, 1956. 456 p.

- REIS, R.E., PEREIRA, E.H.L. 2000. Three new species of the Loricariid catfish genus *Loricariichthys* (Teleostei: Siluriformes) from Southern South America. *Copeia*, v. 4: 1029-1047.
- REIS, R.E., SCHAEFER, S.A. 1998. New cascudinhos from Southern Brazil: systematics, endemism, and relationships (Siluriformes, Loricariidae, Hypoptopomatinae). *American Museum Novitates* n. 3254, 25p.
- REIS, R.E.; KULLANDER, S.O. & FERRARIS Jr., S.J. 2003. Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. EDIPUCRS, 729p.
- REITZ, R.; KLEIN, R.M. Flora Ilustrada Catarinense: Araucariáceas. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 62 p.
- RIBEIRO, M. Geossuturas do Escudo do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, 1980. Balneário Camboriú, **Anais...** v. 5, p. 2709-2718.
- ROBERGE, J.M. & ANGELSTAM, P. 2004. Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool. *Conservation Biology*, 18: 76 – 85.
- ROSS, J. L. S. Geomorfologia :ambiente e planejamento. 7. ed. São Paulo Contexto. 2003 85 p.
- SANTOS, L. M. et al. Organizam: Bom Jesus e o Tropeirismos no Cone Sul. Edições EST, Porto Alegre, 2000.
- SANTOS, L. M.; VIANNA, L. C.; BARROSO, V. L. M. Organizam:Bom Jesus, O Tropeirismo no Brasil Meridional. Edições EST, Porto Alegre, 1995.
- SCHÄFER, A. 1984. Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais. Porto Alegre: Ed. da Universidade/GTZ. 532 p.
- SCHIMPER, A. F. W. 1898. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Fischer, Jena. Publicado em inglês como Plant Geography upon a Physiological Basis. Clarendon Press, Oxford, 1903. 839 pp.
- SCHIEMER, F. Fish as indicators for the assessment of the ecological integrity of large rivers. *Hydrobiologia*, n. 422/423, p. 271-278. 2000.
- SEMA/SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (2009). Unidades de Conservação. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/bio.htm>. Acessado em 26 de abril de 2009.
- SILVEIRA, G.L. & CRUZ, J.C. (eds.) Seleção Ambiental de Barragens: análise de favorabilidades ambientais em escala de bacia hidrográfica. Santa Maria: ED. UFMS/ABRH, 2005. 388 p.
- SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; HIRATA, R.C. A.; FLORES, E. L. M.; DRESSLER, V. L., 2002. Novas hipóteses sobre a origem do flúor no Sistema Aquífero Guarani na Depressão Gaúcha, Brasil. Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002.
- SRH. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil: Volume 1 . Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2006. 4 v.: il. Color; 28 cm.
- STRAHLER, A. N. 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Bull. Geol. Soc. Am.* (63): 1117-1142.

- STRASSBURGER, L. Uso da terra nas bacias hidrográficas do Rio do Peixe (SC) e do Rio Pelotas (RS/SC) e sua influência na Limnologia do Reservatório da UHE-ITÁ (RS/SC). Dissertação de Mestrado. Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Geografia e Geociências. Universidade Federal de Santa Maria, 2005.
- SUDESUL. Superintendência de Desenvolvimento da Região Sul. A vegetação atual da Região Sul. Porto Alegre: 1978. 115 p. (Série Planejamento e Estudos Regionais, 2).
- SUGAI, H.M.; SANTOS JR., M.F.; MACHADO, F.G. Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas: sua revisão e PCHs. In: ANAIS. VI Simpósio Brasileiro sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas. Comitê Brasileiro de Barragens. Belo Horizonte, 21 a 25 de abril de 2008. T22-A03. 16 p. Disponível em: <http://www.cerpch.unifei.edu.br/Adm/artigos/652581912144bfe945a96e840e4f6386.pdf>. Acesso em 02/05/2009.
- TREVISAN, M. L. Sensibilidade de fatores para valoração do ambiente com o uso de avaliação multicritério e geoprocessamento digital, Tese de Doutorado, PPGEA, UFSM, Santa Maria, 2008, 161p.
- TUCCI, C.E.M.; MENDES, C.A. Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica. Brasília: MMA, 2006. 302 p
- UFSM. Universidade Federal de Santa Maria. *Inventário de Recursos Hídricos e de Possíveis Locais de Barramentos para fins de Irrigação na Parte Norte do Rio Grande do Sul. Relatório Síntese*. Santa Maria: UFSM/MAPA, 2002.
- UNIJUI. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. *Pescadores profissionais da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai criam Fórum da Pesca*. Comunic@, 30 de julho de 2008. Disponível em <http://www.unijui.edu.br/content/view/4640/1229/lang.iso-8859-1/>. Acesso em 20/04/2009.
- VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R.; CUSHING, C.E. 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 37, p130-137.
- VAZZOLER, A.E.A.M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: Teoria e prática. Ed. da Universidade Estadual de Maringá, 169p.
- WARD, J.V. Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biological Conservation*, v. 83, n. 3, p.269-278, 1998.
- WHITE, M. No Rastro do Jaguar. *National Geographic Brasil*, ano 9, n. 108, 2009, p. 82-91.
- ZALÁN, P. V.; WOFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M. A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T.; ZANOTTO, O. A. Bacia do Paraná. In RAJA CABAGLIA, G.P.; MILANI, E. J. (Eds.). *Origem e evolução das Bacias Sedimentares*. Petrobrás, 1990. p.135-168.

ANEXO 1 - Lista das espécies da fauna ameaçadas de extinção

Lista das espécies da fauna ameaçadas de extinção para as quais foram confeccionados mapas de habitat potencial.

Espécie	Nome popular	Família	Situação
<i>Melanophryniscus cambaraensis</i>	Sapinho-verde-de-barriga-vermelho	Bufoidea	VU
<i>Hyalinobatrachium uranoscopum</i>	Perereca-de-vidro	Centrolenidae	VU
<i>Lystrophis histricus</i>	Nariguda-rajada	Colubridae	VU
<i>Bothrops cotiara</i>	Cotiara	Viperidae	VU
<i>Bothrops jararacussu</i>	Jararacuçu	Viperidae	VU
<i>Urostrophus vautieri</i>	Papa-vento-de-barriga-lisa	Polychrotidae	VU
<i>Cnemidophorus vacariensis</i>	Lagartinho-pintado	Teiidae	VU/END
<i>Tinamus solitarius</i>	Macuco	Tinamidae	CR
<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	Coró-coró	Threskiornithidae	EN
<i>Accipiter poliogaster</i>	Tauató-pintado	Accipitridae	CR
<i>Busarellus nigricollis</i>	Gavião-velho	Accipitridae	VU
<i>Buteo leucorrhous</i>	Gavião-de-sobre-branco	Accipitridae	CR
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Águia-chilena	Accipitridae	VU
<i>Harpia harpyja</i>	Gavião-real	Accipitridae	PE
<i>Harpyhaliaetus coronatus</i>	Águia-cinzenta	Accipitridae	CR
<i>Leptodon cayanensis</i>	Gavião-de-cabeça-cinza	Accipitridae	CR
<i>Leucopternis polionota</i>	Gavião-pombo-branco	Accipitridae	EN
<i>Spizaetus ornatus</i>	Gavião-de-penacho	Accipitridae	PE
<i>Spizaetus tyrannus</i>	Gavião-pega-macaco	Accipitridae	CR
<i>Spizastur melanoleucus</i>	Gavião-pato	Accipitridae	CR
<i>Falco deiroleucus Temminck</i>	Falcão-de-peito-vermelho	Accipitridae	PE
<i>Falco rufigularis Daudin</i>	Falcão-de-garganta-branca	Accipitridae	EN
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Acauã	Accipitridae	VU
<i>Cairina moschata</i>	Pato-do-mato	Anatidae	EM
<i>Sarkidiornis melanotos</i>	Pato-de-crista	Anatidae	VU
<i>Penelope superciliaris Temminck</i>	Jacu-velho, jacupemba	Cracidae	PE
<i>Pipile jacutinga</i>	Jacutinga	Cracidae	CR
<i>Gallinago undulata</i>	Narcejão	Scolopacidae	VU
<i>Tryngites subruficollis</i>	Maçarico-acanelado	Scolopacidae	VU
<i>Claravis pretiosa</i>	Rola-azul	Columbidae	EN
<i>Amazona pretrei</i>	Charão	Psittacidae	VU
<i>Amazona vinacea</i>	Papagaio-de-peito-rocho	Psittacidae	EN
<i>Trichlorophaga malachitacea</i>	Sabiá-cica	Psittacidae	VU/END
<i>Crotophaga major Gmelin</i>	Anu-coroca	Cuculidae	VU
<i>Dromococcyx pavoninus Pelzeln</i>	Peixe-frito-pavonino	Cuculidae	EN
<i>Dromococcyx phasianellus</i>	Peixe-frito-verdadeiro	Cuculidae	EN
<i>Pulsatrix perspicillata</i>	Murucutu	Strigidae	EN
<i>Caprimulgus sericocaudatus</i>	Bacurau-rabo-de-seda	Caprimulgidae	VU
<i>Phaethornis eurynome</i>	Rabo-branco-de-garganta-rajada	Trochilidae	VU
<i>Baryphthengus ruficapillus</i>	Juruva	Momotidae	CR
<i>Baillonioides bailloni</i>	Araçari-banana	Ramphastidae	CR/END
<i>Pteroglossus castanotis</i>	Araçari-castanho	Ramphastidae	CR/END

