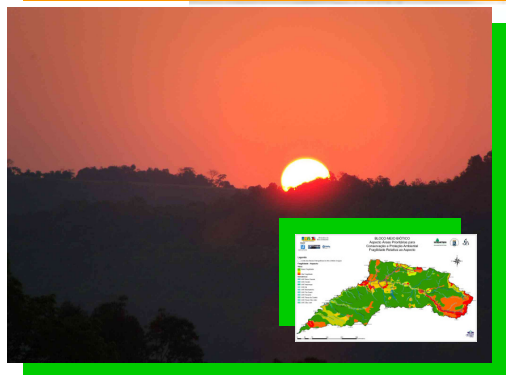


DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO E TECNOLÓGICO PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA APLICADA AO PROCESSO DE ANÁLISE DE VIABILIDADE DE HIDRELÉTRICAS

- FRAG-RIO -



ETAPA 2

RELATÓRIO: ETAPA 2
CONVÊNIO FINEP / UFSM / UNIPAMPA
PROCESSO Nº 520204/2008-5
UFSM/UNIPAMPA – REF. 037408

JUNHO DE 2011

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 2 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 conveniente), tendo como instituições executoras a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e a Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), e como instituição apoiadora, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – 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 e Médio rio Uruguai.

EQUIPE TÉCNICA ETAPA I

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
Bosista	Moema Oliveira Bock	Química	UFSM
Colaborador	Camila Ferreira Tamiosso	Engenheira Ambiental	UFSM

Colaborador	Elisandra Maziero	Engenheira Civil	UFSM
Colaborador	Fabio Silveira Vilella	Biólogo	SIMBIOTA
Colaborador	Leonidas Luiz Volcato Descovi Filho	Geógrafo	UFSM
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	Franclin 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 Guedes de Godói	Acad. Gestão Ambiental	UNIPAMPA
Colaborador	Adriano Taschetto Antolini	Acad. de Eng. Florestal	UFSM
Colaborador	Calinca 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

EQUIPE TÉCNICA – ETAPA 2

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	Andréa Valli Nummer	Geóloga	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	Mario Luiz Trevisan	Engenheiro Eletricista	UFSM
Professor	Talles Augusto Araujo	Engenheiro Civil	UFSM
Colaborador	Carlos Alberto Oliveira Irion	Engenheiro Civil	UNIPAMPA
Colaborador	Damáris Gonçalves Padilha	Engenheira Florestal	UFSM
Bolsista	Dionisio Saccol Sangoi	Geógrafo	UFSM
Bolsista	Rafael Costa Angrizani	Biólogo	UNIPAMPA
Bolsista	Sonia Conceição Assis de Oliveira	Bióloga	UNIPAMPA
Colaborador	Elisandra Maziero	Engenheira Civil	UFSM
Colaborador	Fabio Silveira Vilella	Biólogo	SIMBIOTA
Bolsista	Mariana Faria-Corrêa	Bióloga	UNIPAMPA
Bolsista	Diego Alves Dellazzana	Acad. Ciências Biológicas	UNIPAMPA
Bolsista	Fabiana Perotto da Silva	Téc. em Geomática	UFSM
Bolsista	Franclin Ferreira Wenceslau	Acad. Gestão Ambiental	UNIPAMPA
Colaborador	Maicon Nattigal Silveira	Acad. de Física	UFSM
Bolsista	Pedro Brites Pascotini	Acad de Agronomia	UFSM

Colaborador	Adriano Taschetto Antolini	Acad. de Eng. Florestal	UFSM
Colaborador	Luiz Fernando Silva de Godói	Gestor Ambiental	UNIPAMPA
Colaborador	Vinicius Dulac	Mestrando PPGE	UFSM
Colaborador	Christian Santana Cunha	Acad. Gestão Ambiental	UNIPAMPA
Colaborador	Dalton Moreira Nunes Filho	Acad. Gestão Ambiental	UNIPAMPA
Colaborador	Jander Deitos Rosa	Acad. Biologia	UNISC
Colaborador	Juliana Pereira Pfeiff	Acad. Gestão Ambiental	UNIPAMPA
Colaborador	Cibele Ambrozzi Correa	Acad. Gestão Ambiental	UNIPAMPA
Colaborador	Rafael Kretschmer	Acad. Gestão Ambiental	UNIPAMPA
Colaborador	Aline Soares Nunes	Acad. Gestão Ambiental	UNIPAMPA

GRUPO DE TRABALHO – criado pela Portaria MMA 42, de 27/01/2009**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
Silvia Regina A. Guedes
Thiago Augusto Zeidan Vilela 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 Arrepi 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	I
EQUIPE TÉCNICA ETAPA I	II
EQUIPE TÉCNICA – ETAPA 2.....	IV
GRUPO DE TRABALHO – criado pela Portaria MMA 42, de 27/01/2009	VI
SUMÁRIO.....	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABELAS	XVII
1 ANTECEDENTES	1
2 PROJETO FRAG-RIO	3
2.1 Objeto	3
2.2 Objetivo	4
2.3 Histórico do desenvolvimento do projeto.....	4
2.4 Histórico do Desenvolvimento do Modelo Conceitual	5
2.5 Caracterização da Área de Estudo na Etapa II	7
2.5.1 Localização	7
2.5.2 Caracterização Física.....	13
2.5.3 O Meio Biótico	32
2.5.4 Evolução Sociocultural.....	56
2.5.4.1 População, Municípios e Atividades Econômicas.....	57
2.5.4.2 Usos da Água.....	59
3 MODELO CONCEITUAL.....	68
3.1 Análise da Conectividade da Rede de Drenagem.....	68
3.2 Características e Limitações	70
3.3 Critério de Seleção de Variáveis	72
3.4 Modelagem	74
3.4.1 Mapa de Fatores	75
3.4.2 Mapa de Restrições.....	75
3.4.3 Mapa Síntese	75
3.4.4 Níveis de Decisão - Bloco X Aspecto X Variável.....	76
3.5 Abordagem Metodológica do FRAG-RIO	77
3.6 Resultados Esperados	78
3.7 Principais Conceitos	78
4 DESENVOLVIMENTO DAS ETAPAS 1 e 2.....	83
4.1 Procedimentos	83
4.1.1 Metodologia da Etapa 1	84
4.1.2 Metodologia da Etapa 2.....	86
4.2 Reuniões e Expedições	86
4.2.1 Expedições a Campo da Primeira Etapa.....	86
4.2.2 Expedições a Campo da Segunda Etapa.....	87
4.2.3 Reuniões Técnicas e Públicas – Primeira Etapa.....	87
4.3 Cenários utilizados na Etapa I	88
4.4 Cenários utilizados na Etapa II.....	90
5 ANÁLISE DESAGREGADA DOS BLOCOS TEMÁTICOS	91
5.1 Bloco Meio Físico	91

5.1.1	Aspecto Geologia e Geomorfologia	91
5.1.2	Aspecto Estabilidade de Encostas	129
5.1.3	Aspecto Fragilidade à Erosão	141
5.1.4	Aspecto Áreas de Mineração	153
5.1.5	Aspecto Contaminação das Águas	157
5.1.6	Resultados do Bloco Meio Físico	172
5.2	Bloco Meio Antrópico	177
5.2.1	Aspecto População Rural Deslocada	177
5.2.2	Aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas	185
5.2.3	Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais Artesanais	190
5.2.4	Aspecto Patrimônio Cultural	201
5.2.5	Aspecto Áreas Urbanas ou Urbanizadas	210
5.2.6	Aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial	212
5.2.7	Resultados do Bloco Meio Antrópico	220
5.3	Bloco Meio Biótico	224
5.3.1	Aspecto Fauna e Flora Terrestres	225
5.3.2	Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e Proteção Ambiental... ..	236
5.3.3	Aspecto Meio Biótico Aquático	244
5.3.4	Aspecto (Restrição): Unidades de Conservação de Proteção Integral / Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.....	252
5.3.5	Resultados do Bloco Meio Biótico	254
6	ANÁLISE INTEGRADA.....	258
6.1.1	Cenários da Etapa 1	259
6.1.2	Cenários da Etapa 2	261
6.2	<i>Modelos de Simulação</i>	263
6.3	Avaliação Desagregada de Fragmentação	265
7.	CONCLUSÃO.....	270
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	272
	ANEXO 1 - Lista das espécies da fauna terrestre para as quais foi possível construir mapas de hábitat potencial.....	283
	ANEXO 2 - Lista das espécies da flora terrestre para as quais foi possível construir mapas de hábitat potencial – Savana.	286
	ANEXO 3 - Proposta de Criação do Refúgio da Vida Silvestre do rio Pelotas	293
	ANEXO 4 – Lista de espécies da ictiofauna para as quais foi possível montar mapas de distribuição comprovada e potencial para a área cde estudo do Projeto FRAG-RIO ..	295
	ANEXO 5 – Hierarquização das UHEs ainda não implementadas com base nos Índices Ambientais Relativos das Barragens (IARBs) por Blocos Temáticos	297
	IARB do Bloco Físico	299
	IARB do Bloco Biótico Cenário 1	300
	IARB do Bloco Biótico Cenário 2.....	301
	IARB do Bloco Antrópico Cenário 1	302
	IARB do Bloco Antrópico Cenário 2	303
	ANEXO 6 – Ofícios referentes às diretrizes de licenciamento praticadas pela FEPAM e do reconhecimento da ANEEL quanto aos mesmos	305

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Região Hidrográfica do Uruguai. Fonte: EPE (2007)	8
Figura 2-2 Perfil do rio Uruguai em território brasileiro.....	9
Figura 2-3 Localização da bacia do rio Uruguai e suas sub-bacias.....	10
Figura 2-4 Subdivisões da sub-bacia do Alto e Médio Uruguai. Fonte: Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH resolução nº32 de 15 de novembro de 2003)..	11
Figura 2-5 Precipitações máximas ocorridas na bacia. Valores de precipitação em mm indicados no mapa. Modificado de FGV <i>apud</i> MMA (2006).	16
Figura 2-6 Unidades geológicas das Bacias do Alto e Médio Uruguai em escala original ao milionésimo. Modificado do mapeamento da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM, 2003).	29
Figura 2-7 Perfil geológico esquemático das rochas vulcânicas e depósitos superficiais nas Bacias do Alto e Médio Uruguai. Modificado de Nummer (2003).	31
Figura 2-8 Número de espécies da fauna ameaçadas por categoria de ameaça registradas para a região do Alto e Médio Uruguai através de levantamento de dados secundários.	44
Figura 2-9– Uma das Alternativas de melhor divisão de quedas do Rio Uruguai no trecho compartilhado entre Brasil e Argentina do Inventário da Década de 70. (Fonte: Adaptado de ELETROBRAS/AyE (HIDROSERVECE-HIDRENED) (1974) <i>apud</i> ELETROBRAS/EBISA 2010).	63
Figura 2-10– Melhor divisão de quedas do Rio Uruguai no trecho compartilhado entre Brasil e Argentina. (Fonte: Inventário da Década de 70 (Eletrobras/Ebisa 2010)	64
Figura 2-11 Melhor divisão de quedas do Rio Uruguai resultado do Segundo Inventário do Rio Uruguai no trecho compartilhado entre Brasil e Argentina. (Fonte: Inventário de 2010 (Eletrobras/Ebisa 2010).	65
Figura 2-12 Alternativa C do inventário divisão de quedas do Rio Uruguai no trecho compartilhado entre Brasil e Argentina com os aproveitamentos de Porto Mauá (130,0m) e Garabi (89,0m). (Fonte: Inventário de 2010, Eletrobras/Ebisa 2010).	66
Figura 2-13 Alternativas de melhor divisão de quedas do Alto e Médio Rio Uruguai, com a inclusão dos resultados do Inventário 2010. (Fonte: Adaptado de Imaizumi e Sardinha/ELETROSUL (1983) e ELETROBRAS-EBISA 2010.)	67
Figura 4-1 Fluxograma da Etapa 1	83
Figura 5-1 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Geologia e Geomorfologia.....	92
Figura 5-2 Sistemas Aquíferos existentes na Região Oeste Catarinense (Fonte CPRM 2002) PROESC.....	104
Figura 5-3 Fluxograma para obtenção da Fragilidade da Variável Água Subterrânea do Aspecto Geologia e Geomorfologia	105
Figura 5-4 Superfície potenciométrica indicativa de uma carga hidráulica. Fonte: Heath (1983).	107
Figura 5-5 Mapa da carga da Superfície Potenciométrica indicativa dos fluxos subterrâneos.....	109
Figura 5-6 Estimativa de penetração em (ZC) dos arenitos porosos da Formação Botucatu.....	111
Figura 5-7 Mapa de Unidades Geológicas da Bacia do Alto e Médio Uruguai. Modificado de Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (2003)	118
Figura 5-8 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Geologia	119
Figura 5-9 Mapa Geomorfológico da Bacia do Alto e Médio Uruguai. Fonte: RADAMBRASIL (1986, 2005).	120

Figura 5-10 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Geomorfologia	121
Figura 5-11 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Declividade para os Aspectos Geologia e Geomorfologia e Aspecto Fragilidade à Erosão	122
Figura 5-12 Espacialização dos Poços Cadastrados no SIAGAS/CPRM.	123
Figura 5-13 Mapa de Fragilidades Relativo ao Parâmetro Carga da Superfície Potenciométrica	124
Figura 5-14 Mapa de Fragilidades Relativo ao Parâmetro Espessura da Zona Vadosa	125
Figura 5-15 Incremento de Fragilidades Relativo aos Parâmetro Lineamentos tectônicos, Concessão de Lavra de Água Mineral e poços cadastrados.	126
Figura 5-16 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Água Subterrânea.....	127
Figura 5-17 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Geologia e Geomorfologia ..	128
Figura 5-18 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Estabilidade de Encostas.	129
Figura 5-19 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Geologia para o Aspecto Estabilidade de Encostas	137
Figura 5-20 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Declividade para a Aspecto Estabilidade de Encostas	138
Figura 5-21 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Geomorfologia para o Aspecto Estabilidade de Encostas	139
Figura 5-22 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Estabilidade de Encostas.....	140
Figura 5-23 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Fragilidade à Erosão	141
Figura 5-24 Mapa de solos do RS e de SC na região de abrangência do Projeto FRAG-RIO	150
Figura 5-25 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Solos (Classe de Resistência a Impactos Ambientais) para o Aspecto Fragilidade à Erosão.....	151
Figura 5-26 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Fragilidade à Erosão	152
Figura 5-27 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Áreas de Mineração	153
Figura 5-28 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Áreas de Mineração	156
Figura 5-29 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Contaminação das Águas	157
Figura 5-30 Fluxograma para obtenção da Fragilidade da Variável Carga Orgânica Remanescente das Populações.....	159
Figura 5-31 Fluxograma para obtenção da Fragilidade da Variável Contaminação Orgânica das Criações	162
Figura 5-32 Fluxograma para obtenção da Fragilidade da Variável Índice Agrícola ..	166
Figura 5-33 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Carga Orgânica Remanescente das Populações.....	168
Figura 5-34 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Carga Orgânica das Criações ..	169
Figura 5-35 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Índice Agrícola.....	170
Figura 5-36 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Contaminação das Águas.....	171
Figura 5-37 Fluxograma do modelo de Fragilidades do Meio Físico	172
Figura 5-38 Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco Meio Físico.....	176
Figura 5-39 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto População Rural Deslocada.....	178
Figura 5-40 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Índice de pressão Fundiária sobre os Recursos Naturais	182

Figura 5-41 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Áreas de Encostas nas Margens dos Rios	183
Figura 5-42 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto População Rural Deslocada ..	184
Figura 5-43 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas	185
Figura 5-44 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas	189
Figura 5-45 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais-Artesanais.....	191
Figura 5-46 Número de pescadores profissionais artesanais cadastrados no Ministério da Pesca e Aquicultura (2011) na bacia do Rio Uruguai em território brasileiro.	195
Figura -5-47 Mapa de Fragilidades Relativo a Variável Número de Pescadores Acumulados nos Trechos Contínuos de Rios por Município	196
Figura 5-48 Cenário Atual. Redes de trechos de rios contínuos identificadas para a bacia do rio Uruguai, considerando os trechos de rios não fragmentados explorados por número significativo de pescadores.....	197
Figura 5-49 Cenário Alternativo (com UHEs Garabi e Panambi). Redes de trechos de rios contínuos identificadas para a bacia do rio Uruguai, considerando os trechos de rios não fragmentados explorados por número significativo de pescadores.	198
Figura 5-50 Mapa de Fragilidades do Cenário Atual para o Aspecto Influência sobre Populações de Pescadores Profissionais-Artesanais.....	199
Figura 5-51 Mapas de Fragilidades do Cenário Alternativo para o Aspecto Influência sobre Populações de Pescadores Profissionais-Artesanais.....	200
Figura 5-52 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Patrimônio Cultural	203
Figura 5-53 Ocorrência de registros de sítios arqueológicos em função da distância dos rios	205
Figura 5-54 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Rota dos Tropeiros	207
Figura 5-55 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Sítios Arqueológicos	208
Figura 5-56 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Patrimônio Cultural	209
Figura 5-57 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Áreas Urbanas ou Urbanizadas	211
Figura 5-58 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial.....	215
Figura 5-59 Detalhe do Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial com sobreposição da área de inundação da UHE Itapiranga ..	216
Figura 5-60 Detalhe do Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial com sobreposição da área de inundação da UHE Pai Querê e do AHE Passo da Cadeia	217
Figura 5-61 Detalhe do Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial com sobreposição da área de inundação da UHE Garabi.....	218
Figura 5-62 Detalhe do Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial com sobreposição da área de inundação da UHE Panambi. ...	219
Figura 5-63 Mapa de fragilidades realtivo ao Bloco Antrópico, Cenário Alternativo (com as UHEs Garabi e Panambi).....	223
Figura 5-64 Fluxograma para obtenção das Fragilidades do Aspecto Fauna e Flora Terrestre.....	226
Figura 5-65 Relação entre a área e a declividade.	229

Figura 5-66 Caracterização do arco de remanescentes entre as áreas litorâneas e internas do Bioma Mata Atlântica na região do Alto Uruguai.....	230
Figura 5-67 Mapa da área de ocorrência da onça-pintada e classificação dos corredores nas Américas.....	231
Figura 5-68 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Ocorrência Potencial das Espécies de Fauna Terrestre	232
Figura 5-69 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Ocorrência Potencial das Espécies de Flora Terrestre	233
Figura 5-70 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Remanescentes de Formações Vegetais Naturais Ponderada Inversamente pela Declividade	234
Figura 5-71 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Fauna e Flora Terrestres	235
Figura 5-72 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e de Proteção Ambiental	236
Figura 5-73 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade.....	240
Figura 5-74 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Reserva da Biosfera da Mata Atlântica	241
Figura 5-75 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Zonas de Amortecimento de UCs de Proteção Integral e UCs de Uso Sustentável	242
Figura 5-76 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e Proteção Ambiental.....	243
Figura 5-77 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Meio Biótico Aquático	244
Figura 5-78 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Ocorrência Potencial de Espécies de Peixes Migradores e Sensíveis a Fragmentação do Rio.	251
Figura 5-79 Mapa de Restrições do Meio Biótico, não incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da mata Atlântica.....	253
Figura 5-80 Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco Meio Biótico.....	257
Figura 6-1 Mapa de fragilidades da análise integrada. Cenário Atual. Nas elipses, trechos já protegidos pela FEPAM.....	264
Figura 6-2 Mapa de fragilidades da análise integrada. Cenário Alternativo (com as UHEs Garabi e Panambi).	264

LISTA DE FOTOS

Foto 5-1 Dolinas em rochas vulcânicas na bacia do Alto Uruguai	95
Foto 5-2 Vista geral 1 da calha do rio Pelotas no trecho em que esta previsto o AHE Passo da Cadeia – rio com leito rochoso, vale profundo e com margens íngremes rochosas e com pouca cobertura de solos.....	97
Foto 5-3 Vista geral 2 da calha do rio Pelotas no trecho em que está previsto o AHE Passo da Cadeia – rio com leito rochoso, vale profundo e com margens íngremes rochosas e com pouca cobertura de solos.....	98
Foto 5-4 Vista geral do Parque Estadual do Turvo. Ao fundo queda d’água associada a falha geológica, leito rochoso do rio.	99
Foto 5-5 Vista geral da calha do rio Pelotas na área em que está prevista a UHE Pai Querê – rio com leito rochoso, vale profundo e com margens íngremes rochosas e com pouca cobertura de solos.....	99
Foto 5-6 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	100
Foto 5-7 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	100
Foto 5-8 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 ocorrência de terrenos coluvionares espessos	101
Foto 5-9 Vista de um dique de diabásio na margem esquerda do Rio Pelotas no trecho em que está previsto o 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	113
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 em que está prevista a UHE Itapiranga.....	130
Foto 5-11 Vista geral da margem direita do rio Uruguai no trecho em que está prevista a UHE Itapiranga – a foto mostra terraços com cobertura coluvionar em taludes com declividade suave.....	131
Foto 5-12 Vista de um talude rochoso na margem esquerda do rio Pelotas (trecho em que está previsto o AHE Passo da Cadeia) onde se pode observar uma descontinuidade potencialmente favorável à ocorrência de um deslizamento planar	131
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.....	132
Foto 5-14 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.....	132
Foto 5-15 Vista geral de um talude de rocha decomposta na margem do reservatório da Barragem de Itá, com ocorrência de um escorregamento	133
Foto 5-16 Colúvio em encosta íngreme com sinais de rastejo e trincas indicando ruptura do material superficial, Bacia do Médio Uruguai.....	133
Foto 5-17 Latossolo Bruno	143
Foto 5-18 Latossolo Vermelho	144

Foto 5-19 Exemplo de Uso do Solo para aplicação de “Buffer” para a Rede de Drenagem.....	145
Foto 5-20 Classes de Declividade	146
Foto 5-21 Agricultura familiar em área de Cambissolo, próximo a Porto Mauá.	146
Foto 5-22 Milho cultivado em Plantio Direto	147
Foto 5-23 Cultivo de Macieiras	148
Foto 5-24 Área erodida devido ao preparo convencional do solo com agricultura familiar	149
Foto 5-25 Águas barrentas, denotando o manejo inadequado do solo.	149
Foto 5-26 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	163
Foto 5-27 Vista de outro reservatório às margens do rio Uruguai no trecho do projeto de Itapiranga.....	164
Foto 5-28 Vale do rio Pelotas. Observe-se a zonação altitudinal da vegetação.	238

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1 Compartimentação da bacia hidrográfica do Uruguai e suas respectivas áreas.	9
Tabela 2-2 População (2000), densidade relativa e população urbano-rural da bacia do rio Uruguai e suas sub-bacias. Fonte: MMA (2006)	57
Tabela 2-3 Dados do PIB (2002) da Região em Estudo. Fonte: MMA (2006)	59
Tabela 2-4 Balanço hídrico na região hidrográfica do Uruguai. Fonte: MMA (2006) ..	59
Tabela 5-1 Formações geológicas, litologia e fragilidade das rochas na bacia do Médio e Alto Uruguai. Notas baixas indicam alta fragilidade.	94
Tabela 5-2 Notas de fragilidade para a Variável Geomorfologia relativas ao Aspecto Geologia e Geomorfologia. Valores baixos indicam alta fragilidade.	98
Tabela 5-3 Classes de declividade e notas de fragilidades atribuídas. Valores baixos indicam alta fragilidade.	101
Tabela 5-4 Modelo utilizado para construir o Aspecto Geologia e Geomorfologia	116
Tabela 5-5 Notas de Fragilidade das rochas. Valores baixos indicam alta fragilidade.	134
Tabela 5-6 Valores de fragilidade da Variável Declividade para o Aspecto Estabilidade de Encostas. Valores baixos indicam alta fragilidade.	135
Tabela 5-7 Valores de fragilidade para a Variável Geomorfologia. Valores baixos indicam alta fragilidade.	135
Tabela 5-8 Distâncias adotadas e respectivos fatores de incremento de fragilidade....	142
Tabela 5-9 Classes de solos, suas classes de resistência a impactos ambientais e respectivos valores de fragilidade adotados	142
Tabela 5-10 Valores atribuídos às fases e tipos de bens minerais. Valores baixos indicam alta fragilidade.	154
Tabela 5-11 Fatores de redução (F_{red}) de cargas de DBO (CNEC, 1980).	158
Tabela 5-12 Os vinte municípios com maior população e os vinte com maior carga orgânica remanescente.....	160
Tabela 5-13 Cargas unitárias de fósforo e DBO, por cabeça.	161
Tabela 5-14 Pesos para proporção de área dos municípios	179
Tabela 5-15 Faixas de entorno da drenagem em função da ordem do rio	180
Tabela 5-16 Comprimento da rede na área de estudo e número de pescadores acumulados no trecho contínuo.	193
Tabela 5-17 Fragilidades associadas à Rota dos Tropeiros.	204
Tabela 5-18 Frequência de registros de sítios arqueológicos e fragilidades associadas à distância ao rio mais próximo.....	205
Tabela 5-19 Valores de fragilidade associados às faixas de distância das áreas urbanas ou urbanizadas.	210
Tabela 5-20 Valores de Fragilidade atribuídos à Variável Estradas e Ferrovias.....	213
Tabela 5-21 Pesos dos aspectos para composição do Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco do Meio Antrópico.	220
Tabela 5-22 Valores de Fragilidade (1: muito alta; 255: muito baixa) relativos das espécies da fauna ameaçada de extinção	225
Tabela 5-23 Valores de Fragilidade (1: muito alta; 255: muito baixa) atribuídos às espécies de interesse especial (ameaçadas e endêmicas) da flora	227

Tabela 5-24 Valores de Fragilidade (1: muito alta; 255: muito baixa) atribuídos às classes de cobertura vegetal (remanescentes, áreas de recuperação e áreas antropizadas). Classificação com base no PROBIO.	228
Tabela 5-25 Valores de Fragilidade (1: muito alta; 255: muito baixa) relativa das Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade.	237
Tabela 5-26 Valores de Fragilidade (1: muito alta; 255: muito baixa) atribuídos à Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA).	237
Tabela 5-27 Valores de Fragilidade (1: muito alta; 255: muito baixa) relativa das Zonas de Amortecimento de UC de Proteção Integral e UC de Uso Sustentável.	239
Tabela 5-28 Pesos utilizados.	239
Tabela 5-29 Matriz de avaliação da fragilidade das espécies de peixes das bacias dos rios Ijuí, Piratinim, Icamaquã e Butuí e do Alto Uruguai.	247
Tabela 5-30 Pontuação atribuída às diferentes fontes de informação que subsidiaram o mapeamento das espécies de peixes.	247
Tabela 5-31 Pontuação atribuída às zonas de endemismo do rio Uruguai.	249
Tabela 5-32 Pontuação atribuída às ordens de rio da bacia do Uruguai.	249

LISTA DE QUADROS

Quadro 2-1 Geomorfologia da Bacia do Alto e Médio Uruguai. Fonte: RADAMBRASIL (1986)	19
Quadro 2-2 Unidades Geológicas das Bacias do Alto e Médio Uruguai. Modificado de CPRM (2003)	27
Quadro 2-3 Lista de espécies ameaçadas em Santa Catarina (Fonte: www.ignis.com.br) com ocorrência potencial para a região do Alto e Médio Uruguai.....	45
Quadro 2-4 Lista de espécies ameaçadas com algum grau de endemismo ou ocorrência restrita ao Médio ou Alto Uruguai nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.	49
Quadro 4-1 Reuniões técnicas realizadas	87
Quadro 5-1 Aspectos avaliados no Meio Físico, Variáveis associadas e sua importância	91
Quadro 5-2 Unidades Geológicas das bacias do Alto e Médio Uruguai. Modificado de Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (2003).....	93
Quadro 5-3 Modelados de relevo da Bacia do Alto e Médio Uruguai. Fonte: RADAMBRASIL (1986)	96
Quadro 5-4 Estimativa de penetração da cota (m) da Formação Botucatu/SAG, constituída por arenitos.....	110
Quadro 5-5 Cadastro de poços localizados na Bacia do Alto Uruguai	115
Quadro 5-6 Aspectos avaliados no Meio Antrópico, Variáveis associadas e sua importância	177
Quadro 5-7 Cenários modelados.	192
Quadro 5-8 Aspectos avaliados no Meio Biótico, Pesos, Variáveis associadas e sua importância	224
Quadro 6-1 Aproveitamentos considerados na primeira etapa do projeto FRAG-RIO.....	259
Quadro 6-2 Composição dos cenários	261
Quadro 6-3 Composição dos cenários da Etapa 2	262

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 o Rio Grande do Sul, 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

¹ EPE Relatório Final. 2007. 437p.

² Ver Parecer Técnico nº 017/2007/GAIA/DLAA/SMCQ/MMA

estabelecidos no Termo de Referência, elaborado de acordo com as diretrizes 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 adotadas 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 relacionada 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 segunda etapa do Projeto FRAG-RIO está sendo desenvolvida para a região que contém o Alto e o Médio Uruguai, porção da bacia hidrográfica onde se localizam os setores Canoas, Inhandava e Noroeste, identificados e considerados no estudo da EPE⁴ os mais frágeis ambientalmente, diante da implementação de empreendimentos hidrelétricos, assim como 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. A área de abrangência da 2ª. Etapa do estudo não inclui as sub-bacias do Ibicuí, Negro e Quaraí, esta última integrante da região do Médio Uruguai, segundo a Divisão Hidrográfica Nacional (resolução nº. 32 do CNRH, de 15 de outubro de 2003 e seus anexos).

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, provocados 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, na Etapa I, as usinas presentes no estudo da EPE (2007). No entanto, dada a velocidade com que mudam os cenários projetados, bem como com base nas conclusões obtidas sobre a natureza dos estudos de fragilidades ambientais, apresentados na Etapa I, concluiu-se que as hierarquias devem ser produzidas para os trechos de rios, não para os empreendimentos, uma vez que a resposta fundamental se refere ao destino dos trechos remanescentes de rios em estado lótico. Deste modo, considerou-se, para esta etapa, os empreendimentos presentes no cadastro do Sistema de Informação Georreferenciada do Setor Elétrico (SIGEL⁵), da ANEEL, contemplando as UHEs, PCHs e CGHs (Central Geradora Hidrelétrica) que correspondem ao Cenário Atual (em operação ou implantação).

No presente estudo foi descartado o Aproveitamento Hidrelétrico de Iraí, que compunha a carteira de licenciamento ambiental do IBAMA, no rio Uruguai, a partir de informações do Ministério de Minas e Energia⁶, por não fazer parte do inventário hidrelétrico aprovado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, em 2004.

⁴ EPE (2007).

⁵ <http://sigel.aneel.gov.br/>.

⁶ Ofício 63-2009 SEMME

Dada a dimensão dos empreendimentos, serão mantidos, nesta etapa, os empreendimentos planejados para o Médio Uruguai em seu trecho médio, que compunham o Complexo Garabi, no Relatório da Etapa I, composto pelos empreendimentos Garabi, San José e Santa Rosa. Após a aprovação do inventário elaborado pelo Consórcio CNEC/ESIN/PROA (Eletrobras/Ebisa 2010) em novembro de 2010, o conjunto considerado para esse estudo passou a ser o de dois aproveitamentos em cascata, Garabi e Panambi.

Dessa forma, para avaliação dos efeitos de fragmentação da rede hidrográfica da bacia do rio Uruguai, foram analisados os trechos de rios em estado lótico, contínuos, que ainda podem ser, eventualmente aproveitados para geração de energia elétrica ou para conservação de valores sócio-ambientais.

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, Icamaquã 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, 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 considerem os efeitos de fragmentação e a sinergia dos impactos, 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 com o setor de licenciamento do órgão ambiental, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – 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 dos mesmos 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.*, 2004) 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 do meio 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 do 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 a 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.

Até o presente, avanços metodológicos e aperfeiçoamento das variáveis foram implementados, 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 foram implementados avanços metodológicos e aperfeiçoamentos, 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 II

2.5.1 Localização

Em 1997, foi promulgada a Lei 9.433/97⁷ 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 2003⁸, 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 a apenas 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.

⁷ 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.

⁸ CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CNRH. RESOLUÇÃO N°. 32, de 15 de outubro de 2003 – Institui a Divisão Hidrográfica Nacional.

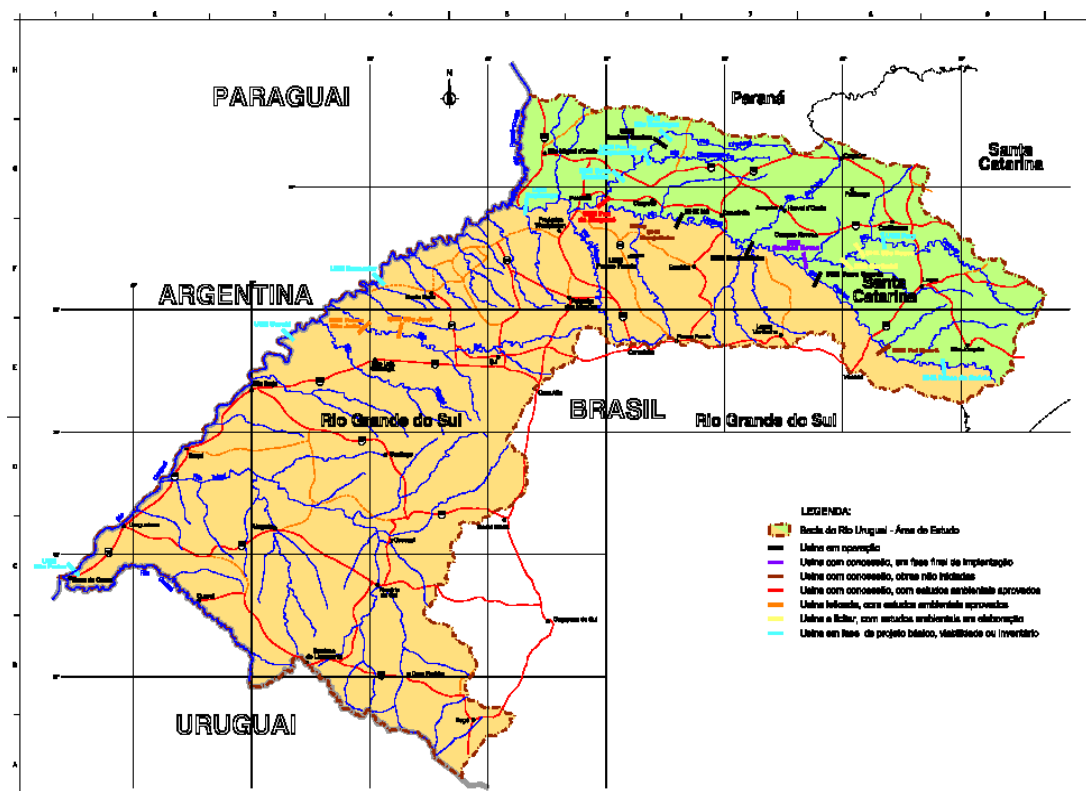


Figura 2-1 Região Hidrográfica do Uruguai. Fonte: EPE (2007)

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 2.200 quilômetros, 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 fronteiro, 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.