<i>Ramphastos toco</i>	Tucanuçu	Ramphastidae	VU
<i>Selenidera maculirostris</i>	Araçari-poca	Ramphastidae	CR/END
<i>Campephilus robustus</i>	Pica-pau-rei	Picidae	EN/END
<i>Dryocopus galeatus</i>	Pica-pau-de-cara-amarela	Picidae	CR/END
<i>Dryocopus lineatus</i>	Pica-pau-de-banda-branca	Picidae	VU
<i>Anabacerthia amaurotis</i>	Limpa-folha-miuda	Furnariidae	VU/END
<i>Cichlocolaptes leucophrus</i>	Trepador-sombrancelha	Furnariidae	EN/END
<i>Clibanornis dendrocolaptoides</i>	Cisqueiro	Furnariidae	VU
<i>Limnocittes rectirostris</i>	Junqueiro-de-bico-preto	Furnariidae	VU
<i>Philydor lichtensteini</i>	Limpa-folha-ocráceo	Furnariidae	EN/END
<i>Synallaxis albescens</i> <i>Temminck</i>	Ui-pi	Furnariidae	VU
<i>Dryophila rubricollis</i>	Trovoada-de-bertoni	Formicariidae	EN/END
<i>Grallaria varia</i>	Tovacuçu	Formicariidae	VU
<i>Mackenziaena severa</i>	Borrallhara	Formicariidae	EN/END
<i>Pyriglena leucoptera</i>	Papa-taoca	Formicariidae	VU/END
<i>Psilorhamphus guttatus</i>	Macuquinho-pintado	Rhinocryptidae	VU/END
<i>Capsiempis flaveola</i>	Marianinha-amarela	Tyrannidae	VU
<i>Colonia colonus</i>	Viuvinha	Tyrannidae	VU
<i>Contopus cinereus</i>	Papa-moscas-cinzento	Tyrannidae	EN
<i>Corythopsis delalandi</i>	Estalador	Tyrannidae	EN
<i>Culicivora caudacuta</i>	Papa-moscas-de-campo	Tyrannidae	CR
<i>Hemitriccus diops</i>	Olho-falso	Tyrannidae	EN/END
<i>Phylloscartes eximius</i>	Barbudinho	Tyrannidae	EN/END
<i>Platyrinchus leucoryphus</i>	Patinho-gigante	Tyrannidae	CR/END
<i>Piprites chloris</i>	Papinho-amarelo	Pipridae	EN
<i>Phibalura flavirostris</i>	Tesourinha-do-mato	Cotingidae	CR/END
<i>Procnias nudicollis</i>	Araponga, ferreiro	Cotingidae	EN/END
<i>Pyroderus scutatus</i>	Pavó	Cotingidae	CR
<i>Anthus nattereri</i>	Caminheiro-grande	Motacillidae	VU
<i>Cistothorus platensis</i>	Corruíra-do-campo	Troglodytidae	EN
<i>Polioptila lactea</i>	Balança-rabo-leitoso	Muscicapidae	EN/END
<i>Cissopis leverianus</i>	Tié-tinga	Emberizidae	VU
<i>Euphonia violacea</i>	Gaturamo-verdeiro	Emberizidae	VU
<i>Oryzoborus angolensis</i>	Curió	Emberizidae	EN
<i>Saltator fuliginosus</i>	Bico-de-pimenta	Emberizidae	VU
<i>Sporophila cinnamomea</i>	Caboclinho-de-chapéu-cinzento	Emberizidae	EN
<i>Sporophila frontalis</i>	Pixoxó	Emberizidae	PE
<i>Sporophila hypoxantha</i>	Caboclinho-de-barriga-vermelha	Emberizidae	CR
<i>Sporophila melanogaster</i>	Caboclinho-de-barriga-preta	Emberizidae	VU
<i>Sporophila palustris</i>	Caboclinho-de-papo-branco	Emberizidae	EM
<i>Sporophila plumbea</i>	Patativa	Emberizidae	EN
<i>Tangara cyanocephala</i>	Saíra-militar	Emberizidae	EN/END
<i>Tangara seledon</i>	Saíra-de-sete-cores	Emberizidae	VU
<i>Cacicus solitarius</i>	Iraúna-de-bico-branco	Icteridae	VU
<i>Molothrus oryzivorus</i>	Iraúna-grande	Icteridae	EN
<i>Xanthopsar flavus</i>	Veste-vermelha	Icteridae	VU
<i>Chironectes minimus</i>	Cuíca-d'água	Didelphidae	VU

<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	Tamanduá-bandeira	Myrmecophagidae	CR
<i>Tamandua tetradactyla</i>	Tamanduá-mirim	Myrmecophagidae	VU
<i>Myotis ruber</i>	Morcego-borboleta-avermelhado	Vespertilionidae	VU
<i>Alouatta guariba clamitans</i>	Bugio-ruivo	Atelidae	VU
<i>Chrysocyon brachyurus</i>	Lobo-guará	Canidae	CR
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Gato-morisco, jaguarundi	Felidae	VU
<i>Leopardus pardalis</i>	Jaguaririca	Felidae	VU
<i>Leopardus tigrinus</i>	Gato-do-mato-pequeno	Felidae	VU
<i>Leopardus wiedii</i>	Gato-maracajá	Felidae	EN
<i>Oncifelis colocolo</i>	Gato-palhaio	Felidae	VU
<i>Oncifelis geoffroyi</i>	Gato-do-mato-grande	Felidae	VU
<i>Panthera onca</i>	Onça-pintada, onça-preta	Felidae	CR/END
<i>Puma concolor</i>	Puma, leão-baio, onça-parda	Felidae	EN
<i>Eira barbara</i>	Irara	Mustelidae	VU
<i>Lontra longicaudis</i>	Lontra	Mustelidae	VU
<i>Nasua nasua</i>	Quati	Procyonidae	VU
<i>Pecari tajacu</i>	Cateto, tateto	Tayassuidae	EN
<i>Tayassu pecari</i>	Queixada	Tayassuidae	CR
<i>Mazama americana</i>	Veado-pardo, veado-mateiro	Cervidae	EN
<i>Mazama gouazoubira</i>	Veado-virá, veado-catingueiro	Cervidae	VU
<i>Mazama nana</i>	Veado-poca, veado-bororó-do-sul	Cervidae	CR
<i>Ozotoceros bezoarticus</i>	Veado-campeiro, veado-branco	Cervidae	CR
<i>Agouti paca</i>	Paca	Agoutidae	EN
<i>Dasyprocta azarae</i>	Cutia	Dasyproctidae	VU

ANEXO 2 – Listas de Espécies da flora de interesse especial

Lista das espécies da flora de interesse especial (ameaçadas e/ou endêmicas) para as quais foram confeccionados mapas de habitat potencial.