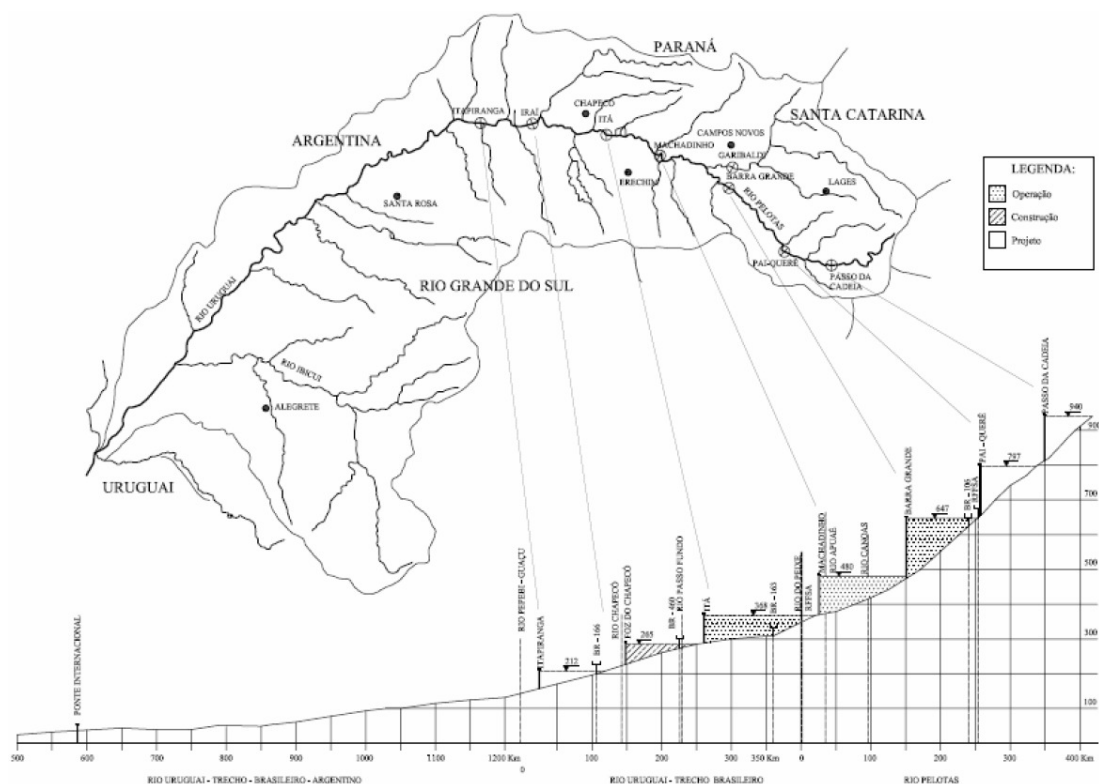


Figura 2-2 Perfil do rio Uruguai em território brasileiro

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, 2006). 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. Fazem parte deste estudo as sub-bacias Uruguai Alto e Uruguai Médio.

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
				Quaraí	9.457
		Ibicuí	47.320	Santa Maria	15.784
				Uruguai 3	31.536
		Negro	3.008	Negro	3.008

Adaptado: SRH, 2006

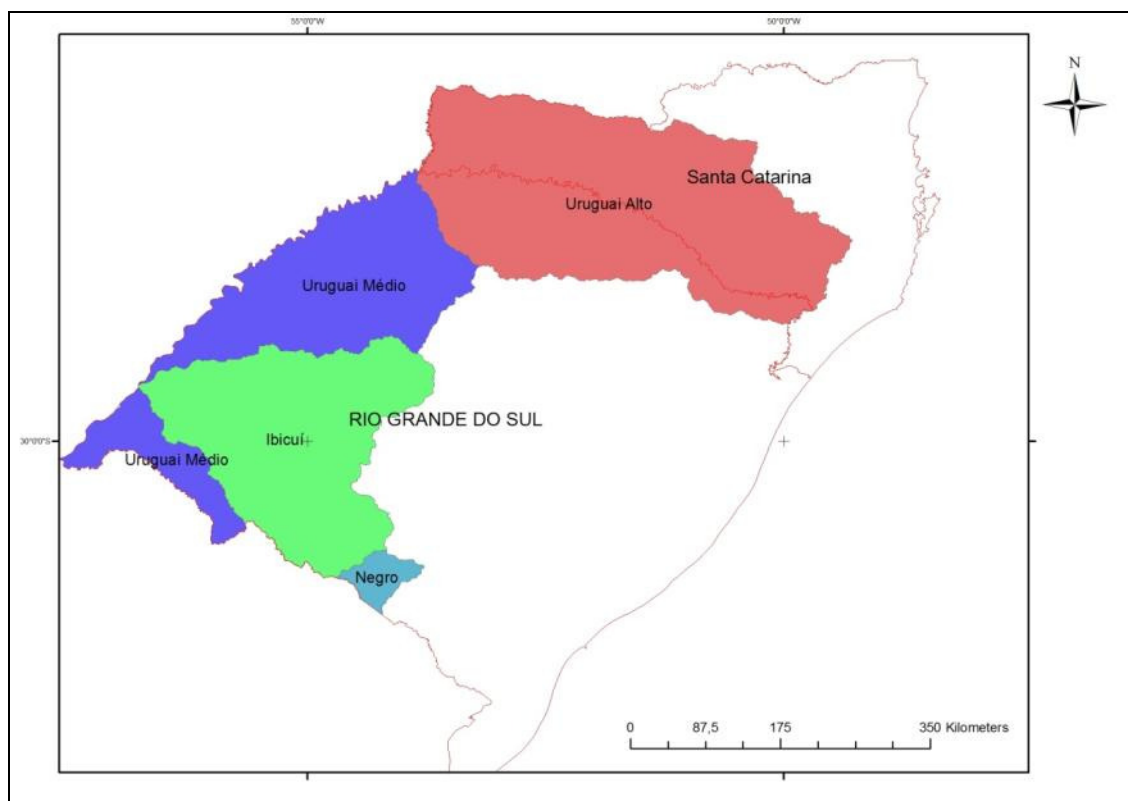


Figura 2-3 Localização da bacia do rio Uruguai e suas sub-bacias.

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 km², 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 à área formada da confluência do rio Canoas com o Pelotas até o exutório do rio Peperi-Guaçu (Figura 2-4)

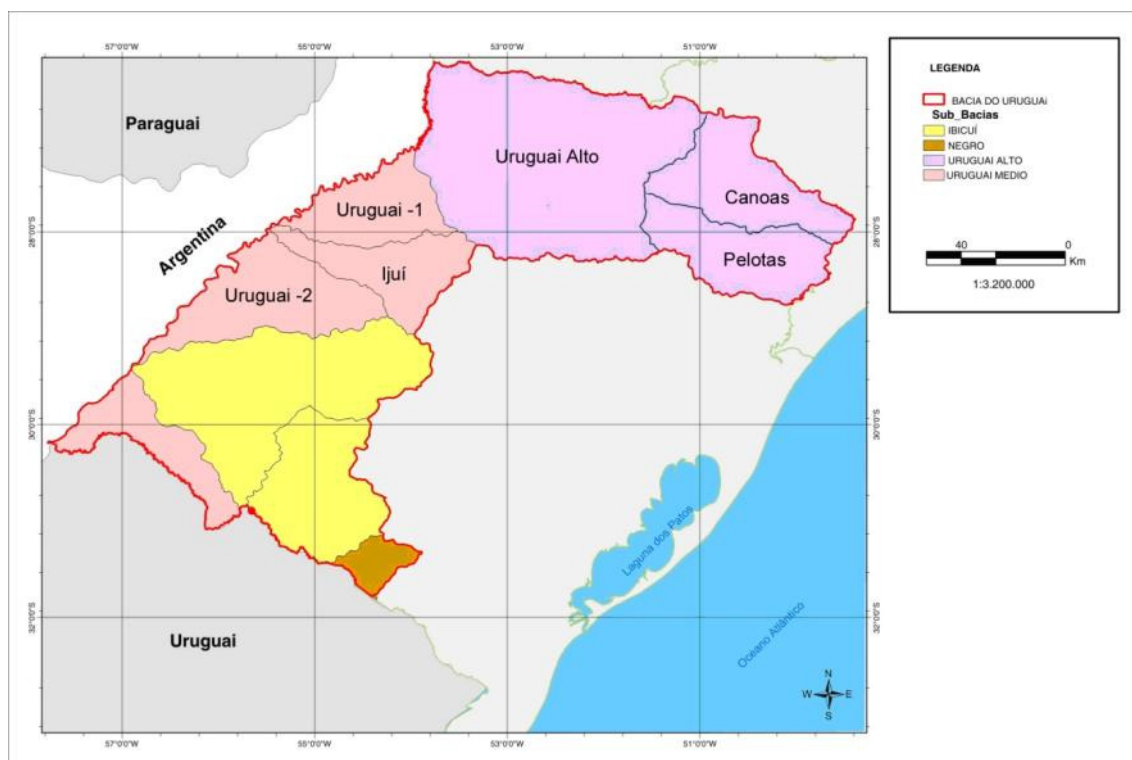


Figura 2-4 Subdivisões da sub-bacia do Alto e Médio Uruguai. Fonte: Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH resolução nº32 de 15 de novembro de 2003).

Segundo a SRH, a bacia do rio Pelotas tem área de drenagem de 13.227 km². 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) 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, que apresenta 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 sido instaladas na sua área a UHE Barra Grande no rio Pelotas e a possibilidade futura de instalação da UHE Pai Querê, também no rio Pelotas.

A bacia do rio Canoas banha a região centro leste do Estado de Santa Catarina e possui uma área de 14.898 km², 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 Peperi-Guaçu. Esta área possui 48.084 km² e compreende a porção do rio Uruguai em território brasileiro.

Está área é a mais populosa com 1.700.000 habitantes, notando-se 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 uma grande vocação para geração de energia hidrelétrica, sendo que parte deste potencial já foi alocado: a UHE Passo Fundo, no rio de mesmo nome, e as UHEs Itá e Machadinho, no rio Uruguai, são apenas alguns exemplos do potencial desta região para geração de energia, sendo ainda possível a instalação de outros parques de geração de energia.

A Sub-Bacia Hidrográfica do Uruguai Médio (BHUM) localiza-se na Fronteira entre a República Argentina e o Brasil limitada pelas coordenadas 53°12' 55,432"W 28°7' 54,33"S e 56°46'20,594"W 29°24'19,585"S. Sendo assim, as bacias que integram esse setor, do lado brasileiro, encontram-se no Estado do Rio Grande do Sul e perfazem cerca de 47.580 km². De acordo com o Comitê Nacional de Recursos Hídricos (CNRH resolução nº32 de 15 de novembro de 2003) devido a sua diversidade de aspectos e usos, esta sub-bacia foi dividida em 3 setores distintos: Sub-bacia do Uruguai 1, Sub-bacia do Rio Ijuí e Sub-bacia Uruguai 2 (Figura 2-4).

A Sub-bacia Uruguai 1 ocupa uma área de 10.810 km² e corresponde a unidade U030 da divisão do Rio Grande do Sul em Bacias Hidrográficas, conhecida como a Bacia dos rios Turvo, Santa Rosa e Santo Cristo. Em verdade, trata-se de um conjunto de Bacias contíguas de sete afluentes do rio Uruguai: Turvo, Lajeado Grande, Buricá, Santa Rosa, Santo Cristo, Amandaú e Comandai.

Seus principais municípios são Santa Rosa e Horizontina, importantes pólos sojicultor e metal-mecânico respectivamente. Nesta Sub-Bacia destaca-se o Parque Estadual do Turvo, no extremo norte da mesma, onde se encontram as cataratas do Yucumã que marcam a divisa entre os trechos do alto e médio rio Uruguai.

Nesta sub-bacia o uso do solo é destinado principalmente a cultura da soja, em rotação com milho e outras culturas relacionadas a esta: feijão, trigo, aveia etc. Por se tratar de pequenos cursos de água, com no máximo, 2.500 km² de área de drenagem, o potencial hidrelétrico da Sub-bacia é baixo, apesar de existirem algumas pequenas centrais de geração de energia. O uso da água para suinocultura se reveste de importância grande, pois é um forte potencial de poluição de mananciais, inclusive os utilizados para abastecimento público.

A Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí possui área de 10.849 km². Seu rio principal, de mesmo nome, caracteriza-se por um extremo potencial hidrelétrico, ainda pouco explorado, mas com grande possibilidade de vir a ser em curto prazo, com os empreendimentos UHEs Passo São João e São José (em fase de implantação). Os principais municípios desta região são: Ijuí, Santo Ângelo e Cruz Alta, que juntos possuem uma população de mais de 240.000 habitantes (IBGE, 2010).

O uso do solo, assim como na sub-bacia Uruguai 1 é marcado pela cultura de soja, porém com maior utilização de irrigação por pivô central. Esta Sub-bacia coincide

com a unidade U090 da SERH-RS (Secretaria Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul), e foi palco de um estudo pioneiro, realizado pela Fepam, em busca de diretrizes para o licenciamento ambiental de atividades do setor de geração de energia hidroelétrica na Bacia.

A Sub-Bacia Uruguai 2 representa um conjunto de Bacias contíguas de afluentes do rio Uruguai, que ocupam uma área de 16.465 km², configurando a maior unidade da Sub-bacia Uruguai Médio. São três os rios principais: Piratinim, Icamaquã e Butuí. A unidade U040 da divisão do Rio Grande do Sul (Butuí – Piratinim – Icamaquã) está totalmente inserida nesta unidade, que abrange ainda um trecho da U050. Os principais municípios desta Sub-Bacia são São Borja e Santiago, que possuem uma população conjunta de cerca de 100.000 habitantes segundo os dados de 2010 do IBGE.

Caracteriza-se como uma região de transição entre o planalto e a Campanha. Assim é possível encontrar um rio com potencial de geração de energia, como o Icamaquã, como também uma área com vocação para o plantio de arroz, como a Bacia do Butuí. Esta transição no potencial do uso do solo e da água vai acompanhando a mudança no relevo da Bacia. Merece destaque a região do Banhado São Donato, na porção sudoeste da Bacia. Há ainda que se considerar a possibilidade da implantação de duas UHEs no rio Uruguai que alterariam as condições locais, as usinas de Garabi e Panambi.

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. Porém, notícias recentes publicadas no Correio do Povo de 31 de maio de 2011, com resultados de análises de qualidade de água do rio Uruguai, indicam alterações de qualidade, com presença de metais pesados em quantidades fora dos limites recomendados, assim como níveis de oxigênio dissolvido extremamente baixos.

As principais fontes de poluição identificadas 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), 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 1.784 mm, com temperatura média anual variando entre 16 e 20°C, e evapotranspiração média anual de 1.041 mm.

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 Köeppen, 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 em 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 no 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 Uruguiana) do que a correspondente às áreas das nascentes, próximas ao planalto – mínimas de 65% em Erechim (FGV, 1998 *apud* MMA, 2006).

De acordo com Companhia Estadual de Energia Elétrica –CEEE (2000), Nimer (1989) e RADAMBRASIL (1986), os ventos predominantes na Bacia são de leste ou de nordeste (alíseos). Isso se deve à existência de um centro de alta pressão sobre o Atlântico Sul, entre os paralelos 20°S e 40°S, 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 os municípios 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 Fundação Getúlio Vargas (1998, *apud* MMA, 2006) 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, frequentes e duradouras, gerando chuvas mais prolongadas e com maior ocorrência.

Os anticiclones mais frequentes, 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 frequência, 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 Fundação Getúlio Vargas (1998, *apud* MMA, 2006) 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 identificar 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.