Espécie	Nome popular	Família	Situação
ESTEPE			
<i>Agrostis hygrometrica</i>		Poaceae	END
<i>Agrostis lenis</i>	Pasto-de-sanga	Poaceae	VU
<i>Agrostis longiberbis</i>	Capim-ilusão	Poaceae	EN
<i>Agrostis ramboi</i>	Pastinho-de-quintal	Poaceae	VU
<i>Axonopus ramboi</i>		Poaceae	VU/END
<i>Calibrachoa sendtneriana</i>	-	Solanaceae	END
<i>Calibrachoa serrulata</i>		Solanaceae	END
<i>Calydorea sp</i>		Iridaceae	END
<i>Colletia spinosissima</i>	-	Rhamnaceae	EN/END
<i>Dendrophorbium catharinense</i>		Asteraceae	END
<i>Dendrophorbium paranense</i>		Asteraceae	END
<i>Deschampsia caespitosa</i>	Aveia-de-burro	Poaceae	VU
<i>Eleocharis ochrostachys</i>		Cyperaceae	END
<i>Eleocharis squamigera</i>		Cyperaceae	END
<i>Erigeron maximus</i>		Asteraceae	END
<i>Eryngium falcifolium</i>	Gravata, Caraguatá	Apiaceae	VU/END
<i>Eryngium ramboanum</i>	Gravata, Caraguatá	Apiaceae	CR/END
<i>Eryngium smithii</i>	Gravata, Caraguatá	Apiaceae	VU/END
<i>Eryngium urbanianum</i>	Gravata, Caraguatá	Apiaceae	VU/END
<i>Eryngium zosterifolium</i>		Apiaceae	VU/END
<i>Eupatorium catharinense</i>		Asteraceae	END
<i>Eupatorium gaudichaudianum</i> var. <i>gaudichaudianum</i>		Asteraceae	END
<i>Eupatorium grande</i>		Asteraceae	END
<i>Eupatorium orbiculatum</i>		Asteraceae	END
<i>Glechon discolor</i>		Lamiaceae	VU/END
<i>Holocheilos monocephalus</i>		Asteraceae	VU/END
<i>Hyeracium sp</i>		Asteraceae	END
<i>Hypochaeris catharinensis</i>		Asteraceae	END
<i>Hysterionica pinnatisecta</i>		Asteraceae	END
<i>Jungia sellowii</i>		Asteraceae	END
<i>Lathyrus hasslerianus</i>		Fabaceae	PE
<i>Lathyrus linearifolius</i>		Fabaceae	END
<i>Lathyrus paraguariensis</i>		Fabaceae	END
<i>Lathyrus parodii</i>		Fabaceae	CR
<i>Lupinus magnistipulatus</i>		Fabaceae	END
<i>Lupinus reitzii</i>		Fabaceae	END
<i>Lupinus rubriflorus</i>		Fabaceae	END
<i>Lupinus uleanus</i>		Fabaceae	END
<i>Luzula ulei</i>		Juncaceae	END
<i>Pamphalea araucariophila</i>	Margaridinha-dos-pinhais	Asteraceae	VU/END
<i>Pamphalea smithii</i>	Margaridinha-do-campo-smith	Asteraceae	VU/END
<i>Paspalum barretoii</i>		Poaceae	END
<i>Pentacalia desiderabilis</i>		Asteraceae	END
<i>Perezia catharinensis</i>		Asteraceae	END
<i>Perezia eryngioides</i>		Asteraceae	END
<i>Petunia bonjardinensis</i>		Solanaceae	END

<i>Piptochaetium alpinum</i>	Cabelo-de-porco	Poaceae	VU/END
<i>Poa bradei</i>		Poaceae	EM/END
<i>Poa reitzii</i>	Capim-do-banhado	Poaceae	CR/END
<i>Rhynchospora polyantha</i>		Cyperaceae	END
<i>Salvia congestiflora</i>		Lamiaceae	VU
<i>Senecio conyzifolius</i>		Asteraceae	END
<i>Senecio heteroschizus</i>		Asteraceae	PE/END
<i>Senecio oleosus</i>		Asteraceae	END
<i>Senecio pinnatus</i>		Asteraceae	END
<i>Senecio pulcher</i>		Asteraceae	END
<i>Senecio subnemoralis</i>		Asteraceae	END
<i>Smallanthus araucariophila</i>		Asteraceae	END
<i>Solanum aparadense</i>		Solanaceae	END
<i>Stipa planaltina</i>	Flechilha	Poaceae	EM/END
<i>Stipa rhizomata</i>	Flechilha	Poaceae	EM/END
<i>Stipa vallsii</i>		Poaceae	END
<i>Tephrosia adunca</i>		Fabaceae	END
<i>Trichocline catharinensis</i>	Cravo-do-campo-catarinense	Asteraceae	VU/END
<i>Trichocline macrocephala</i>	Cravo-do-campo-vermelho	Asteraceae	END
<i>Trifolium riograndense</i>	Trevo	Fabaceae	END
<i>Vernonia hypoclora</i>		Asteraceae	END

Nome Científico	Nome Popular	Família	Situação
FLORESTA OMBRÓFILA MISTA			
<i>Allophylus edulis</i>	Chal-chal	Sapindaceae	
<i>Araucaria angustifolia</i>	Pinheiro-brasileiro	Araucariaceae	VU
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	Pau-marfim	Rutaceae	
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	Murta	Myrtaceae	
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	Guabiroba	Myrtaceae	
<i>Casearia decandra</i>	Guaçatunga	Flacourtiaceae	
<i>Celtis iguanaea</i>	Esporão-de-galo	Ulmaceae	
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	Canela-fogo	Lauraceae	
<i>Cupania vernalis</i>	Camboatá-vermelho	Sapindaceae	
<i>Dalbergia frutescens</i>	Rabo-de-bugio	Fabaceae	
<i>Dicksonia sellowiana</i>	Xaxim	Dicksoniaceae	VU
<i>Drymis brasiliensis</i>	Casca-de-anta	Winteraceae	VU
<i>Gymnanthes concolor</i>	Laranjeira-do-mato	Euphorbiaceae	
<i>Ilex brevicuspis</i>	Caúna	Aquifoliaceae	
<i>Ilex paraguariensis</i>	Erva-mate	Aquifoliaceae	
<i>Ilex theezans</i>	Caúna	Aquifoliaceae	
<i>Lithraea brasiliensis</i>	Aroeira-brava	Anacardiaceae	
<i>Lonchocarpus nitidus</i>	Rabo-de-bugio	Fabaceae	
<i>Luehea divaricata</i>	Açoita-cavalo	Tiliaceae	
<i>Matayba elaeagnoides</i>	Camboatá-branco	Sapindaceae	
<i>Myrceugenia cucullata</i>	Guamirim	Myrtaceae	
<i>Myrciaria tenella</i>		Myrtaceae	
<i>Myrocarpus frondosus</i>	Cabreuva	Fabaceae	VU
<i>Nectandra lanceolata</i>	Canela-amarela	Lauraceae	
<i>Nectandra megapotamica</i>	Canela-louro	Lauraceae	
<i>Ocotea catharinensis</i>	Canela-preta	Lauraceae	VU
<i>Ocotea odorifera</i>	Sassafrás	Lauraceae	EN
<i>Ocotea porosa</i>	Imbuia	Lauraceae	EN
<i>Ocotea puberula</i>		Lauraceae	
<i>Ocotea pulchella</i>	Canelinha	Lauraceae	
<i>Pilocarpus pennatifolius</i>	Jaborandi	Rutaceae	
<i>Podocarpus lambertii</i>	Pinheiro-bravo	Podocarpaceae	
<i>Prunus myrtifolia</i>	Pessegueiro-do-mato	Rosaceae	
<i>Rollinia rugulosa</i>	Araticum	Anonaceae	
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	Leiteiro	Euphorbiaceae	
<i>Sebastiania commersoniana</i>	Branquilho	Euphorbiaceae	
<i>Siphoneugena reitzii</i>	Cambuí	Myrtaceae	
<i>Stillingia oppositifolia</i>	Leiteiro	Euphorbiaceae	
<i>Styrax leprosus</i>	Carne-de-vaca	Styracaceae	
<i>Trichilia elegans</i>		Meliaceae	
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	Casca-de-anta	Cunoniaceae	VU

Nome Científico	Nome Popular	Família	Situação
FLORESTA OMBRÓFILA DENSA			
<i>Alchornea triplinervia</i>	Tanheiro	Euphorbiaceae	
<i>Apuleia leiocarpa</i>	Grápia	Fabaceae	VU
<i>Astronio balansae</i>	Aroeirão	Anacardiaceae	VU/END
<i>Ateleia glazioviana</i>	Timbó	Fabaceae	
<i>Cabralea canjerana</i>	Canjerana	Meliaceae	
<i>Calypttranthes concinna</i>	Guamirim	Myrtaceae	
<i>Casearia sylvestris</i>	Cha-de-bugre	Flacourtiaceae	
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	Meliaceae	
<i>Clethra seabra</i>	Carne-de-vaca	Clethraceae	VU/END
<i>Euterpe edulis</i>	Palmito	Arecaceae	EN
<i>Ficus luschnathiana</i>	Figueira	Moraceae	
<i>Ficus organensis</i>	Figueira	Moraceae	
<i>Gleiditschia amorphoides</i>	Sucará	Fabaceae	VU/END
<i>Jacaranda puberula</i>	Jacarandá	Bignoniaceae	VU
<i>Myrocarpus frondosus</i>	Cabreúva	Fabaceae	VU
<i>Nectandra grandiflora</i>	Canela-amarela	Lauraceae	VU
<i>Nectandra lanceolata</i>	Canela	Lauraceae	
<i>Nectandra megapotamica</i>	Canela	Lauraceae	
<i>Nectandra oppositifolia</i>	Canela	Lauraceae	
<i>Ocotea lanceolata</i>	Canela-amarela	Lauraceae	VU
<i>Ocotea porosa</i>	Canela	Lauraceae	EN
<i>Picrammia cressata</i>	Cedrinho	Simaroubaceae	EN
<i>Picrammia serata</i>	Quina	Simaroubaceae	EN
<i>Pentapanax warmingiana</i>	Carobão	Araliaceae	EN/END
<i>Piptocarpha tomentosa</i>	Pau-toucinho	Asteraceae	
<i>Rollinea emarginata</i>	Araticum	Annonaceae	VU
<i>Sebastiania commersoniana</i>	Branquilho	Euphorbiaceae	
<i>Talauma ovata</i>	Baguaçu	Magnoliaceae	VU
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	Embirão	Euphorbiaceae	
<i>Tibouchina sellowiana</i>	Quaresmeira	Melastomataceae	
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	Gramimunha	Cunoniaceae	VU

Nome Científico	Nome Popular	Família	Situação
FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL			
<i>Adiantum fovearum</i>		Adiantaceae	END
<i>Aechmea bromeliifolia</i>		Bromeliaceae	VU/END
<i>Aechmea calyculata</i>		Bromeliaceae	CR/END
<i>Alchornea sidifolia</i>		Euphorbiaceae	END
<i>Allophylus puberulus</i>	Vacum	Sapindaceae	VU
<i>Apuleia leiocarpa</i>	Grápia	Fabaceae	VU
<i>Bauhinia candicans</i>		Fabaceae	END
<i>Billbergia distachya</i>		Bromeliaceae	EN/END
<i>Bromelia balansae</i>		Bromeliaceae	VU/END
<i>Calathea lindbergii</i>		Marantaceae	END
<i>Calliandra foliolosa</i>		Fabaceae	END
<i>Catasetum fimbriatum</i>		Orchidaceae	EN
<i>Croton urucurana</i>		Euphorbiaceae	END
<i>Cyrtopodium palmifrons</i>		Orchidaceae	EN
<i>Dyckia brevifolia</i>		Bromeliaceae	EN/END
<i>Epiphyllum phyllanthus</i>		Cactaceae	VU
<i>Erythrina falcata</i>		Fabaceae	IC
<i>Eupatorium megaphyllum</i>		Asteraceae	END
<i>Euphorbia sciadophila</i>		Fabaceae	END
<i>Ficus guaranitica</i>		Moraceae	IC
<i>Geissomeria cf. longiflor</i>		Acanthaceae	END
<i>Gleditsia amorphoides</i>		Cactaceae	END
<i>Hamelia patens</i>		Rubiaceae	END
<i>Heliocarpus popayanensis</i>		Tiliaceae	END
<i>Hoffmannia peckii</i>		Rubiaceae	END
<i>Holocalyx balansae</i>		Cactaceae	END
<i>Lafoensia nummulariifolia</i>		Lythraceae	EN/END
<i>Machaerium aculeatum</i>		Fabaceae	END
<i>Microtea scabrida</i>		Phytolaccaceae	EN/END
<i>Miltonia flavescens</i>		Orchidaceae	VU
<i>Peltophorum dubium</i>		Cactaceae	END
<i>Pereskia aculeata</i>		Cactaceae	VU
<i>Peschiera catharinensis</i>		Apocynaceae	END
<i>Scutellaria uliginosa</i>		Lamiaceae	END
<i>Solanum fusiforme</i>		Solanaceae	END
<i>Solanum rantonnetii</i>		Solanaceae	END
<i>Tillandsia cf. pulchella</i>		Bromeliaceae	END
<i>Trichilia catigua</i>		Meliaceae	END
<i>Trithrinax brasiliensis</i>	Buriti	Arecaceae	EN
<i>Tropaeolum warmingianum</i>		Tropaeolaceae	END

ANEXO 3 - Proposta de Criação do Refúgio da Vida Silvestre do rio Pelotas

Pelotas

O mapa de fragilidades da variável Refúgio da Vida Silvestre do rio Pelotas foi obtido a partir de mapa com a localização do polígono proposto pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007a). Este estudo foi efetuado como parte dos condicionantes do Termo de Compromisso de Barra Grande. Como a análise não abrange toda a área de estudo, foi decidido que seria levada em consideração como informação anexa, com vistas a não causar viés no modelo.

A área proposta abrange toda a área de interesse do estudo, situada à montante da UHE Barra Grande, situando-se em situação de conectividade com os remanescentes da Floresta Ombrófila Densa situada nos Aparados da Serra.