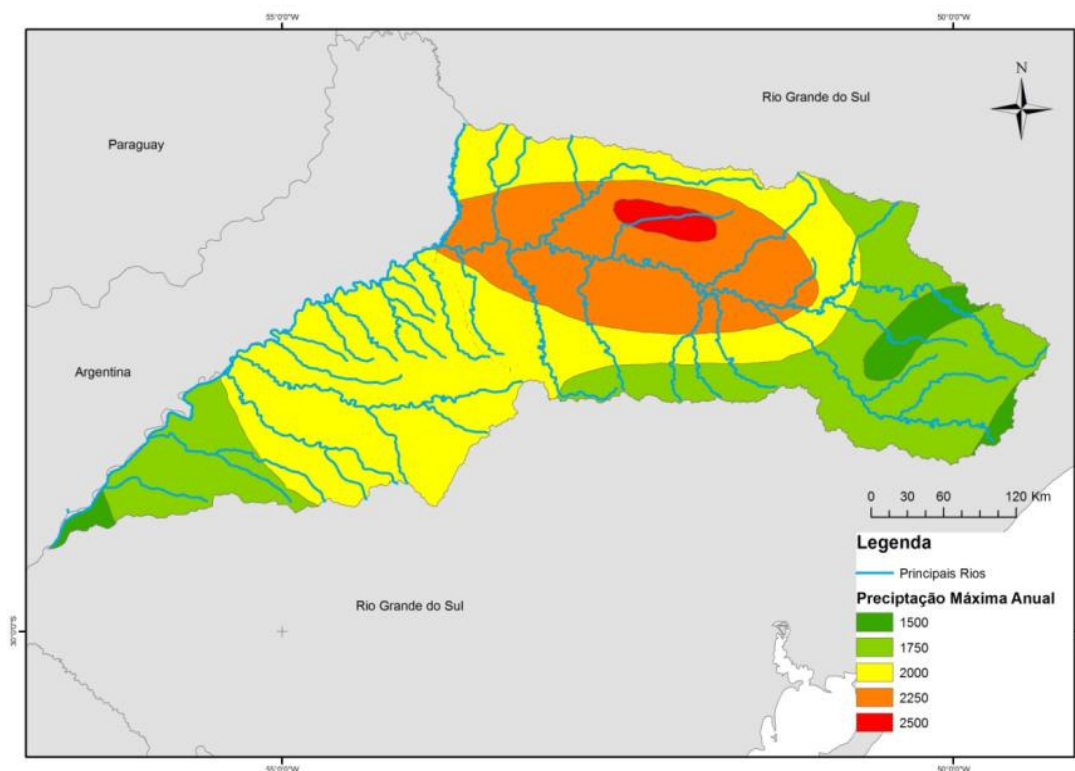


Figura 2-5 Precipitações máximas ocorridas na bacia. Valores de precipitação em mm indicados no mapa. Modificado de FGV *apud* MMA (2006).

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 (Fundação Getúlio Vargas, 1998; *apud* MMA, 2006). 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

As maiores secas na Bacia do Uruguai estão associadas a poucos períodos de precipitações e precipitações de curta duração. 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 “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 de elevada exploração dos cursos de água da Bacia, principalmente na área de concentração orizícola, 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.

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 e Campos Novos, em Santa Catarina. Como normalmente ocorre, as áreas sujeitas às enchentes estão ocupadas pela população urbana de baixa renda, agravando os problemas sociais já existentes.

Em 1998, a Fundação Getúlio Vargas (*apud* MMA, 2006) alertava que “não há um sistema preventivo que possa minimizar o impacto destas cheias”. Outrora, no período de 1980 a 1990, o 1º Distrito do DNAEE, extinto em 1990, desenvolveu um incipiente sistema de previsão de cheias para municípios do médio e baixo Uruguai que incluíam os centros urbanos das cidades de Uruguai, Itaqui e São Borja. Entretanto, hoje, não há um sistema operante e oficial, seja de prevenção ou previsão hidrológica 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, a declividade é alta e os tempos de deslocamento das enchentes são pequenos, deste modo, as enchentes podem decorrer de precipitações intensas e mais localizadas (Fundação Getúlio Vargas, 1998, *apud* MMA, 2006). Na parte média e baixa da bacia, as previsões de cheias podem ocorrer a partir do tempo de deslocamento da onda de cheia e a partir do registro da elevação de níveis em estações fluviométricas de montante ao longo do Rio Uruguai.

Segundo a Fundação Getúlio Vargas (*op.cit.*), as maiores cheias registradas na bacia do rio Uruguai são as de 1965, no trecho alto, que atingiu as localidades de Itá e Marcelino Ramos. Também se observa que no trecho alto não se tem verificado eventos de cheias, o que pode ser atribuído a implantação de UHEs como Itá e Machadinho.

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

2.5.2.2 Geomorfologia

De acordo com RADAMBRASIL (1986, 2005) e Ross (2003), as bacias do Alto e Médio Uruguai estão inseridas dentro do domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, correspondente, 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.

Esta entidade corresponde 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 táxons 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 táxons para as Bacias do Alto e Médio Uruguai .

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

1º Táxon	2º Táxon	3º táxon	4º Táxon
Domínio Morfo-estrutural	Regiões Geomorfológicas	Unidades Geomorfológicas	Setores Geomorfológicos
Domínio Morfo-estrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares: <i>Geologicamente embasado sobre as rochas da Bacia do Paraná</i> <i>- Forte controle Estrutural</i> <i>Dissecação Diferenciada devido ao controle estrutural - Basculamento Leste-oeste</i> <i>Formas mais Comuns: Coxilhas e Escarpas</i>	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>	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>	Setor Vacaria: <i>Corresponde à 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>
		Planalto Dissecado Iguaçu- Uruguai: <i>Desenvolveu-se sobre rochas Efusivas Básicas (basaltos). Apresenta dissecação mais intensa, com formação de vales profundos</i>	Setor Catarinense: <i>Corresponde a porção norte do planalto dos campos gerais. Área com desnível considerável (D1) formada por colinas de topos planos e relevo mais suavizado.</i> <i>Presença de "Stone lines"</i>
	Planalto das Missões: <i>Formas homogêneas: colinas suaves, arredondadas.</i> <i>Assentadas sobre rochas básicas</i>	Planalto de Santo Ângelo: <i>Assenta-se sobre rochas efusivas básicas e Arenitos da Formação Tupanciretã (estes mais 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 vossorocamento e ravinamento significativos assentados sobre as áreas de ocorrência da Formação Tupanciretã.</i>	Dissecação do rio Pelotas: <i>Localiza-se a noroeste da Região das Araucárias. Nos vales encaixados dos rios Pelotas e seus afluentes (princ. o Lava – Tudo). Dissecação Forte (D2) nos vales, com topos planos nos interflúvios</i>
	Planalto Centro-Oriental de Santa Catarina: <i>Geologicamente situa-se sobre as formações Botucatu e rio do Rasto, com controle estrutural forte, que controlam a drenagem do rio Canoas e seus tributários</i>	Planalto de Lages: <i>O forte controle estrutural, aliado à presença do Domo de Lages, proporciona um controle de drenagem bastante vigoroso, que ocasiona relevos com dissecação forte (D2), e a presença de formas alongadas de topo convexo e vertentes íngremes. O rio Canoas apresenta por conta disso uma forma de vale em V com presença de estreita faixa de terraços fluviais</i>	
	Planalto da campanha: <i>Superfícies de aplainamento retocadas e desnudadas, e de superfícies pediplanadas indiferenciadas, com algum controle estrutural, assentadas sob Rochas Vulcânicas da</i>	Planalto de Uruguiana <i>Ocorrência de relevo de aplainamento retocado desnudado, nas áreas entre vales e uma ampla superfície de aplainamento que desce suavemente aos extensos terraços fluviais do Rio Uruguai. A área apresenta dissecação homogênea</i>	Área Degradacional Oriental <i>Área de transição entre o Planalto da Campanha e a Depressão do rio Ibicuí. Predominam formas de dissecação homogêneas do tipo grosseira, com aprofundamento dos vales fluviais. Ocorrência de latossolos, originários do intemperismo dos arenitos Botucatu e Guará.</i> <i>Vegetação do tipo savana</i>
			Pediaplano do Médio Uruguai

	<i>Formação Serra Geral.</i>	<i>representada em forma de colinas com vales pouco profundos.</i>	<i>Estende-se ao longo do rio Uruguai até o Rio Ijuí. Extensa superfície de aplainamento, elaborada por processo de pediplanação sobre rochas básicas, originando formas de relevo planas e baixas, subhorizontalizadas, recoberta por vegetação estépica</i>
			Área Transicional Setentrional <i>Área entre o rio Butuí e a Unidade Planalto de Santo Ângelo, sendo que o contato é irregular e intercalado. Predominam formas de relevo planares, plano-inclinadas irregulares desnudadas, referentes à superfície de aplainamento elaboradas por processo de pediplanação. A vegetação é savana e savana estépica, com solos litólicos.</i>

De acordo com mapeamento do RADAMBRASIL (1986), 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 assenta-se sobre as litologias da formação Botucatu e Rio do Rasto, com forte controle estrutural.

Pontualmente, ocorre a presença de importante elemento geomorfológico: o chamado Domo de Lages, 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 frequentes 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 a 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 às 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 Iguaçu-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 registradas 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 a ocorrência de um grande número de lineamentos e falhamentos, sendo em ambos os casos ocupados pelos cursos d'água.

Ainda de acordo com RADAMBRASIL (1986), na direção leste da unidade, a dissecação torna-se cada vez mais aprofundada, decorrência de um trabalho mais elaborado da erosão sobre as linhas estruturais, gerando vales profundos e bastante entalhados.

2.5.2.2.5 Planalto Dissecado Iguaçu-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 Uruguai, um setor destaca-se: a área de dissecação sobre o rio Pelotas, que apresenta um controle estrutural muito intenso, originando vales muito encaixados, 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 central 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 vossorocas, 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.

Os estudos do RADAMBRASIL (1986) mostram que a Sub-bacia do Médio Uruguai encontra-se no Domínio Morfo-estrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares. No trecho oeste deste Domínio, ocorre uma ampla, fraca e medianamente dissecada superfície em forma de colinas de topos planos, sendo que a sudoeste da mesma, encontra-se uma superfície mais baixa, topograficamente falando, chamada de Pediplano do Médio Uruguai.

Nas áreas periféricas do Domínio, o contato com outros domínios provoca intenso processo erosivo, originando contínuo recuo da escarpa, propiciando o surgimento, em superfície, das litologias sedimentares de idades mesozóicas e paleozóicas, que ao sofrerem atuação dos agentes erosivos externos, resultaram em uma paisagem marcada por formas de relevo denominadas de coxilhas.

Na área da bacia o Domínio Morfo-Estrutural das Coberturas Sedimentares está dividido nas Seguintes Regiões Geomorfológicas: Planalto das Araucárias, Planalto das Missões e Planalto da Campanha.

2.5.2.2.8 Planalto das Araucárias

Corresponde a porção mais ao Norte do Domínio Morfo-estrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares nesta área, sendo que seu contato com o Planalto da Campanha se faz através de rupturas de declive.

As formas de relevo do Planalto das Araucárias foram esculpidas geralmente sobre rochas efusivas ácidas da Formação Serra Geral, sendo que esse processo é alterado quando o substrato é mais básico.

As características geomorfológicas dessa Região são bastante heterogêneas, variando desde rampas amplas até a vales profundos, sendo assim, essa região foi dividida em três unidades distintas: Unidade Geomorfológica Campos Gerais, Unidade Geomorfológica do Planalto Dissecado Rio Iguaçu – Rio Uruguai e Unidade Serra Geral

Unidade Geomorfológica Campos Gerais

Esta unidade apresenta-se fragmentada, separada por outras unidades de relevo, abrangendo áreas ao sul e ao norte da BHUM. Apresenta superfícies inclinadas, com caimento natural para oeste, levemente planas e superfícies de aplainamento desnudada retocadas e agregadas. De modo geral, essas superfícies aplainadas indicam uma predominância de processos de erosão aureolar, truncando rochas sãs e pouco alteradas, estando separadas por ressaltos e/ou escarpas, de outros tipos de modelados.

As formas de relevo demonstram a ocorrência de etapas evolutivas de dissecação, sendo que algumas áreas são planas com vales alargados pelo processo erosivo. Na Unidade, há ocorrência de Linhas de Pedra, compostas por geodos, e assentados em rocha sã, e estão recobertas por colúvio de espessura variável.

Essas linhas estão associadas a um tipo de forma de relevo colinosas, geralmente separadas por áreas deprimidas e brejosas, as *dales*, de conformação circular, e bordas rochosas.

Unidade Geomorfológica do Planalto Dissecado Rio Iguaçu – Rio Uruguai

Unidade desenvolvida especialmente em rochas básicas da Formação Serra Geral, localizada ao norte da área da bacia do Médio Uruguai, apresenta-se estreita e alongada, associada aos rios Ijuí, e outros afluentes do rio Uruguai.

De modo geral, mostra uma forte dissecação de relevo, por vezes com intenso controle estrutural, incrustada em meio a colinas alongadas e vales fluviais da Unidade Planalto das Missões. Corresponde a formas de relevo mais trabalhadas em relação as unidades circundantes, como formas controladas pelas estruturas, até formas de ocorrência de modelados de dissecação homogênea, desenvolvendo-se sobre solos do Tipo Terra roxa e Litólicos, resultantes da alteração de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.

No Rio Ijuí ocorre uma dissecação ainda mais intensa, devido ao forte controle estrutural local originando vales com amplitudes de 55 a 140 metros. A jusante ocorrem formas colinosas alongadas, com vales com profundidades variando entre 57 e 75 m.

Na área interfluvial Ijuí-Piratini, a dissecação está associada à relevos residuais (morros testemunhos) e cristas simétricas destacando-se a serra do Pirapó que marca o limite desta unidade com o Planalto da Campanha, originando um patamar estrutural, que apresenta várias formas de relevo residuais, com altitudes variadas.

Unidade Geomorfológica Serra Geral

Abrange as bordas abruptamente escarpadas do Planalto dos Campos Gerais, e na área de estudo, ocupa uma pequena porção, no interflúvio dos rios Ijuí e Pirajú sendo bastante festonada, uma vez que sofre ação erosiva intensa dos rios que a circundam.

Desenvolve-se sobre rochas vulcânicas básicas e, em alguns casos, sobre rochas ácidas da Formação Serra Geral, onde o entalhamento da drenagem foi capaz de cortar as seqüências de derrames, expondo rochas basais areníticas.

2.5.2.2.9 Planalto das Missões

Região localizada na porção central do Domínio em contato com o Planalto das Araucárias, a leste, e com o Planalto da Campanha a oeste. Apresenta formas de relevo bastante homogêneas, formadas na sua maioria por colinas suaves e bem arredondadas, esculpidas em rochas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral, e por rochas sedimentares da formação Tupanciretã.

Convém ressaltar a presença constante de *dales* nas áreas de interflúvio e cabeceiras de drenagem, sendo transformadas em açudes para uso agrícola. O uso do solo nestas áreas é a base da tradicional cultura da soja e suas rotações que fazem desta região um celeiro agrícola, potencializado pelos solos do tipo latossolo, topografia suave e homogênea. No Planalto das Missões pode-se individualizar uma Unidade Geomorfológica conhecida como Planalto de Santo Ângelo

Unidade Geomorfológica Planalto de Santo Ângelo

O relevo é composto por coxilhas suaves, que estão associadas a arroios, sangas e *dales*, sendo que essas coxilhas se desenvolvem em maior quantidade na porção mais ao sul, regionalmente conhecida como Serra do Espinilho.

A Serra do Espinilho é um interflúvio entre os rios Ijuí e Piratini, com formas de relevo em colinas, com altitudes variando entre 200-500 m, com diminuição em direção ao rio Uruguai, tendo, ao sul da Serra, áreas de aplainamento fragmentadas.

As dissecações mais grosseiras, com colinas mais longas e menores desníveis, estão assentadas sobre rochas ácidas, e estão localizadas nas porções mais ao sul da unidade. Na Formação Tupanciretã, que é composta por arenitos finos e friáveis, não se observa relação entre as formas de relevo e o substrato rochoso, pois as amplas colinas presentes nessas áreas parecem ultrapassar os limites da área da Formação. Sobre essa

Formação ocorrem processos de erosão acelerada resultantes de um solo arenoso susceptível a erosão.

2.5.2.2.10 Planalto da Campanha

Ocupa a porção mais a oeste da área de estudo, tendo como característica geral ser uma área ampla e plana, coberta com vegetação campestre. As formas de relevo dessa região foram esculpidas em rochas efusivas básicas da Formação Serra Geral e secundariamente em arenitos das Formações Botucatu e Guará, sendo digna de nota a presença de depósitos aluvionares holocênicos junto aos rios.

Há um predomínio das superfícies de aplainamento retocadas e desnudadas, e de superfícies pediplanadas indiferenciadas, com algum controle estrutural.

Os solos são geralmente latossolos e litossolos. O escalonamento de níveis topográficos através de rupturas de declive, assim como generalizada ocorrência de morros testemunhos, constituem-se em características marcantes desta região. Os fenômenos de erosão acelerada e movimentos de massa são generalizados, sendo expressivos os processos de arenização associados aos arenitos das Formações Botucatu e Guará. O Planalto da Campanha na Bacia Hidrográfica do Médio Uruguai é composto pela Unidade Geomorfológica Planalto de Uruguiana

Unidade Geomorfológica Planalto de Uruguiana

Localizada no entorno da cidade de Uruguiana, esta unidade tem como característica uma suavidade topográfica, variando de plana a sub-horizontalizada, com suave caimento em direção ao rio Uruguai, a oeste. É comum a ocorrência de relevo de aplainamento retocado desnudado, nas áreas entre vales e uma ampla superfície de aplainamento que desce suavemente aos extensos terraços fluviais do Rio Uruguai. A área apresenta ainda uma dissecação homogênea representada em forma de colinas com vales pouco profundos.

Devido a sua extensão e peculiaridades locais, esta unidade foi dividida em três setores geomorfológicos: Área Degradacional Oriental, Pediplano do Médio Uruguai e Área Transicional Setentrional.

Setor Geomorfológico Área Degradacional Oriental

Localizado na transição entre a unidade Planalto da Campanha e a unidade Depressão do rio Ibicuí (que não ocorre na área de estudo). Predominam formas de dissecação homogêneas do tipo grosseira, com aprofundamento dos vales fluviais, associados com a ocorrência de latossolos, originários do intemperismo dos arenitos Botucatu e Guará. Esse solos são recobertos com vegetação do tipo savana. Em áreas com afloramentos rochosos, apresenta rupturas de declive acentuadas.