Esta Unidade de Conservação ainda não foi criada, tratando-se de uma proposta desenvolvida pelo MMA. Desta forma, como ainda não é uma UC, não pode entrar na modelagem como restrição. Como o critério de avaliação não foi efetuado sobre toda a área de estudo, não pode entrar como fator. No entanto, o estudo é rico em informações e plenamente justifica que esta área seja considerada de forma desagregada pelos tomadores de decisão.

Para fins de apresentação, esta área recebeu pontuação 25 de fragilidade (muito alta, comparável à pontuação atribuída para as áreas de Extremamente Alta Prioridade para a Conservação da Biodiversidade). As áreas externas ao polígono receberam pontuação de 255 (baixa fragilidade para esta variável). A Figura A1 apresenta o mapa de fragilidades da variável Refúgio da Vida Silvestre do rio Pelotas.

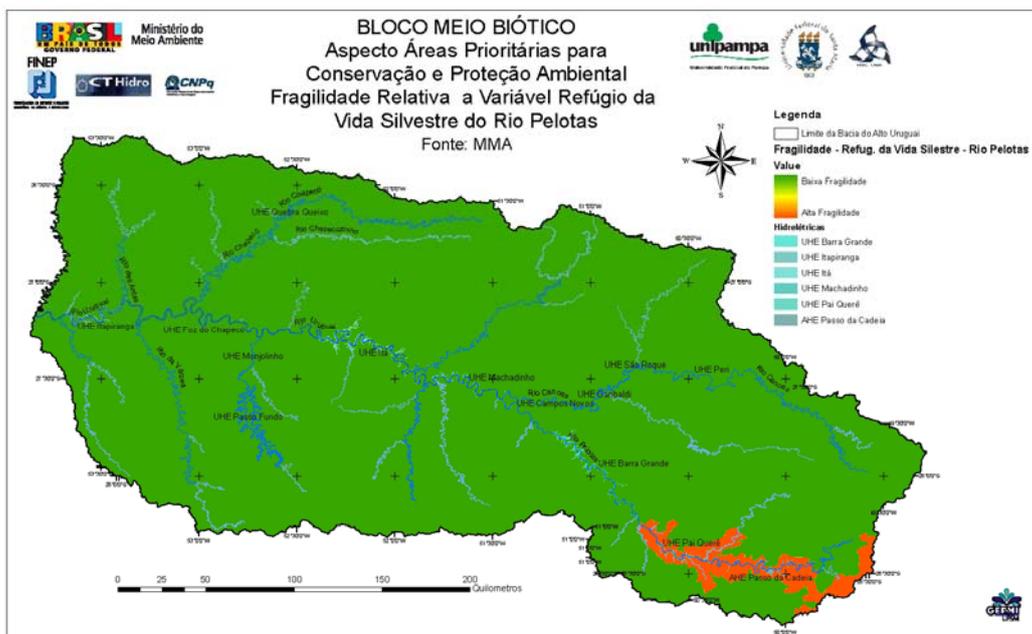


Figura A 1 Mapa de fragilidades referente à área proposta para criação do Refúgio da Vida Silvestre do rio Pelotas

ANEXO 4 - Extrato do Relatório FEPAM/UFSM (2005)

EXTRATO DO RELATÓRIO FEPAM/UFSM (2005), RELATIVO A ANÁLISE DE FAVORABILIDADES AMBIENTAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE HIDRELÉTRICAS DA BACIA DOS RIOS APUAÊ-INHANDAVA (U-10)

MÉTODOS

ANÁLISE INTEGRADA (MULTI-CRITÉRIO)

A integração das informações contidas nos mapas síntese que representam os diferentes critérios (mapas síntese do ambiente físico, da vegetação, da fauna terrestre, da fauna aquática e do meio antrópico), associadas às informações referentes aos mapas que representam áreas de restrições absolutas, foi efetuada no IDRISI32 através do módulo de análise multi-critério (MCE: Multi-Criteria Evaluation).

Na codificação referente a este módulo, todos os mapas que representam variáveis contínuas (geo-campos) são chamados de fatores e todos os mapas que representam variáveis booleanas, isto é, que somente assumem valores zero e um, são chamados de restrições.

Para padronização das variáveis indicadoras representadas nos diferentes mapas utilizou-se o módulo Fuzzy do software de informações geográficas IDRISI32. Este módulo contém algoritmos para transformação das variáveis para uma nota padronizada. No caso utilizou-se a escala em bytes (0-255). No ANEXO 12.1 apresentam-se as transformações que podem ser utilizadas.

Os mapas restrições funcionam como máscaras que excluem da análise todas as áreas nas quais, por algum motivo, não é possível a instalação de empreendimentos hidro-energéticos. Neste trabalho foram consideradas como áreas de exclusão as definidas em lei, como as Unidades de Conservação e Terras indígenas. Nas áreas restantes, onde existe a possibilidade de instalação destes empreendimentos, os mapas fatores hierarquizam as áreas, de acordo com a média ponderada.

Nesta fase do processo existe a possibilidade de conflitos de visões de mundo ou de interesses diferenciados. Neste momento, os inúmeros métodos de atribuição de pesos disponíveis podem auxiliar os coordenadores de projetos a resolver conflitos. O Manual de Inventário da Eletrobrás (ELETROBRÁS, 1997) sugere a aplicação do Método de Análise Hierárquica proposto por SAATY (1977) apud EASTMAN (1999), que envolve a construção de uma matriz de comparações pareadas entre todos os critérios a serem ponderados. A ponderação resultante da obtenção do autovetor de maior valor, uma vez normalizado, estabelece uma composição de pesos ótima. Quando o consenso não é possível para atribuição de comparações entre dois critérios, é sugerida a utilização dos valores médios de vários avaliadores. Este algoritmo está implementado no software livre SPRING, fornecido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (<http://www.dpi.inpe.br/spring/>), bem como no módulo WEIGHT do IDRISI32. Observa-se, entretanto, que os formulismos não dispensam o necessário consenso interdisciplinar. Este pode ser alcançado somente através do debate efetivo entre os diversos membros da equipe técnica e de um processo iterativo. A utilização de esquemas de objetivação baseados nestes formulismos, se não inserida dentro de um

esquema iterativo que garanta a construção do consenso interdisciplinar, pode resultar em modelos que não representam adequadamente a realidade, colocando em risco de fracasso todo o processo decisório. Isto pode ocorrer porque a solução pode preservar a otimização quantitativa, mas não a qualitativa de cada critério.

Neste estudo, o método empregado foi baseado na elaboração iterativa de modelos e construção do consenso interdisciplinar. O procedimento parte da elaboração de modelos tomando-se como ponto de partida o modelo elaborado com o vetor de pesos iguais para os fatores. Além disso, também foram elaborados modelos em que alternadamente foram atribuídos pesos maiores para os critérios bióticos, antrópicos e físicos. O produto destes modelos foi submetido à equipe técnica, para a avaliação da consistência dos mesmos, considerando a experiência da equipe, os dados de campo e as informações disponíveis. Também foram avaliadas as modificações dos resultados de acordo com a sensibilidade do modelo aos diferentes critérios. Com base nesta análise, foram propostas novas composições de pesos, os quais geraram novos modelos, em um processo iterativo que somente se encerrou com a obtenção de um vetor de pesos que fosse produto do consenso da equipe.

Neste estudo, optou-se por aumentar o número de mapas síntese de blocos temáticos em relação ao proposto por FEPAM (2004). O mapa síntese do meio físico foi dividido em meio físico terrestre e meio físico qualidade da água, englobando as variáveis indicadoras de poluição difusa. Esta divisão permitiu que a análise pudesse ser feita separadamente para os meios terrestre (principalmente relacionado ao impacto do reservatório por inundação) e meio aquático (relacionado ao ambiente de fluxo, com dinâmica de rede). As variáveis relacionadas ao mapa síntese do meio físico qualidade da água foram incluídas nas duas análises.