As áreas com dissecação mais grosseira com aprofundamento de drenagem apresentam ocorrências de sulcos e ravinas, entretanto o fenômeno mais expressivo são os areais, sendo que é prática comum o florestamento dessas áreas com capões de pinus e eucaliptos.

Setor Geomorfológico Pediplano do Médio Uruguai

Porção que se estende ao longo do rio Uruguai até o rio Ijuí. Corresponde a uma extensa superfície de aplainamento, elaborada por processo de pediplanação sobre rochas básicas, originando formas de relevo planas e baixas, subhorizontalizadas, recobertas por vegetação estépica. A passagem das formas planas para os terraços se dá de forma suave, e é notada por mudanças na vegetação e pedologia.

Dois locais importantes são a Coxilha do Rincão da Cruz, que apresenta as áreas mais elevadas do setor, e a Bacia de Drenagem do Rio Butuí, que junto com seus tributários, apresenta um padrão circular, originado de um provável controle estrutural gerado pela intrusão de algum corpo rochoso, criando um domo intrusivo.

Área Transicional Setentrional

Constitui-se na área compreendida entre o rio Butuí e a Unidade Planalto de Santo Ângelo, sendo que o contato entre elas é irregular e intercalado. Predominam formas de relevo planares, plano-inclinadas irregulares desnudadas, referentes à superfície de aplainamento elaboradas por processo de pediplanação sobre rochas efusivas da Formação Serra Geral. A vegetação predominante é savana e savana estépica, com solos litólicos de modo geral.

Junto aos rios Icamaguã e Piratinim, ocorrem áreas com relevo dissecado em colinas que apresentam nas encostas rupturas de declive e estão seccionadas por curso fluviais com entalhamento de vales, com possibilidade de ocorrência de ravinas e sulcos.

Com base no estudo das formas de relevo, o RADAMBRASIL (1986) estabeleceu uma tipologia para os processos superficiais predominantes nas diferentes unidades geomorfológicas que ocorrem nas Bacias do Alto e Médio Uruguai, cujos comportamentos 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 exutório do rio Uruguai. Apresentam movimentos de massa localizados e escoamento fluvial concentrado.

B) Dissecção Fraca (D1): são áreas com declividades baixas (10°-18°), com relevos predominantemente de coxilhas e formas de entalhamento diferenciadas (de médias a profundas). Presença de processos erosivos acelerados 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) Dissecção Média (D2): caracteriza-se pela combinação de vales profundos, escarpas e topos aplainados. As declividades são maiores que 35°, sendo comuns declividades superiores a 50°. São encontradas nas áreas do Planalto das Araucárias e Planalto dos Campos Gerais.

D) Dissecção Forte (D3): são áreas de vales com alta taxa de dissecção, 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 Aplainado (P): são áreas que apresentam comportamento oriundo da alteração das rochas e de sua posterior derruição. Os relevos aplainados possuem fraca energia de erosão, com pouca dissecação e superfície que varia de plana a muito plana (declividade entre 0° e 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 desnudação da superfície. Esses processos são mais comuns nas áreas do Planalto das Missões e Planalto das Araucárias.

2.5.2.3 Geologia

As áreas das bacias do Alto e Médio Uruguai são compostas 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 das Bacias do Alto e Médio Uruguai pertencentes a Bacia Sedimentar do Paraná com base no mapeamento da CPRM (2003).

Quadro 2-2 Unidades Geológicas das Bacias do Alto e Médio Uruguai. Modificado 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 – basaltos, andesitos, riolitos e riodacitos	Fácies Campo-Erê Fácies Esmeralda Fácies Chapecó Fácies Caxias Fácies Alegrete Fácies Paranapanema/Pitanga
	Jurássico	São Bento	Botucatu	Quartzo-arenitos
Paleozóico	Permiano		Rio do Rasto	Pelitos, arenitos
			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	Arenitos finos, argilitos e folhelhos

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 do rio dos Índios, a nordeste da cidade de Lages (SC), apresentando 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 sequência 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 Lages (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 sequências de folhelhos silticos 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, 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 Lages (SC), onde surgem os efeitos tectônicos do Domo de Lages.

A Formação Botucatu se distribui de forma irregular, em faixas estreitas, ao sul, oeste e norte de Lages, 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, riodacito 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 Lages, 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.

Na região estudada ocorrem os seguintes Fácies da Formação Serra Geral: Fácies Campo-Erê composto por basaltos vesiculares; Fácies Esmeralda onde predominam basaltos microgranulares afaníticos; Fácies Chapecó e Fácies Caxias com rochas intermediárias; Fácies Alegrete com andesitos e riodacitos e Fácies Paranapanema/Pitanga composto por basaltos.

Aos produtos de alteração hidrotermal se associam frequentemente 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 Lages 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, recebe 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-Iraí. 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 nas Bacias do Alto e Médio Uruguai pode ser vista na Figura 2-6.

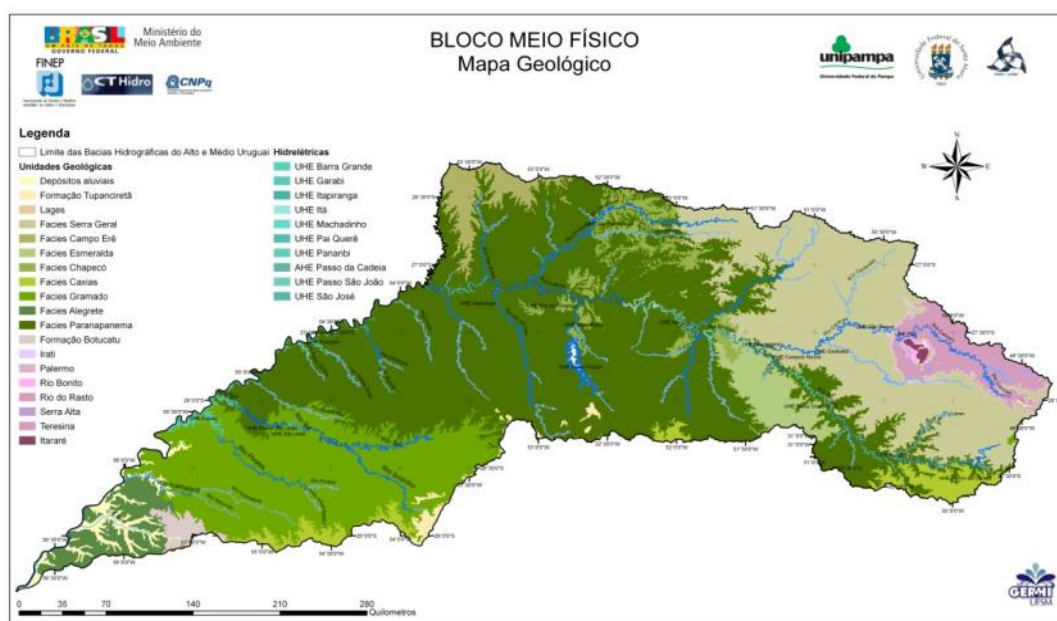


Figura 2-6 Unidades geológicas das Bacias do Alto e Médio Uruguai em escala original ao milionésimo. Modificado do mapeamento da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM, 2003).

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 sudeste e norte-noroeste, na porção superior da sequência vulcânica. Sobre a Formação Serra Geral, no Rio Grande do Sul, ocorrem os arenitos da Formação Tupanciretã.

Em Santa Catarina, associada 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 das Bacias do Alto e Médio Uruguai predomina uma sequência 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 que ocorrem nas bacias mostra na base uma zona vítrea (que pode estar ausente), sobre esta uma zona com diáclases horizontais, sendo que alguns derrames possuem uma brecha de base caracterizada por lava fragmentada em uma matriz siltico-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 diáclases 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-amigdalal 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 sequência vulcânica, a morfologia completa só aparece nas unidades afíricas (os minerais não são identificados a olho nu) 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 diáclases 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 zeólitas. Muitas destas unidades exibem disjunção tabular perfeita em toda a sua extensão.

As sequências vulcânicas são cortadas por falhas e fraturas tectônicas de direção preferencialmente noroeste-sudeste e nordeste-sudoeste.

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 frequentemente 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.

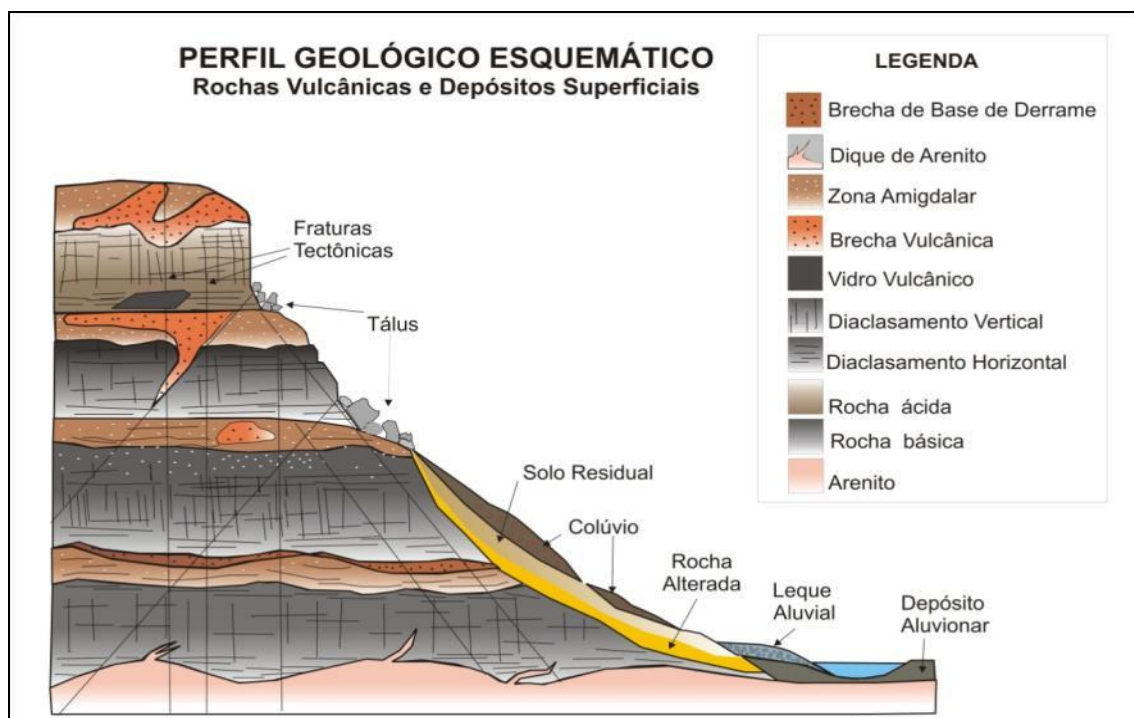


Figura 2-7 Perfil geológico esquemático das rochas vulcânicas e depósitos superficiais nas Bacias do Alto e Médio Uruguai. Modificado de Nummer (2003).

2.5.2.3.2 Tectônica frágil

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

Ao sistema noroeste 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 noroeste 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 noroeste 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 noroeste (mais jovem), desenvolveu-se no Proterozóico Inferior a Superior e com importantes reativações no Ciclo Brasileiro. As zonas de falhas nordeste, 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 leste-oeste 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).

Na parte mais a sul da Bacia do Médio Uruguai ocorre uma importante falha normal de direção NW (noroeste) na divisa dos municípios de Garruchos e São Borja. Diversos arroios como Iguariaca, Itacurubi, Santo Antônio, etc. são encaixados em falhas de mesma direção sendo paralelos.

O rio Icamauã tem segmentos de seu curso encaixados em falhas de direção NW (noroeste) e NE (nordeste). O sistema rúptil leste-oeste 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 das Bacias do Alto e Médio 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 relictos históricos 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 de altitude, 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, 1986).

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 Perenifolia 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 m 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 m e 1.000 m de altitude e compreendem as formações submontanas. Neles, a floresta apresenta 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 haultetiana*, *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 selleana*), cipó-pau (*Clytostoma scuiripabulum*), unha-de-gato (*Doxantha unguis cati*), cipó-escada-de-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 arborescentes das ciatáceas (*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 palmeira gemiova (*Geonoma gamiova*), o feto arborescente 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, hepáticas, etc. Os agrupamentos florestais, em geral, apresentam significativa dominância de mirtáceas e aquifoliáceas, sendo, no entanto, praticamente desprovidos de aráceas, bromeliáceas e orquídeas, 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 oblecta*), 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 supracitados, 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 são 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 densas 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 1.000 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, constituído pelas Araucárias. O andar inferior é de árvores baixas ou arbustos arborescentes, pertencente em grande parte às mirtáceas, sendo comum também a aroeira (*Schinus polygamus*), a casca-d'anta (*Drimys brasiliensis*), a japecanga ou salsaparrilha (*Berberis laurina*), e uma série de epífitas, orquídeas, musgos e líquens. O andar superior é dominado pelo pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia*), que dá à 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 denominada 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 m / 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 de 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, reduzindo-lhes a capacidade de competição, 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 intrínsecos. Em razão disto, os encraves e as disjunções de comunidades de origem temperada estão geralmente associados 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 de altitude 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 à grápia (*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 500 m e 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 frequente, 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 (*Pipthocarpha 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 temperaturas médias compensadas iguais ou superiores a 20° C e outro de 2 a 3 meses, centrados no inverno, com temperaturas 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 palmitreiro (*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'Saber, *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 palmitreiro (*Euterpe edulis*) ao lado das retromencionadas peroba-rosa e jatobá, alcançassem expressão regional, ter-se-ia uma fisionomia caracteristicamente 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 decíduais com até 30 m de altura, como grápia (*Apuleia leiocarpa*), angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*), louro-pardo (*Cordia trichotoma*), maria-preta (*Diatenopteryx sorbifolia*), pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum*) e canafístula (*Peltophorum dubium*), além de outras, em geral não tão frequentes. O segundo estrato apresenta copagem bastante densa e, em geral, predomínio de árvores perenifolias 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 frequência: o cincho (*Sorocea bonplandii*), a laranjeira-domato (*Gymnanthes concolor*) e o catiguá (*Trichilia claussenii*). 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 trinii*), taquara-lisa (*Merostachys multiramea*) e criciúma (*Chusquea ramosissima*). Nos povoamentos secundários a vassoura-braba (*Baccharis dracunculifolia*), o fumo-brabo (*Solanum mauritianum*), a grandíuva (*Trema micrantha*) e a pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*), entre os arbustos; a canela-guaicá (*Ocotea puberula*), o angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*) e o timbó (*Ateleia glazioviana*), entre as árvores. Dentro da região, as espécies estão distribuídas muito irregularmente, selecionadas naturalmente, conforme a aptidão aos 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 m 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 (*Lonchocarpus*, *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 do projeto FRAG-RIO e são identificados como Campos de Cima da Serra (ou do Bioma Mata Atlântica) ou como Campos do Bioma Pampa.

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 a esta decisão, aquele projeto considerou o repouso fisiológico-vegetativo hibernal 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 & Ferri (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”.

Com respeito a isso, os autores citam um trecho de Lindman & Ferri (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 vê-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), influenciando 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 uniforme, onde são encontrados platôs com abruptas encostas terminadas em várzeas não muito extensas, morros cobertos de campo, planícies recortadas por rios e em alguns locais o campo termina em precipícios com profundidades 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 frequência 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 frequentes 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, possivelmente 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 metro 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 sequência 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 a 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 região do Alto e Médio Uruguai pode ser considerada como uma das regiões do RS e de SC de maior importância para a conservação da biodiversidade da fauna nesses Estados. 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 de 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, alimentação, reprodução e deslocamento.

Através do levantamento de dados secundários, registrou-se 167 *taxa* ameaçados de animais vertebrados e invertebrados em diversos graus e 58 espécies endêmicas ou com distribuição atual restrita ao setor nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, ou seja, ainda que a espécie seja bem distribuída no Brasil, no Rio Grande do Sul e/ou em Santa Catarina apresenta ocorrência restrita à região do Médio e/ou Alto Uruguai.

A maior parte das espécies ameaçadas de extinção registrada encontram-se na categoria Vulnerável (62 *taxa* = 37%), seguida pelas categorias Em Perigo (45 *taxa* = 27%), Criticamente Ameaçada (38 *taxa* = 23%), Dados Deficientes (13 = 8%), Provavelmente Extinta (sete *taxa* = 4%) e Regionalmente Extinta (dois *taxa* = 1%).

O número de espécies da fauna ameaçadas por categoria de ameaça, seja em nível nacional ou do estado do Rio Grande do Sul (Machado et al., 2008; Fontana et al., 2003) é apresentado na Figura 2-8.

Com relação a Santa Catarina, não puderam ser consideradas oficiais as espécies ameaçadas, visto que este é o único Estado da região Sul e Sudeste que ainda não possui uma Lista Oficial das espécies ameaçada de extinção. Há um projeto sendo desenvolvido pela ONG IGNIS em parceria com a FATMA desde 2008 que abrange profissionais de diversas áreas e que está responsável por desenvolver essa lista que foi entregue à FATMA em julho de 2010, e segundo notícias divulgadas na internet, está estudando uma forma de torná-la oficial. No site da entidade há uma lista com 261 espécies ameaçadas em Santa Catarina, entretanto, não há mais informações, como áreas de distribuição ou principais ameaças no Estado, contudo, analisando as espécies citadas, constatou-se que 80 *taxa* apresentam ocorrência potencial para a região do Alto e Médio Uruguai, dos quais 24 apresentam-se como Criticamente ameaçados, 25 Em Perigo e 31 Vulneráveis. Essa análise está apresentada no Quadro 2-3.