Outra modificação, buscando adequar ao fluxograma de decisão apresentado por FEPAM (2004), foi retirar da análise multi-critério a análise dos trechos livres de rio. Esta variável, dado o seu grande poder de indicação da fragmentação do sistema fluvial, estava muito diluída na proposta aplicada na Bacia 75. Deste modo, a atualização da abordagem proposta envolve tratar os meios terrestre e aquático separadamente, assim como a análise dos trechos livres de rios.

A Tabela A1 apresenta os pesos efetuados para os diferentes modelos de favorabilidades obtidos para os meios aquático e terrestre.

Deste modo, os índices dos meios terrestre e aquático são avaliados para o cenário atual da bacia. A análise de trechos livres de rios é efetuada para cada empreendimento, considerando-se a posição relativa e o valor do trecho antes e depois da instalação do empreendimento.

Neste trabalho, cada represa existente constitui um ponto zero de contagem dos trechos livres de rios, tomados a partir do limite à montante do reservatório.

Tabela A 1 Construção dos modelos de favorabilidades

modelo	Síntese meio aquático	Meio físico qualidade da água	Meio antrópico	Meio físico terrestre	Meio biótico terrestre
0 meio aquático	0,5	0,5	-	-	-
1 meio aquático	0,75	0,25	-	-	-
2 meio aquático	0,25	0,75	-	-	-
0 meio terrestre	-	0,25	0,25	0,25	0,25
1 meio terrestre	-	0,3	0,15	0,25	0,3
2 meio terrestre	-	0,4	0,15	0,25	0,2
3 meio terrestre	-	0,4	0,2	0,25	0,15
4 meio terrestre	-	0,3	0,1	0,3	0,3

Estes modelos compõem o sistema de informações destinado a subsidiar o processo de licenciamento, cabendo à FEPAM a avaliação de qual é mais pertinente. Neste relatório, a equipe técnica recomenda o seu ponto de vista, o qual não necessariamente corresponderá ao julgamento da equipe técnica da FEPAM.

Definido pela FEPAM o modelo a ser utilizado, as opções de barramentos foram então avaliadas de acordo com este modelo, tomando-se para isto a hierarquização das fragilidades ou favorabilidades obtidas a partir da extração da fragilidade ou favorabilidade média para as áreas de influência direta dos empreendimentos ou para as áreas inundadas. Este procedimento foi efetuado através do módulo EXTRACT do IDRISI32.

Os empreendimentos que estiverem projetados em áreas excluídas (valor zero no mapa do modelo escolhido) não devem ser licenciados, por princípio. Os empreendimentos que estiverem projetados em áreas que apresentam valores não nulos deverão ser avaliados de acordo com a hierarquia produzida e com a configuração de empreendimentos que resulte em menor somatório de fragilidades ou máxima favorabilidade, considerando-se o seu efeito na fragmentação da bacia hidrográfica.

Geração de mapas-síntese por bloco temático

Os dados extraídos das diversas bases georreferenciadas foram sintetizados para expressar as favorabilidades para implantação de empreendimentos hidrelétricos, de maneira que o conjunto de variáveis fosse reduzido, facilitando a visão do conjunto das variáveis indicadoras. Este processo envolveu, por exemplo, a síntese dos mapas de habitats de todas as espécies de interesse especial de peixes, que foram mapeadas em um único mapa.

Além desta síntese processada dentro de cada disciplina, que resultou em 27 mapas, dos quais 24 representam geo-campos reclassificados para escala de bytes e 3 representam mapas de restrições, foi efetuada uma nova síntese por blocos temáticos, efetuada através de uma combinação linear ponderada no módulo MCE do IDRISI32. A Tabela A2 apresenta a relação entre os blocos temáticos e os mapas que os originaram com as devidas ponderações dentro de cada bloco (os pesos dentro de cada bloco devem somar 1,0). Nesta tabela, apresentam-se os modelos onde todas as variáveis foram analisadas em conjunto, não considerando a separação de meios terrestre e aquático.

Tabela A 2 Blocos Temáticos

tipo de mapas	bloco	sub-bloco	modelo 0	modelo 1	modelo 2	modelo 3	modelo 4	mapas	pesos para mapa síntese do bloco	
fatores	meio antrópico		0.2	0.05	0.05	0.1	0.1	marcos de fronteira	0.03	
								rodovias	0.07	
								áreas urbanas	0.1	
								rotas de tropeiros	0.4	
								índice fundiário	0.4	
	meio físico	terrestre		0.2	0.15	0.15	0.15	0.2	declividades	0.3
									geomorfologia	0.2
									geologia	0.15
									solos	0.35
		qualidade da água		0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	dbó esgotos	0.2
									dbó indústria	0.1
									dbó rebanhos	0.3
									área agrícola	0.3
									áreas mineração	0.05
									carga metal	0.05
	meio aquático		0.2	0.4	0.3	0.3	0.3	fauna íctica	0.25	
								densidade de confluências	0.25	
								ângulo de confluências	0.25	
								distância entre tributários	0.15	
								endemismo	0.1	
								vegetação	0.3	
	meio biótico terrestre		0.2	0.2	0.2	0.15	0.2	áreas de alto valor para a biodiversidade	0.1	
								fauna terrestre	0.4	
RBMA								0.2		
restrições								áreas indígenas	-	
								Unidades de Conservação	-	
								Zona Núcleo da RBMA	-	

A Tabela A3 apresenta os modelos analisados separadamente para o meio terrestre.

Tabela A 3 Blocos Temáticos - Meio Terrestre

tipo de mapas	bloco	sub-bloco	modelo 0	modelo 1	modelo 2	modelo 3	modelo 4	mapas	pesos para mapa síntese do bloco	
fatores	meio antrópico		0.25	0.15	0.15	0.2	0.1	marcos de fronteira	0.03	
								rodovias	0.07	
								áreas urbanas	0.1	
								rotas de tropeiros	0.4	
								índice fundiário	0.4	
	meio físico	terrestre		0.25	0.25	0.25	0.25	0.3	declividades	0.3
									geomorfologia	0.2
									geologia	0.15
									solos	0.35
		qualidade da água		0.25	0.3	0.4	0.4	0.3	dbo esgotos	0.2
									dbo indústria	0.1
									dbo rebanhos	0.3
									área agrícola	0.3
									áreas mineração	0.05
									carga metal	0.05
	meio biótico terrestre		0.25	0.3	0.2	0.15	0.3	vegetação	0.3	
								áreas de alto valor para a biodiversidade	0.1	
								fauna terrestre	0.4	
								RBMA	0.2	
	restrições								áreas indígenas	-
							Unidades de Conservação	-		
							Zona Núcleo da RBMA	-		

Finalmente, a Tabela A4 apresenta os modelos rodados separadamente para o meio aquático.