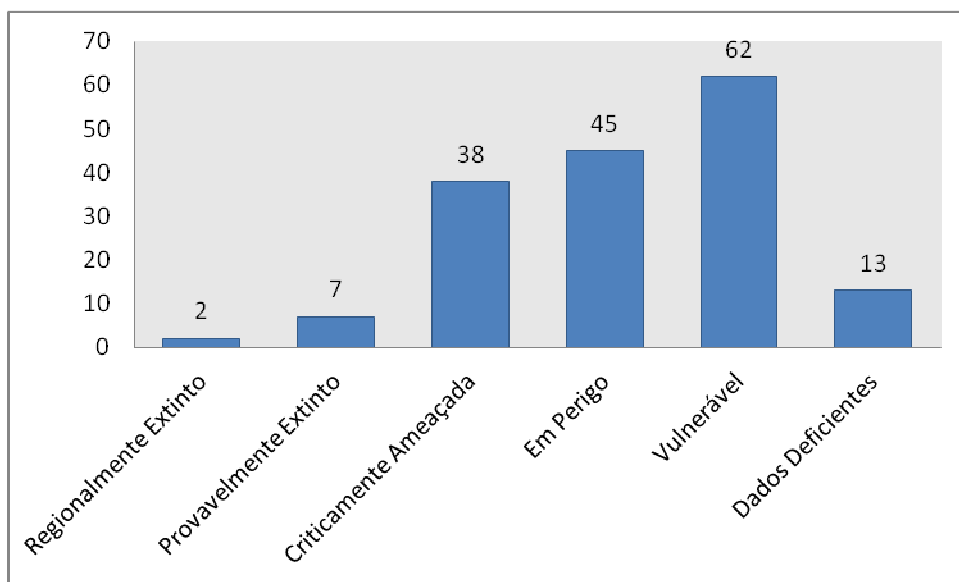


Figura 2-8 Número de espécies da fauna ameaçadas por categoria de ameaça registradas para a região do Alto e Médio Uruguai através de levantamento de dados secundários.

Quadro 2-3 Lista de espécies ameaçadas em Santa Catarina (Fonte: www.ignis.com.br) com ocorrência potencial para a região do Alto e Médio Uruguai.

TAXA	ESPÉCIE	NOME COMUM	STATUS SC	OCORRÊNCIA	REFERÊNCIA
Amphibia - Hyloidae	<i>Crossodactylus schmidtii</i>	rãzinha-do-riacho-de-Schmidt	CR	Misiones	IUCN (2010)
Aves - Cracidae	<i>Pipile jacutinga</i>	jacutinga	CR	RS, SC	IUCN (2010)
Aves - Accipitridae	<i>Harpyhaliaetus coronatus</i>	águia-cinzenta	CR	Água Doce e Lajes	Rosário (1996)
Aves - Accipitridae	<i>Morphnus guianensis</i>	uiraçu-falso	CR	Siderópolis	IUCN (2010)
Aves - Accipitridae	<i>Harpia harpyja</i>	gavião-real	CR	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Accipitridae	<i>Spizaetus ornatus</i>	gavião-de-penacho	CR	Campo Belo do Sul	Mendonça-Lima <i>et al.</i> (2006)
Aves - Falconidae	<i>Falco deiroleucus</i>	falcão-de-peito-laranja	CR	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Columbidae	<i>Claravis godefrida</i>	espelho	CR	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Psittacidae	<i>Primolius maracana</i>	maracanã-verdadeiro	CR	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Furnariidae	<i>Limnortyx rectirostris</i>	junqueiro-de-bico-reto	CR	Campos de Cima da Serra	Fontana (2008)
Aves - Tyrannidae	<i>Phylloscartes eximius</i>	barbudinho	CR	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Tyrannidae	<i>Polystictus pectoralis</i>	papa-moscas-canela	CR	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Tyrannidae	<i>Culicivora caudacuta</i>	papa-moscas-do-campo	CR	SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	corruíra-do-campo	CR	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Emberizidae	<i>Sporophila cinnamomea</i>	caboclinho-de-chapéu	CR	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Emberizidae	<i>Oryzoborus angolensis</i>	curió	CR	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Icteridae	<i>Xanthopsar flavus</i>	veste-amarela	CR	RS, SC	IUCN (2010)
Mamíferos - Vespertilionidae	<i>Lasiurus egregius</i>	morcego	CR	RS, SC	IUCN (2010)
Mamíferos - Phyllostomidae	<i>Tonatia bidens</i>	morcego	CR	SC, Misiones	IUCN (2010)
Mamíferos - Atelidae	<i>Alouatta caraya</i>	bugio	CR	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Mamíferos - Canidae	<i>Chrysocyon brachyurus</i>	lobo-guará	CR	RS, SC	IUCN (2010)
Mamíferos - Canidae	<i>Speothos venaticus</i>	cachorro-vinagre	CR	SC, Misiones	IUCN (2010)

Mamíferos - Felidae	<i>Panthera onca</i>	onça-pintada	CR	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Mamíferos - Tayassuidae	<i>Tayassu pecari</i>	queixada	CR	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Anfíbios - Cycloramphidae	<i>Limnomedusa macroglossa</i>	rã-das-corredeiras	EN	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Anfíbios - Hylidae	<i>Hypsiboas curupi</i>		EN	São Miguel do Oeste, Concórdia	Lucas & Garcia (2011)
Aves - Tinamidae	<i>Crypturellus noctivagus</i>	jaó-do-sul	EN	RS, SC	IUCN (2010)
Aves - Accipitridae	<i>Spizaetus melanoleucus</i>	gavião-pato	EN	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Psittacidae	<i>Amazona vinacea</i>	papagaio-de-peito-roxo	EN	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Psittacidae	<i>Amazona pretrei</i>	charão	EN	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Caprimulgidae	<i>Eleothreptus anomalus</i>	curiango-do-banhado	EN	RS	IUCN (2010)
Aves - Trogonidae	<i>Trogon viridis</i>	surucuá-grande-de-barriga-amarela	EN	PN das Araucárias	Prochnow (2009)
Aves - Thamnophilidae	<i>Drymophila squamata</i>	pintadinho	EN	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Rhinocryptidae	<i>Scytalopus pachecoi</i>	tapaculo-ferreirinho	EN	RS, SC, Misiones	Accordi & Barcellos (2008)
Aves - Tyrannidae	<i>Corythopsis delalandi</i>	estalador	EN	RS, SC	Accordi & Barcellos (2008)
Aves - Tyrannidae	<i>Hemitriccus diops</i>	olho-falso	EN	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Tyrannidae	<i>Phylloscartes sylviolus</i>	maria-pequena	EN	SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Tyrannidae	<i>Xolmis dominicanus</i>	noivinha-de-rabo-preto	EN	RS, SC	IUCN (2010)
Aves - Cotingidae	<i>Phibalura flavirostris</i>	tesourinha-da-mata	EN	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Cotingidae	<i>Pyroderus scutatus</i>	pavó	EN	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Cotingidae	<i>Piprites pileata</i>	caneleirinho-de-chapéu-preto	EN	RS, SC	IUCN (2010)
Aves - Motacilidae	<i>Anthus nattereri</i>	caminheiro-grande	EN	RS, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Thraupidae	<i>Cissopis leverianus</i>	tie-tinga	EN	Itapiranga	Rosário (1996)
Aves - Emberizidae	<i>Sporophila falcirostris</i>	cigarra-verdadeira	EN	Misiones	IUCN (2010)
Mamíferos - Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	jaguaritica	EN	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Mamíferos - Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	anta	EN	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Mamíferos - Cervidae	<i>Mazama americana</i>	veado-mateiro	EN	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Mamíferos - Phyllostomidae	<i>Diphylla ecaudata</i>	morcego-vampiro	EN	RS, SC	IUCN (2010)
Répteis - Teiidae	<i>Cnemidophorus vacariensis</i>	lagartinho-pintado-do-campo	EN	RS, SC	IUCN (2010)

Anfíbios - Centrolenidae	<i>Vitreorana uranoscopa</i>	rã-de-vidro	VU	PN das Araucárias	Lucas & Marocco (2011)
Aves - Tinamidae	<i>Tinamus solitarius</i>	macuco	VU	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Cracidae	<i>Penelope superciliaris</i>	jacupemba	VU	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Accipitridae	<i>Accipiter superciliosus</i>	gavião-miudinho	VU	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Accipitridae	<i>Buteo melanoleucus</i>	águia-chilena	VU	Bom Retiro	Amorim & Piacentini (2006)
Aves - Accipitridae	<i>Spizaetus tyrannus</i>	gavião-pega-macaco	VU	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Scolopacidae	<i>Gallinago undulata</i>	narcejão	VU	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Psittacidae	<i>Triclaria malachitacea</i>	sabiá-cica	VU	RS	IUCN (2010)
Aves - Cuculidae	<i>Crotophaga major</i>	anu-coroca	VU	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Picidae	<i>Dryocopus galeatus</i>	pica-pau-de-cara-canela	VU	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Scleruridae	<i>Geositta cunicularia</i>	curriqueiro	VU	Água Doce	Rosário (1996)
Aves - Furnariidae	<i>Cinclodes plabsti</i>	pedreiro	VU	RS, SC	IUCN (2010)
Aves - Furnariidae	<i>Phacellodomus striaticollis</i>	tio-tio	VU	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Tyrannidae	<i>Tachuris rubrigastra</i>	papa-piri	VU	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Tyrannidae	<i>Platyrinchus leucoryphus</i>	patinho-gigante	VU	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Polioptilidae	<i>Poliophtila lactea</i>	balança-rabo-leitoso	VU	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Thraupidae	<i>Ramphocelus bresilius</i>	tiê-sangue	VU	Concórdia	Machado (2003)
Aves - Emberizidae	<i>Sporophila frontalis</i>	pixoxó	VU	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Aves - Emberizidae	<i>Sporophila hypoxantha</i>	caboclinho-de-barriga-vermelha	VU	Lajes	Rosário (1996)
Aves - Emberizidae	<i>Sporophila melanogaster</i>	caboclinho-de-barriga-preta	VU	RS, SC	IUCN (2010)
Mamíferos - Didelphidae	<i>Chironectes minimus</i>	cuíca-d'água	VU	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Mamíferos - Didelphidae	<i>Metachirus nudicaudatus</i>	cuíca-de-quatro-olhos-marrom	VU	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Mamíferos - Molossidae	<i>Molossops temminckii</i>	morcego	VU	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Mamíferos - Vespertilionidae	<i>Myotis simus</i>	morcego	VU	SC	IUCN (2010)
Mamíferos - Molossidae	<i>Nyctinomops macrotis</i>	morcego	VU	SC	IUCN (2010)
Mamíferos - Atelidae	<i>Alouatta clamitans</i>	bugio	VU	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Mamíferos - Felidae	<i>Puma concolor</i>	puma	VU	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)

Mamíferos - Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	cateto	VU	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Mamíferos - Cervidae	<i>Mazama nana</i>	veado-poca	VU	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)
Mamíferos - Cervidae	<i>Ozotoceros bezoarticus</i>	veado-campeiro	VU	RS, SC	IUCN (2010)
Mamíferos - Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	paca	VU	RS, SC, Misiones	IUCN (2010)

2.5.3.3 ESPÉCIES PRIORITÁRIAS

A região alvo desse estudo é, sem dúvida, uma das áreas mais importantes para conservação de espécies nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Há muitas espécies que somente poderão ser encontradas nesse setor. Dos 167 *taxa* ameaçados, pelo menos 24 espécies de aves apresentam ocorrência restrita a essa região no RS. Dessas, oito encontram-se na lista como Criticamente Ameaçadas (Fontana *et al.* 2003). É o caso do tauatô-pintado (*Accipiter poliogaster*). Registrado em vastas áreas da América do Sul, foi observado poucas vezes no Parque Estadual (PE) Turvo, um dos poucos registros no RS. É um gavião pouco conhecido e nunca foi comum no Estado. A segunda ave Criticamente ameaçada é o gavião-pega-macaco (*Spizaetus tyrannus*). Ocorre em todas as áreas florestadas do território brasileiro. No RS, atualmente, foi observada uma única vez no PE Turvo (Mähler Jr. 1996). O araçari-castanho (*Pteroglossus castanotis*), o araçari-banana (*Bailloni bailloni*) e o araçaripoca (*Selenidera maculirostris*) hoje, no RS, apresentam-se restritos às florestas do PE Turvo e da Terra Indígena (TI) Nonoai. O arapaçu-liso (*Dendrocincla turdina*) tem registros atuais apenas para o PE Turvo e em quatro áreas do litoral norte, enquanto o arapaçu-platino (*Drymornis bridgesii*) tem registros regulares apenas no PE Espinilho.

A lista completa de espécies prioritárias na região encontra-se no Quadro 2-4. É importante destacar que os dados apresentados referem-se à distribuição das espécies no contexto Estadual, ou seja, a distribuição restrita significa que a espécie encontra-se exclusivamente na área descrita, dentro do Estado citado. Com relação a endemismo, utilizaram-se os critérios disponíveis, como biomas (e.g. Mata Atlântica) ou Estado.

Quadro 2-4 Lista de espécies ameaçadas com algum grau de endemismo ou ocorrência restrita ao Médio ou Alto Uruguai nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Espécie	Nome comum	Restrição/Endemismo	Status
<i>Hyalinobatrachium uranoscopum</i>	perereca-de-vidro	Endêmica da Mata Atlântica	VU
<i>Bothrops cotiara</i>	cotiara	No RS restrita ao Planalto das Araucárias	VU
<i>Bothrops jararacussu</i>	jararacuçu	Registrada apenas no PE Turvo	EN
<i>Urostromphus vautieri</i>	papa-vento-de-barriga-lisa	Endêmica da Mata Atlântica	VU
<i>Cnemidophorus vacariensis</i>	lagartinho-pintado	Endêmica dos Campos de cima da Serra	VU
<i>Accipiter poliogaster</i>	tauatô-pintado	Registro recente no PE Turvo	CR
<i>Spizaetus tyrannus</i>	gavião-pega-macaco	Registrada apenas no PE Turvo	CR
<i>Falco ruficularis</i>	falcão-de-garganta-branca	Registrada apenas no PE Turvo	EN
<i>Odontophorus capueira</i>	uru	Endêmica da Mata Atlântica	VU
<i>Claravis pretiosa</i>	rola-azul	Registrada apenas no PE Turvo	EN
<i>Triclaria malachitacea</i>	sabiá-cica	Endêmica da Mata Atlântica	VU
<i>Dromococcyx pavoninus</i>	peixe-frito-pavonino	Registrada apenas no PE Turvo e TI Nonoai	EN
<i>Dromococcyx phasianellus</i>	peixe-frito-verdadeiro	Matas remanescentes do rio Uruguai	EN
<i>Caprimulgus sericocaudatus</i>	bacurau-rabo-de-seda	Registrada apenas no PE Turvo	VU
<i>Baryphthengus ruficapillus</i>	juruva	Registrada apenas no alto Uruguai	CR

<i>Baillonius bailloni</i>	araçari-banana	Registrada apenas no PE Turvo e TI Nonoai	CR
<i>Pteroglossus castanotis</i>	araçari-castanho	Registrada apenas no alto Uruguai	CR
<i>Selenidera maculirostris</i>	araçari-poca	Registrada apenas no PE Turvo e TI Nonoai	CR
<i>Dryocopus galeatus</i>	pica-pau-de-cara-amarela	Porção meridional da Mata Atlântica	CR
<i>Dendrocincla turdina</i>	arapaçu-liso	Registrada apenas no PE Turvo	CR
<i>Dryornis bridgesii</i>	arapaçu-platino	Registrada apenas no médio Uruguai	CR
<i>Nemosia pileata</i>	saíra-de-chapéu-preto	Registrada apenas no alto Uruguai	DD
<i>Anabacerthia amaurotis</i>	limpa-folha-miúdo	Endêmica da Mata Atlântica	VU
<i>Asthenes baeri</i>	lenheiro	No Brasil somente no RS e restrito ao Baixo e Médio Uruguai	VU
<i>Automolus leucophthalmus</i>	barranqueiro-de-olho-branco	Endêmica da Mata Atlântica	CR
<i>Cichlocolaptes leucophrus</i>	trepador-sobrancelha	Endêmica da Mata Atlântica	EN
<i>Coryphistera alaudina</i>	corredor-crestudo	Registrada apenas no PE Espinilho	CR
<i>Leptasthenura platensis</i>	rabudinho	No Brasil, somente no extremo oeste do RS	CR
<i>Philydor atricapillus</i>	limpa-folha-coroado	Endêmica da Mata Atlântica	CR
<i>Philydor lichtensteini</i>	limpa-folha-ocráceo	Endêmica da Mata Atlântica	EN
<i>Pseudoseisura lophotes</i>	coperete	Registrada apenas no PE Espinilho	CR
<i>Synallaxis albescens</i>	ui-pi	Registrada apenas no Médio Uruguai	VU
<i>Drymophila rubricollis</i>	trovoada-de-bertoni	Restrita ao Alto Uruguai	EN
<i>Mackenziaena severa</i>	borralhara	Endêmica da Mata Atlântica	EN
<i>Myrmotherula unicolor</i>	choquinha-cinzenta	Endêmica da Mata Atlântica	EN
<i>Psilorhamphus guttatus</i>	macuquinho-pintado	Porção meridional da Mata Atlântica	VU
<i>Scytalopus indigoticus</i>	macuquinho	Endêmica da Mata Atlântica	EN
<i>Attila rufus</i>	capitão-de-saíra	Endêmica da Mata Atlântica	CR
<i>Capsiempis flaveola</i>	marianinha-amarela	Extremo norte do RS	VU
<i>Cnemotriccus fuscatus bimaculatus</i>	guaracavuçu	Noroeste do RS	DD
<i>Colonia colonus</i>	viuvinha	Restrita ao Alto Uruguai	VU
<i>Contopus cinereus</i>	papa-moscas-cinzento	Restrita ao Alto Uruguai	EN
<i>Corythopis delalandi</i>	estalador	Restrita ao Alto e Médio Uruguai	EN
<i>Hemitriccus diops</i>	olho-falso	Endêmica da Mata Atlântica	EN
<i>Hemitriccus orbitatus</i>	tiririzinho-do-mato	Endêmica da Mata Atlântica	CR
<i>Phylloscartes eximius</i>	barbudinho	Endêmica da Mata Atlântica	EN
<i>Platyrinchus leucoryphus</i>	patinho-gigante	Endêmica da Mata Atlântica	CR
<i>Manacus manacus</i>	rendeira	Endêmica da Mata Atlântica	EN
<i>Procnias nudicollis</i>	araponga	Endêmica da Mata Atlântica	EN
<i>Poliophtila lactea</i>	balança-rabo-leitoso	Porção meridional da Mata Atlântica	EN
<i>Tangara cyanocephala</i>	saíra-militar	Endêmica da Mata Atlântica	EN
<i>Tangara peruviana</i>	saíra-sapucaia	Endêmica da Mata Atlântica	EN
<i>Tangara seledon</i>	saíra-de-sete-cores	Endêmica da Mata Atlântica	VU
<i>Molothrus oryzivorus</i>	iraúna-grande	Registrada apenas no PE Turvo e TI Nonoai	EN
<i>Alouatta guariba clamitans</i>	bugio-ruivo	Endêmica da Mata Atlântica	VU
<i>Panthera onca</i>	onça-pintada	Registrada apenas no PE Turvo e TI Nonoai	CR

<i>Tapirus terrestris</i>	anta	Registrada apenas no PE Turvo e TI Nonoai	CR
<i>Tayassu pecari</i>	queixada	Registrada apenas no PE Turvo e TI Nonoai	CR

Dentre os mamíferos, na categoria Criticamente Ameaçados, merece destaque a onça-pintada (*Panthera onca*), com registros recentes no PE Turvo e a anta (*Tapirus terrestris*), ambas com ocorrência restrita a esse setor e 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 (Codonotti *et al.*, 2002).