Tabela A 4 Blocos Temáticos - Meio Aquático

tipo de mapas	bloco	sub-bloco	modelo 0	modelo 1	modelo 2	mapas	pesos para mapa síntese do bloco	
fatores	meio físico	qualidade da água	0.5	0.25	0.75	dbo esgotos	0.2	
						dbo industria	0.1	
						dbo rebanhos	0.3	
						área agrícola	0.3	
						áreas mineração	0.05	
						carga metal	0.05	
	meio aquático			0.5	0.75	0.25	fauna íctica	0.25
							densidade de confluências	0.25
							ângulo de confluências	0.25
							distância entre tributários	0.15
							endemismo	0.1
restrições						áreas indígenas	-	
						Unidades de Conservação	-	
						Zona Núcleo da RBMA	-	

Com base nos modelos conceituais atuais de rios, foram elencadas variáveis indicadoras de estado compatíveis com a escala de mapeamento, para as quais existam dados disponíveis. As variáveis indicadoras selecionadas foram submetidas a uma análise multi-critério hierarquizada, agregando variáveis por macro-compartimento do modelo conceitual, até a geração de números-índices de fragilidades ambientais permitindo a hierarquização dos trechos de rios em termos de fragilidades ambientais para implantação de hidrelétricas, para subsidiar a análise de diferentes cenários de implantação de empreendimentos na bacia hidrográfica, assessorando o processo de tomada de decisões por parte dos órgãos licenciadores.

ANEXO 5 - Análise desagregada de endemismo de fauna e flora do Alto Uruguai.

Espécies endêmicas são aquelas que possuem suas populações restritas a uma distribuição geográfica relativamente pequena. São espécies muito suscetíveis de serem extintas quando seus habitats são degradados em função da mudança do uso da terra. Dada a pequena distribuição, são extremamente sensíveis para as alterações que limitam ou extinguem localmente seus habitats. Este é o caso da substituição completa de ecossistemas provocada pela formação de reservatórios de hidrelétricas.

No Alto Uruguai foram localizadas 6 espécies da fauna ameaçada de extinção que são endêmicas desta área. E para as quais foram localizadas informações que permitiram a modelagem de seu hábitat potencial na escala do estudo. A Figura A2 apresenta o mapa com a distribuição dos habitats potenciais destas espécies. Observa-se que as áreas mais ricas em endemismos situam-se na parte oeste da bacia, concentrando-se nos fragmentos de grande porte do Parque Estadual do Turvo e das Terras Indígenas Guarita e Nonoai, e de uma grande quantidade de pequenos fragmentos dispersos em encostas e matas ciliares da região. Na parte leste e centro, associada às áreas de estepes, encontra-se o hábitat de uma única espécie endêmica, mas que ainda possui uma ampla área de ocorrência potencial na área de estudo.

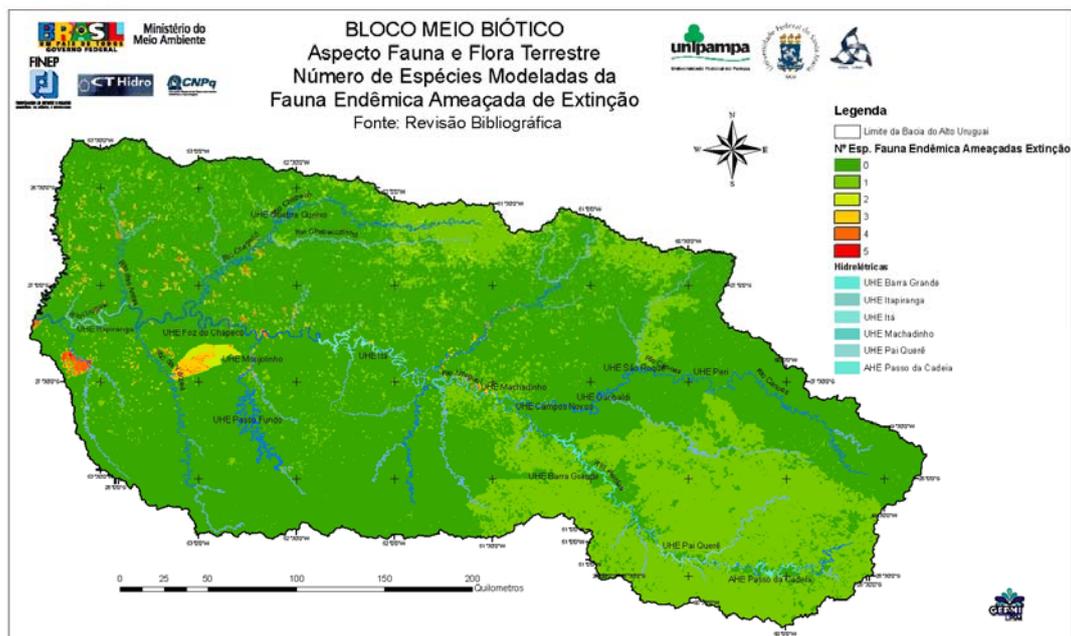


Figura A 2 Número de espécies modeladas da fauna ameaçada de extinção endêmicas do Alto Uruguai.

Quanto à flora endêmica, foram localizadas, para a região do Alto Uruguai, 59 espécies endêmicas associadas aos Campos de Cima da Serra (estepes), 32 espécies associadas à floresta estacional decidual e 4 espécies associadas à floresta ombrófila densa. O hábitat potencial foi construído com base nos remanescentes mapeados pelo

PROBIO. A Figura A3 apresenta o mapa com a distribuição do número de espécies endêmicas modeladas neste estudo. Observa-se que a região mais rica em endemismos é a região da estepe, que situa-se principalmente na parte leste da bacia. O caráter relictual deste tipo de vegetação que se encontra em tensão com o clima de tipo florestal, favorece a presença das espécies endêmicas. A grande presença de espécies endêmicas nos fragmentos florestais associados ao Parque Estadual do Turvo e as Terras Indígenas Nonoi e Guarita e nas encostas e matas ciliares remanescentes configuram alta sensibilidade nesta parte oeste da bacia. Embora com número reduzido no Alto Uruguai, as espécies endêmicas da floresta ombrófila densa ocorrem no Parque Nacional de São Joaquim e nas áreas da encosta dos Aparados da Serra.

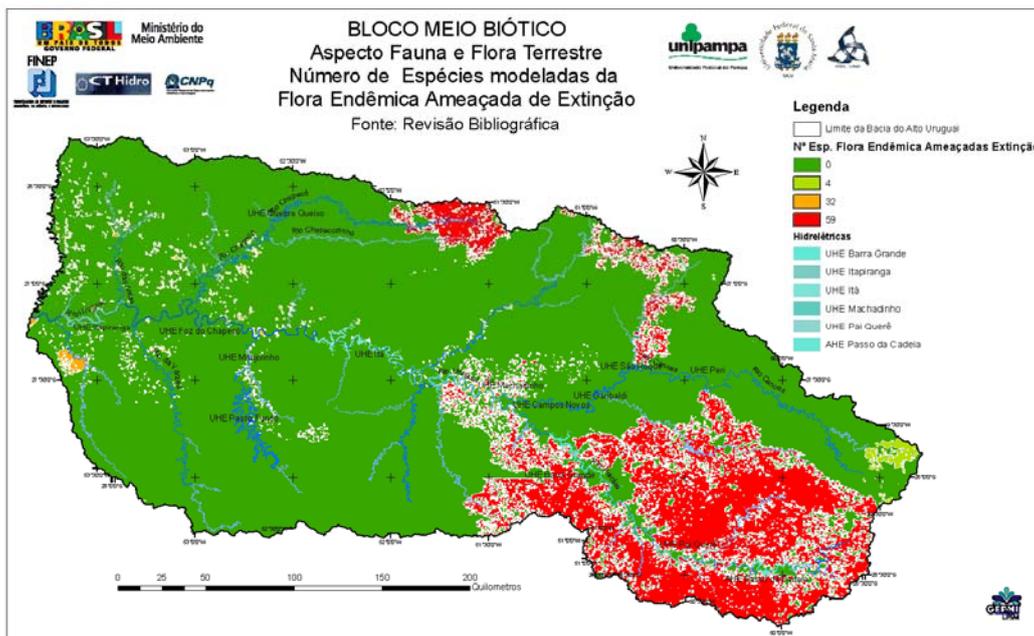


Figura A 3 Número de espécies modeladas da flora ameaçada de extinção endêmicas do Alto Uruguai.

ANEXO 6 - Análise desagregada das populações indígenas e quilombolas.

O aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas foi construído tomando por base os mapas de distribuição das Terras Indígenas, apresentado na Figura A4, no mapa de populações indígenas por município, apresentado na Figura A5. e no mapa de comunidades remanescentes de quilombos por município, apresentado na Figura A6.

Observa-se que a maior densidade de Terras Indígenas (TIs) está presente na parte oeste da bacia, onde se destacam as TIs Nonoai, Guarita, pela área. Grande parte da população indígena está concentrada nos municípios que possuem TIs, mas alguns não as possuem, embora estejam localizados próximo das mesmas. Nestes municípios é possível a ocorrência de acampamentos indígenas. As comunidades remanescentes de quilombos possuem uma distribuição similar as TIs, com exceção de um município situado na parte central da área de estudo no município de Campos Novos.

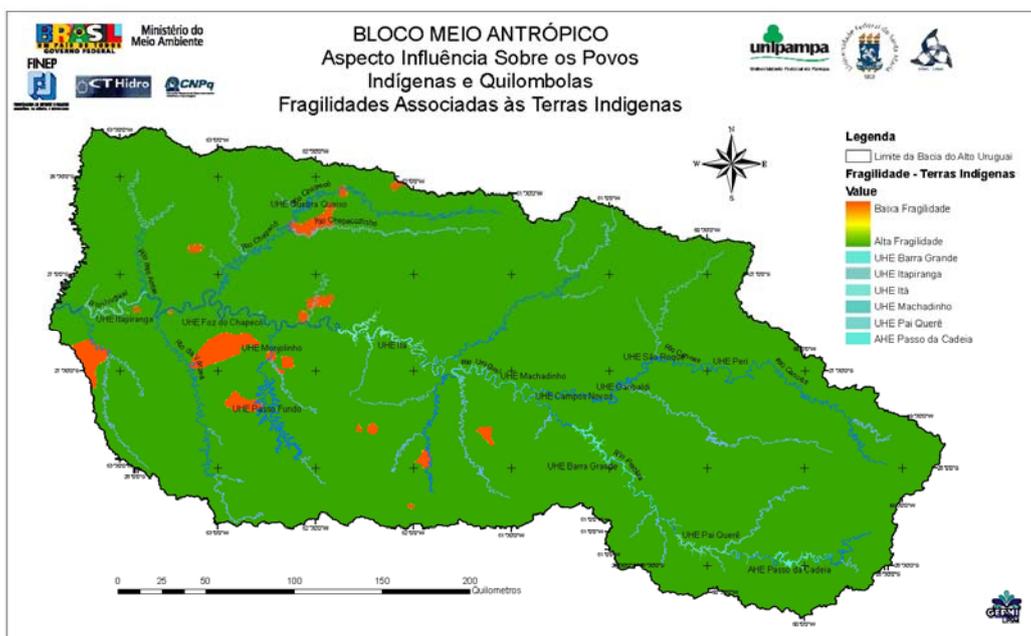


Figura A 4 Terras Indígenas.

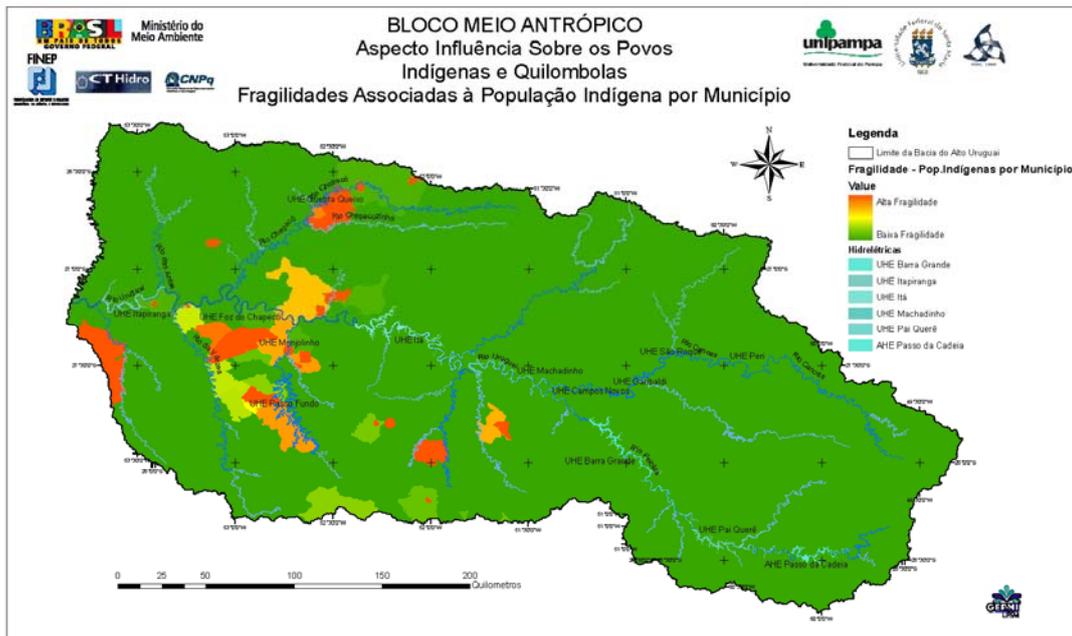


Figura A 5 Fragilidades associadas à população indígena por município.

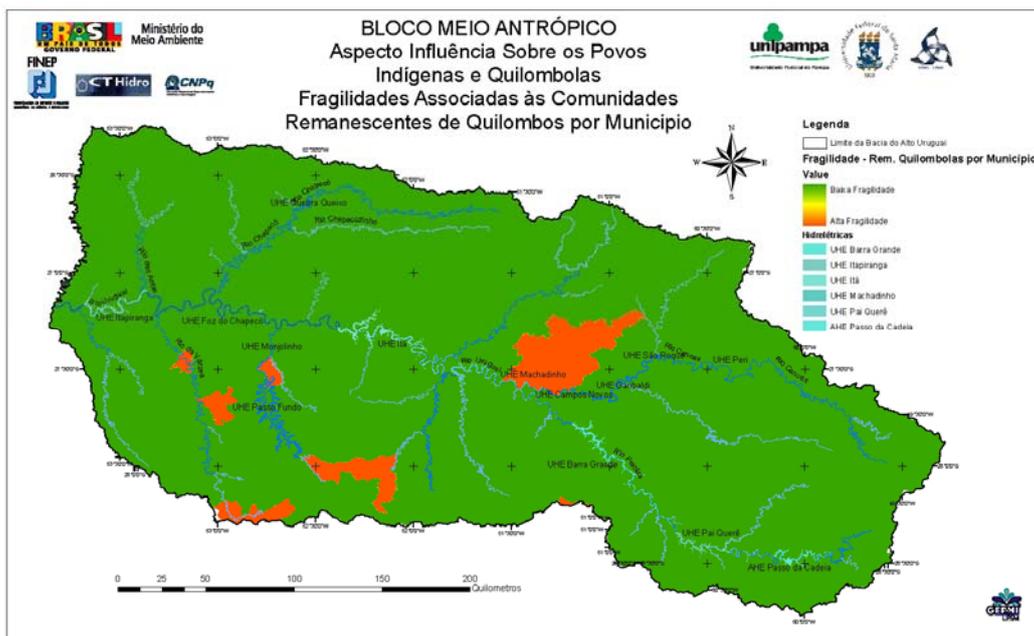


Figura A 6 Fragilidades associadas às comunidades remanescentes de quilombos por município.