O maior enfoque sempre é dado às espécies de vertebrados, entretanto há invertebrados na Lista de espécies ameaçadas (Fontana, 2003) que merecem destaque, tais como *Anisobrotica donckieri*, um besouro da família Chrysomelidae que encontra-se Vulnerável e segundo Moura (2003) já foi registrado na região do Alto Uruguai. A julgar pela escassez de dados a respeito da espécie, deduz-se que seja rara e que tenha sofrido com as alterações em seu habitat, demandando a localização de remanescentes populacionais e estudos de biologia. Outro besouro da mesma família encontra-se ainda mais ameaçado. Trata-se do *Ensiforma caerulea*, classificado como Em Perigo. Os exemplares em coleção são procedentes de Cerro Largo, RS e os registros são anteriores a 1950, sendo possível que a espécie esteja mais ameaçada do que se supõe. Moura (2003) sugere que sejam necessários estudos de levantamento na bacia do rio Ijuí em busca de populações remanescentes da espécie.

Além dos coleópteros, meliponíneos costumam sofrer impactos negativos e devem ser considerados não somente por sua importância como polinizadores, mas também culturalmente na produção de mel apreciado por humanos. Essas pequenas abelhas nativas, também conhecidas como abelhas indígenas sem ferrão, constituem um importante grupo com cerca de 400 espécies em todo mundo (Nogueira-Neto, 1997). No RS, dez espécies encontram-se ameaçadas de extinção em algum grau. Dessas, duas ocorrem na região do Médio e Alto Uruguai, a manduri (*Melipona marginata*), enquadrada como Vulnerável, tendo sido alvo de coleta predatória, pois o mel que produz é apreciado para consumo humano (Blochtein e Harter-Marques, 2003). A abelha-mirim (*Plebeia wittmanni*) só foi descrita para a ciência em 1989. Está enquadrada como Em Perigo. Essa espécie endêmica do Rio Grande do Sul apresenta registros em praticamente todo Estado, mas é pouco frequente nas áreas de ocorrência e suas colônias são pouco numerosas. Por ter sido descrita há pouco tempo sua variação populacional é desconhecida (Blochtein e Harter-Marques, 2003).

2.5.3.4 ÁREAS PROTEGIDAS OU DE RELEVANTE INTERESSE PARA CONSERVAÇÃO

Há em toda a região 27 áreas protegidas, entre Unidades de Conservação, Terras Indígenas e outras de grande relevância para a manutenção dessas espécies. Essas áreas abrigam espécies importantes e servem como áreas fontes para dispersão da fauna.

Soma-se ainda à Floresta Estacional da região noroeste do estado do RS a porção bem conservada da floresta conhecida como Selva Paranaense, região esta pertencente à bacia do rio Uruguai, porém em território Argentino. Essa eco região é considerada como zona de máxima diversidade naquele país e, junto com as Unidades de Conservação brasileiras, proporcionam suporte para mamíferos de grande porte, como ungulados e grandes carnívoros e aves raras, muitos exclusivos dessa região.

Segundo Parera (2002) a Selva Paranaense conta com espécies exclusivas naquele país, como *Speothos*, *Chironectes*, *Mazama nana*, *Alouatta guariba*, entre outras.

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 é apontada como prioritária para todos os grupos faunísticos. Para mamíferos destacam-se como áreas prioritárias como primeiro, segundo e terceiro lugares, respectivamente, PE Turvo, Alto Uruguai, EE Aracuri. Para Aves, as três primeiras áreas também se encontram dentro da região, sendo elas, PE do Turvo, TI Nonoai, Planalto das Araucárias e a oitava área em importância, Parque do Espinilho. Assim como os demais grupos, as áreas mais importantes para répteis e anfíbios também estão localizadas na região, Região do PE do Turvo, TI Nonoai e Parque do Espigão Alto. Em sexto lugar em importância para esses grupos está a APA do Ibirapuitã. No mesmo sentido, as áreas mais relevantes para vertebrados no Estado do RS, segundo MMA, são, em ordem de importância, PE Turvo.

Além das áreas protegidas devem ser consideradas as áreas importantes que devem ser alvo de conservação por sua relevância. Nesse contexto inserem-se as IBAs - *important bird area* (Bencke *et al*, 2006), lugares excepcionalmente importantes para as aves e a biodiversidade em geral. O Estado de Santa Catarina conta com sete áreas do Domínio de Mata Atlântica e três áreas interestaduais (uma abrangendo os estados de Santa Catarina e Paraná e duas entre o Rio Grande do Sul e SC). O Rio Grande do Sul conta com 12 IBAs, além das duas áreas que abrangem os estados de SC e RS.

Parque Estadual do Turvo

Fica claro que uma das áreas de maior importância 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 Iguaçu (SEMA/DEFAP, 2005). 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 Carnívoros, 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.

Terra Indígena Nonoai

O Parque Florestal Nonoai, atualmente Terra Indígena Nonoai/Rio da Várzea ocupa uma área de aproximadamente, 17.000 ha, possuindo grande importância Ecológica por conservar o encontro da Floresta Subtropical latifoliada e a Floresta Ombrófila Mista, que apresenta extraordinária riqueza Faunística com variadas espécies de animais e aves em vias de extinção (Nonoai, 2004), abrigando espécies com ocorrência restrita no estado riograndense, tal como o PE Turvo.

Parque Estadual do Espigão Alto

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), o macuco (*Tinamus solitarius*) e o gavião-de-cabeça-cinza (*Leptodon cayanensis*).

Parque Estadual de Rondinha

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 entorno, 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).

Estação Ecológica de Aracuri

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).

Parque Estadual da Serra Furada

O Parque Estadual da Serra Furada (PAESF) é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral criada em 1980, sua área é de 1.330ha abrange os territórios municipais de Orleans e Grão-Pará. Paisagens exuberantes da serra de Santa Catarina podem ser observadas nessa região. Situado nas escarpas da Serra Geral, o Parque Estadual da Serra Furada está ligado geograficamente, na porção oeste, à área do Parque Nacional de São Joaquim (49.300 ha), aumentando a área conservada e favorecendo a biodiversidade existente no local. A relevância ecológica do Parque Estadual da Serra Furada está relacionada à conservação de ambientes formadores do corredor florestal atlântico brasileiro pertencente a um dos biomas mais biodiversos e ameaçados do planeta, a Mata Atlântica. No estado de Santa Catarina, compõe a porção sul do maior contingente florestal contínuo representado pela Floresta Ombrófila Densa e compõe parte da zona núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. O PAESF protege significativo número de espécies florestais raras e ameaçadas de extinção, tipos especiais de vegetação de altitude e florestas primárias de relevante importância para a regeneração florestal local. Quanto à fauna, estudos iniciais feitos durante a elaboração do Plano de Manejo indicaram a presença de 174 espécies de aves, dez espécies de mamíferos, 23 espécies de anfíbios, 14 espécies de répteis e 12 espécies de peixes. A região de estudo é pouco conhecida quanto às aves, mas por se contígua a áreas melhor estudadas, foi considerada como de "extrema importância biológica" para a conservação da biodiversidade da floresta atlântica e campos sulinos (MMA, 2000).

Parque Estadual das Araucárias

O Parque Estadual das Araucárias localiza-se no município de São Domingos, na Bacia do Rio Chapecó, foi em 2003. A área de 612 hectares é exclusivamente coberta por floresta ombrófila. Dentro do Parque encontra-se o rio Jacutinga, afluente do rio bonito. Além de ser um importante afluente do rio Chapecó, é responsável pelo abastecimento de água do município de São Domingos. O Parque Estadual das Araucárias é a primeira unidade de conservação de araucárias sob a responsabilidade do Governo do Estado de SC. As listas de espécies disponíveis para a UC foram obtidas em função do planejamento e/ou implantação de usinas hidrelétricas na região (UHE Quebra Queixo e UHE Foz do Chapecó). No total, foram levantadas 281 espécies de aves com potencial para ocorrer na região oeste do Estado catarinense, abrangendo o PEA, 149 delas registradas durante as expedições a campo. Na área ocorrem algumas espécies ameaçadas, como o macuco (*Tinamus solitarius*), a jacutinga (*Pipile jacutinga*), a viuvinha (*Heteroxolmis dominicana*) e o papagaio-de-peito-roxo (*Amazona vinacea*) (Collar et al., 1994). Outras 27 espécies levantadas neste trabalho são consideradas "raras" para o Estado catarinense, segundo Rosário (1996). Entre estas se destacam: biguatinga (*Anhinga anhinga*), urubu-rei (*Sarcoramphus papa*), gavião-de-rabo-branco (*Buteo albicaudatus*), murucutu-pequena (*Pulsatrix koeniswaldiana*), pica-pau-de-bandabranca (*Dryocopus lineatus*), guaracavaca-de-crista-alaranjada

(*Myiopagis viridicata*), azulão-verdadeiro (*Cyanocompsa brissonii*) e tié-tinga (*Cissopis leveriana*).

Parque Estadual Fritz Plaumann

O Parque Estadual Fritz Plaumann, criado em 2003, localiza-se no município de Concórdia e é a única unidade de conservação da Floresta Estacional Decidual no Estado de Santa Catarina, abrange uma área de 740 hectares, foi criado como medida de compensação ambiental pelo aproveitamento hidrelétrico da Usina de Itá na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai. A análise da avifauna da UC foi baseada nos dados secundários disponíveis sobre a área da UHE Itá e no método de observação direta. A análise destes dados resultou numa lista das espécies de aves especificamente para a UC Fritz Plaumann, tendo como parâmetros a atualização da distribuição geográfica conforme Rosário (1996) e os registros obtidos durante a saída de campo. Foram relacionadas 393 espécies de aves para a UHE Itá.

O Parque é também importante por ser um refúgio para animais outrora abundantes na região como o veado-mateiro (*Mazama americana*), do tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*) do ouriço-cacheiro (*Sphiggurus spinosus*), do jacu (*Penelope obscura*), do tucano-de-bico-verde (*Ranphastus dicolorus*), do gato-do-mato-pequeno (*Leopardus tigrinus*) e do jaguarundi (*Herpailurus yaguarondi*).

Parque Estadual Rio Canoas

O Parque Estadual Rio Canoas, localizado no município de Campos Novos, foi criado em 2004, sendo uma unidade de conservação da Floresta Ombrófila Mista ou Floresta de Araucária. Sua área conta com aproximadamente 1.200 hectares. A área do parque foi adquirida pela Campos Novos Energia S.A. - Enercan e doada ao Governo do Estado de Santa Catarina como compensação ambiental pelo aproveitamento hidrelétrico de Campos Novos na Bacia Hidrográfica do Rio Canoas. A fauna dos Planaltos de Araucária tem quase todas as suas espécies em comum com as da Floresta Atlântica, compartilhando uma mesma unidade zoogeográfica. Algumas poucas espécies, entretanto, têm sua distribuição geográfica restrita aos Planaltos de Araucária. Entre as aves, apenas um furnarídeo (*Leptasthenura setaria*) é tido como espécie endêmica dos pinheirais, havendo um outro (*Cinclodes pabsti*) que frequenta tanto os pinheirais como as matas dos planaltos do nordeste do Rio Grande do Sul e sudeste de Santa Catarina. A Cotiara (*Bothrops cotiara*) e o pequeno lagarto (*Cnemidophorus vacariensis*) são também endêmicos dos Planaltos de Araucária, tais como, os anfíbios, as pererecas *Hyla nadereri* e *Aplastodiscus perviridis*. O Parque Estadual Rio Canoas mantém espécies consideradas ameaçadas, como puma (*Puma concolor*) e jaguatirica (*Leopardus pardalis*).

Reserva Biológica Estadual do Aguai

Localizada nos contrafortes da Serra Geral, em altitudes que variam de 200 à 1470 metros, esta Reserva Biológica (REBIO) abrange os municípios de Morro Grande, Nova Veneza, Siderópolis e Treviso. Criada em 1983, protege uma área de 7.672 hectares.

A Reserva está inserida no Bioma Mata Atlântica tendo sua criação sido justificada pelo seu relevo acidentado, a presença de diversos *canyons*, pela riqueza de ecossistemas e pela grande variedade de espécies de plantas e animais, que fazem da região um cenário valioso para a conservação da biodiversidade.

Na Reserva Biológica Estadual do Aguai existem inúmeras nascentes, contribuindo para a formação da bacia carbonífera. No alto da Serra Geral as nascentes

são protegidas por uma densa formação vegetal da Floresta Atlântica e Floresta Nebular. Por ser uma Reserva Biológica não é permitida a entrada do público, somente de pesquisadores. A REBIO do Aguai é extremamente importante para a manutenção dos recursos hídricos da região sul do Estado de Santa Catarina, principalmente para as cidades abrangidas pela Bacia Carbonífera, uma vez que dois terços dos cursos d'água desta região estão seriamente comprometidos devido a poluição da exploração do carvão mineral. Alguns rios que nascem na REBIO do Aguai são ainda formadores da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, na qual está localizada a barragem do Rio São Bento. Essa área abriga rica fauna com espécies ameaçadas em vários níveis.

PARNA de São Joaquim

O Parque Nacional de São Joaquim (doravante denominado Parque) possui 49.300 hectares e está localizado na parte mais alta de Santa Catarina, abrangendo os municípios de Urubici, Orleans, Bom Jardim da Serra e Grão-Pará. Suas altitudes variam entre 350 e 1822 m acima do nível do mar. É uma das unidades de conservação (UC) federais mais antigas de Santa Catarina, criada em 1961. Sob o ponto de vista de sua relevância ecológica, o Parque protege complexos vegetacionais importantes e espécies da fauna e da flora ameaçados de extinção, tais como o leão-baio (*Puma concolor*), o papagaio-charão (*Amazona pretrei*) e o urubu-rei (*Sarcoramphus papa*). O Parque também abriga inúmeras nascentes, dentre elas a do rio Pelotas e afluentes do rio Canoas, os quais abastecem as comunidades de seu entorno, além de constituir uma zona importante para a recarga do Aquífero Guarani.

Outras áreas protegidas

Há também nessa região outras UC não citadas anteriormente, como a FLONA de Chapecó (Chapecó, SC), a FLONA de Passo Fundo (Passo Fundo, RS), a RPPN Fazenda Araucária (São Joaquim, SC), a RPPN Gralha-azul (Água Doce, SC), o PE do Ibitirí (Vacaria e Bom Jesus, RS). 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.

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 às características históricas da ocupação antrópica da região sul do Brasil, as quais tiveram influência tanto dos aspectos naturais, como a topografia, o clima e a cobertura vegetal, quanto da trajetória da expansão capitalista não só na 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 europeia 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 à 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. A consolidação dessas populações oriundas do processo migratório imprimiu na região suas características culturais, 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 de 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).

2.5.4.1 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 3.898.391 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 (2000), densidade relativa e população urbano-rural da bacia do rio Uruguai e suas sub-bacias. Fonte: MMA (2006)

Bacia	Sub-bacias nível 1			Sub-bacias nível 2				
	Nome	População (hab)	Densidade (hab/km ²)	Nome	População (hab)	Densidade (hab/km ²)	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	1.099.849	23,12	Uruguai 01	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
			Quaraí	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

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 agrossilvopastoril. 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 urbana 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 (1991), os municípios que compõem a região de estudo são em número de 361. Destes, merecem destaque Lages e Chapecó (SC) e Passo Fundo, Erechim, Iraí, Vacaria e Ijuí (RS).

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 deste, 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 práticas agrícolas menos impactantes, perfazia na época aproximadamente 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 corte e leiteiro 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 impulsionado pelos imigrantes que a colonizaram 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 um importante pólo urbano industrial já a 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. Fonte: MMA (2006)

<i>DADOS DO PIB</i>	<i>Em (R\$ 1.000)</i>
PIB Agricultura	9.010.826,65
PIB Industrial	8.972.288,87
PIB Serviços	10.673.585,62
PIB – Valor agregado	28.656.701,16

2.5.4.2 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 do Alto 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.

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.

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	0,93	36,37	2,5%
Canoas	47,38	0,786	0,082	0,293	0,532	0,783	2,47	44,91	5,1%
Uruguai Nacional	134,64	2,858	0,879	2,584	2,357	0,828	9,50	125,14	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	32,61	6,4%
Uruguai 2	34,91	0,465	0,067	0,642	0,085	24,796	26,05	8,86	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	-10,66	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 Rio Uruguai, em seu curso Binacional Brasil/Argentina possui dois inventários para os estudos de aproveitamentos do seu potencial hidroelétrico, os quais foram realizados pelas empresas estatais Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras S.A) do Brasil e AyE (Água y Energía Eléctrica Sociedad del Estado)/EBISA (Emprendimientos Binacionales S.A.) da Argentina (Eletrobras/Ebisa 2010).

O primeiro inventário foi realizado na década de 70 e, no trecho limítrofe binacional, entre os eixos da barragem de Itapiranga, no território brasileiro, e o limite de jusante dos dois países (no Km 500 nas proximidades de Barra do Quaraí/Brasil) foram inventariados vários eixos de barramento, sendo que os principais são apresentados na Figura 2-9. Do primeiro inventário deste trecho do Rio Uruguai resultou a melhor divisão de quedas apresentada na Figura 2-10, com a seleção das alternativas de Roncador, Garabi e San Pedro - este inventário foi elaborado pelo Consórcio Hidroservice – Hidrened.

Conforme demonstrado na Figura 2-10 na alternativa de projeto do inventário da década de 70 se destacam a inundação dos Saltos Moconá/Yucumã com o aproveitamento de Roncador atingindo o NA máximo na Cota 164 e o barramento de São Pedro na Cota 52, nos limites dos dois países e próximo de Barra do Quaraí/Brasil, em uma região relativamente plana, com muita população e obras de infraestrutura implantadas.

O segundo Inventário Hidroelétrico do Rio Uruguai, no trecho compartilhado entre Argentina e Brasil, foi concluído e apresentado em novembro de 2010 pelas estatais Eletrobrás do Brasil e EBISA (Emprendimientos Binacionales S.A.) da Argentina, sendo que o mesmo foi elaborado pelo Consórcio CNEC/ESIN/PROA (Eletrobras/Ebisa 2010). A área deste estudo envolve o trecho médio da bacia do rio Uruguai, desde a foz do rio Pepirí-Guaçú até a foz do rio Quaraí, que limita o Brasil com o Uruguai, com uma superfície de 116.000 km². Nesse trecho compartilhado Brasil/Argentina, o rio Uruguai percorre cerca de 725 km, tendo na margem esquerda o estado brasileiro do Rio Grande do Sul e na margem direita as províncias argentinas de Misiones e Corrientes.

Neste segundo inventário as estatais Eletrobras/Ebisa (2010) reavaliaram o potencial hidroelétrico identificado na década de 70 e concluíram que o trecho compartilhado entre o Brasil e a Argentina possui um potencial de 2.200 MW, realizável com um conjunto de dois aproveitamentos em cascata, sendo Garabí com reservatório com NA máximo na cota 89,0 m e Panambí na cota 130,0 m, conforme melhor divisão de quedas apresentada na Figura 2-11.

Dos recentes estudos de inventários da Eletrobras/Ebisa (2010) cabe destacar que nas várias fases do Inventário, no trecho binacional Brasil/Argentina, foram estudadas 42 alternativas de divisão de quedas do Rio Uruguai. Destas alternativas constam 10 locais barráveis considerando a existência de boas ombreiras adequadas para o apoio das estruturas hidráulicas, existência de acidentes geográficos (cachoeiras, corredeiras, etc.), menor interferência nas cidades ribeirinhas, relocação de rodovias ou populações, sempre visando a redução do custo do empreendimento. Na fase final dos estudos de inventário de 2010 foram selecionados seis aproveitamentos, incluindo Garabi (89,0m), Roncador (130,0), Roncador (120,5 m), Panambi (130,0 m), Panambi

(120,5 m) e Porto Mauá (130,0 m). Destas alternativas, foram consideradas como melhores os aproveitamentos de Panambi e Garabi, respectivamente, com NA máximo nas cotas 130,0 m e 89,0m, conforme Figura 2-11.

Assim, na Figura 2-11 é apresentada a melhor divisão de quedas do Rio Uruguai, no trecho compartilhado, resultado da primeira fase de projeto deste tipo de empreendimento de geração de energia elétrica. Desta forma, as estatais Eletrobras/Ebisa, recentemente, concluíram pela não inclusão do aproveitamento San Pedro na melhor divisão de queda do Rio Uruguai, dada sua inviabilidade econômica e ambiental, considerando a conjuntura atual.

As estatais Eletrobras/Ebisa (2010) em um informativo sobre o estudo de inventário do Rio Uruguai de 2010 destacam que:

O estudo consistiu na reavaliação do potencial hidrelétrico mediante a identificação do conjunto de aproveitamentos tecnicamente viáveis, através de uma análise multiobjetivo, maximizando a eficiência econômico-energética, associada a um mínimo de impactos ambientais negativos. Adotou-se como premissa o cumprimento das normativas ambientais dos dois países e, em particular, que nenhum dos aproveitamentos considerados afetasse os Saltos de Moconá-Yucumã.

Isto significou definir primeiramente a localização tecnicamente viável dos locais dos aproveitamentos, e com isso determinar todas as alternativas possíveis dividindo a queda disponível no trecho. Para cada alternativa foram definidos os níveis máximos do reservatório e a energia gerada, assim como quantificados os impactos ambientais negativos e os custos associados. A combinação dos indicadores energéticos e ambientais permitiu a seleção da alternativa mais conveniente desde o ponto de vista técnico, econômico e ambiental. (Eletrobras/Ebisa, 2010. pág. 03)

Assim, conforme indicado na Figura 2-11, no segundo inventário Eletrobras/Ebisa (2010) foi eliminado, por questões econômicas e socioambientais, o aproveitamento hidroelétrico de San Pedro e adotado como premissa de projeto para as próximas fases (projeto de viabilidade, básico e executivo) destes empreendimentos potenciais a não inundação dos Saltos Moconá/Yucumã, isto, com a inclusão do projeto da Hidrelétrica de Panambi com o nível máximo do reservatório na cota 130,0.

A Figura 2-12 apresenta a Alternativa C (Porto Mauá 130 e Garabi 89) dos estudos de Inventário Eletrobras/Ebisa (2010) para a seleção da melhor divisão de quedas do trecho compartilhado Brasil/Argentina, a qual foi preterida nos estudos comparativos por questões técnicas e econômicas, uma vez que possui menor capacidade de geração de energia e maiores custos da energia, comparada com a Alternativa B – alternativa mostrada na Figura 2-10 com os aproveitamentos de Panambi (130,0m) e Garabi (89,0m). No entanto, as estatais Eletrobras/Ebisa nos seus estudos finais do Inventário de 2010, com as seis alternativas cotejadas, concluem, também, que é a divisão de quedas com os aproveitamentos de Porto Mauá e Garabi, respectivamente, com NA máximo nas cotas 130,0m e 89,0m a que apresenta o menor impacto ambiental, sobretudo devido às afetações em áreas urbanas. A Figura 2-12 mostra esta alternativa de projeto de engenharia.

Para facilitar o entendimento das diversas alternativas de melhor divisão de quedas envolvidas nos estudos para o aproveitamento do potencial hidroelétrico do Rio

Uruguai foi elaborada a Figura 2-13 que apresenta um perfil longitudinal do Rio Uruguai, com os dois trechos principais que fazem parte do presente estudo e algumas das suas diversas alternativas de projeto de barragens. Destaca-se que na Primeira Etapa do FRAG-RIO foram avaliadas as áreas a montante do eixo de barramento de Itapiranga ou trecho do Alto Uruguai e, na presente etapa, predominantemente, as áreas da margem esquerda do trecho compartilhado entre o Brasil/Argentina ou Médio Uruguai.

Desta maneira, no âmbito das estatais Eletrobras/Ebisa e conforme os seus estudos de alternativas de aproveitamentos hidroelétricos no Rio Uruguai (Eletrobras/Ebisa 2010) permanecem em estudos (técnicos, econômicos e socioambientais), no trecho binacional, como eixos potenciais para a implantação de hidroelétricas os empreendimentos de Panambi na cota 130 e Garabi na cota 89. Já no trecho exclusivamente brasileiro, destacam-se os projetos de Itapiranga, Pai-Querê e Passo da Cadeia.

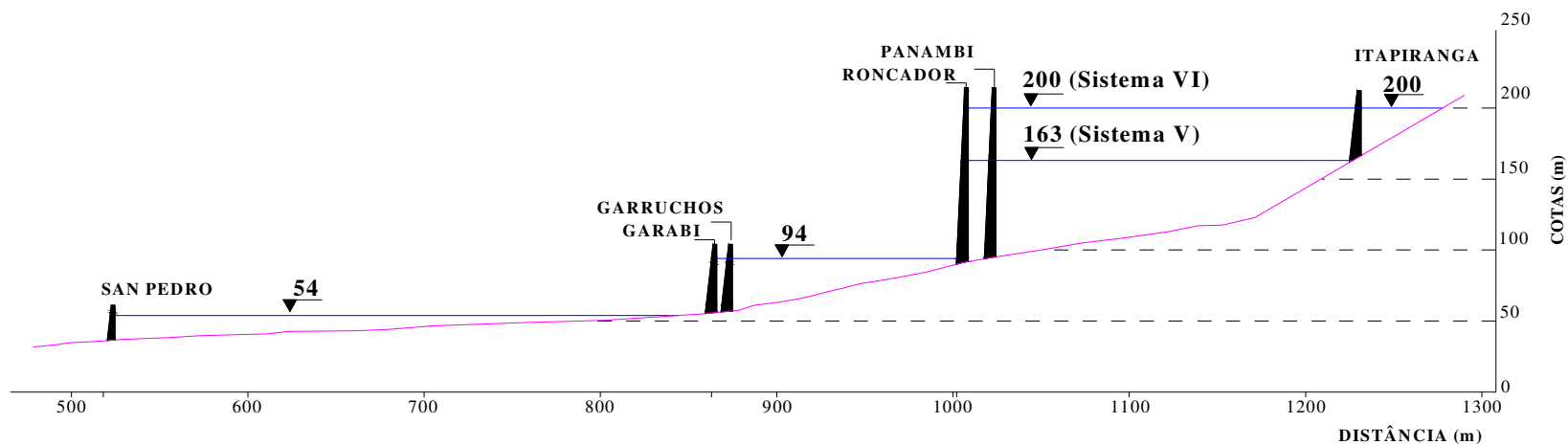


Figura 2-9– Uma das Alternativas de melhor divisão de quedas do Rio Uruguai no trecho compartilhado entre Brasil e Argentina do Inventário da Década de 70. (Fonte: Adaptado de ELETROBRAS/AyE (HIDROSERVECE-HIDRENED) (1974) *apud* ELETROBRAS/EBISA 2010).

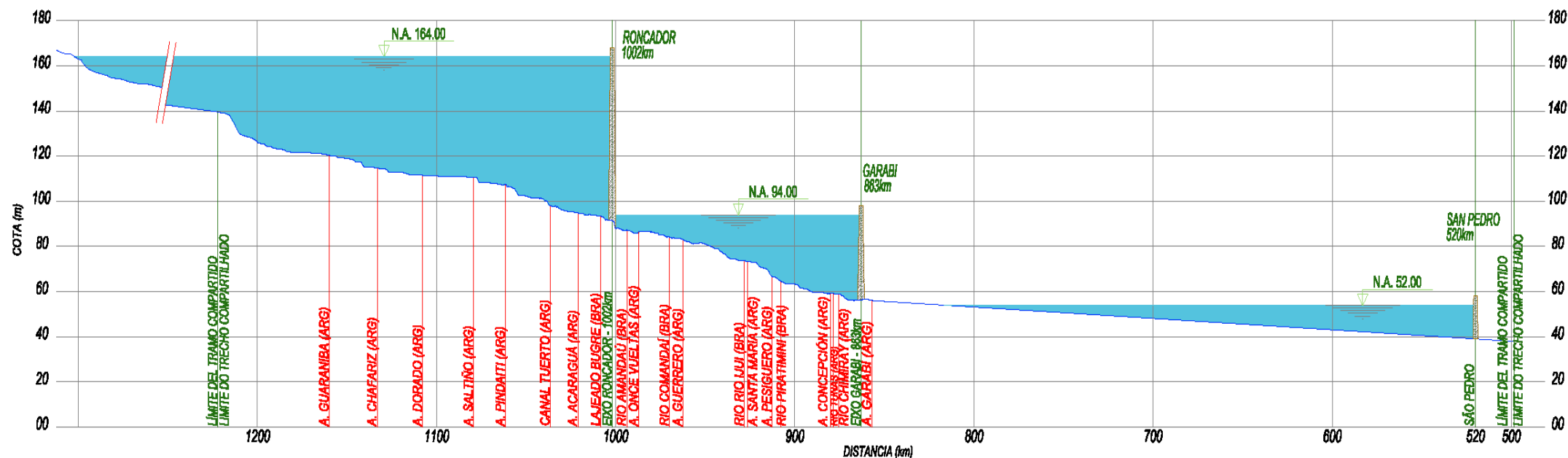


Figura 2-10– Melhor divisão de quedas do Rio Uruguai no trecho compartilhado entre Brasil e Argentina. (Fonte: Inventário da Década de 70 (Eletrobras/Ebisa 2010))

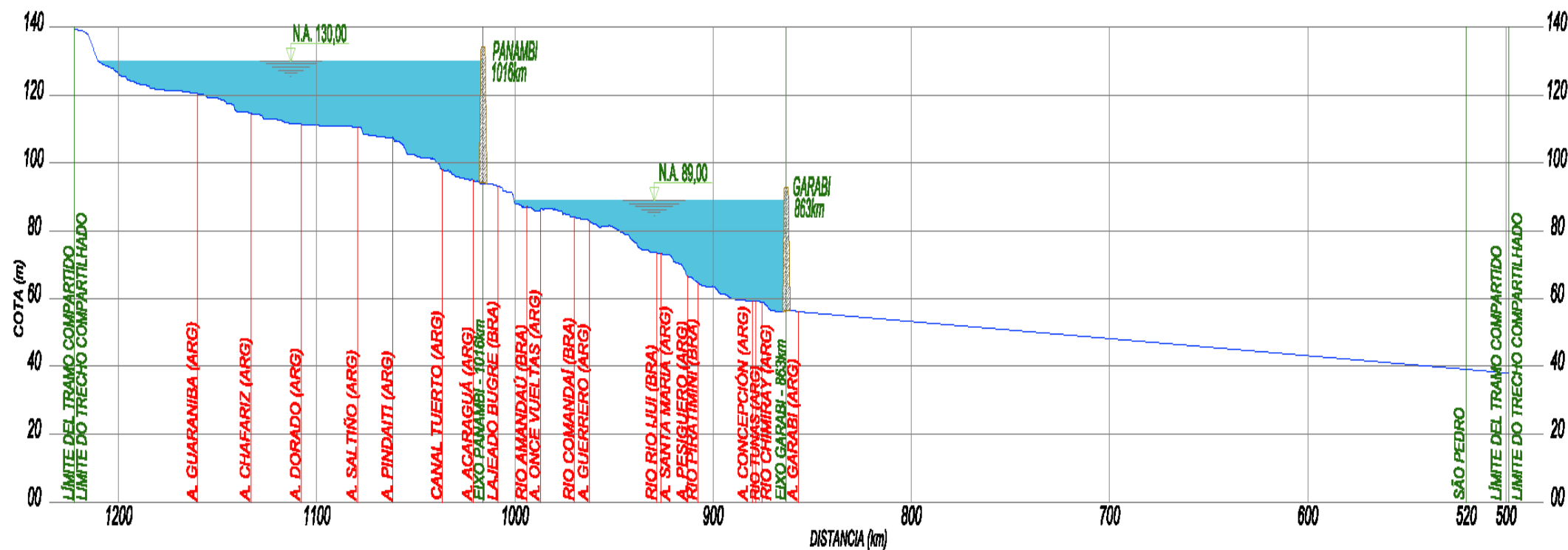


Figura 2-11 Melhor divisão de quedas do Rio Uruguai resultado do Segundo Inventário do Rio Uruguai no trecho compartilhado entre Brasil e Argentina. (Fonte: Inventário de 2010 (Eletrobras/Ebisa 2010)).

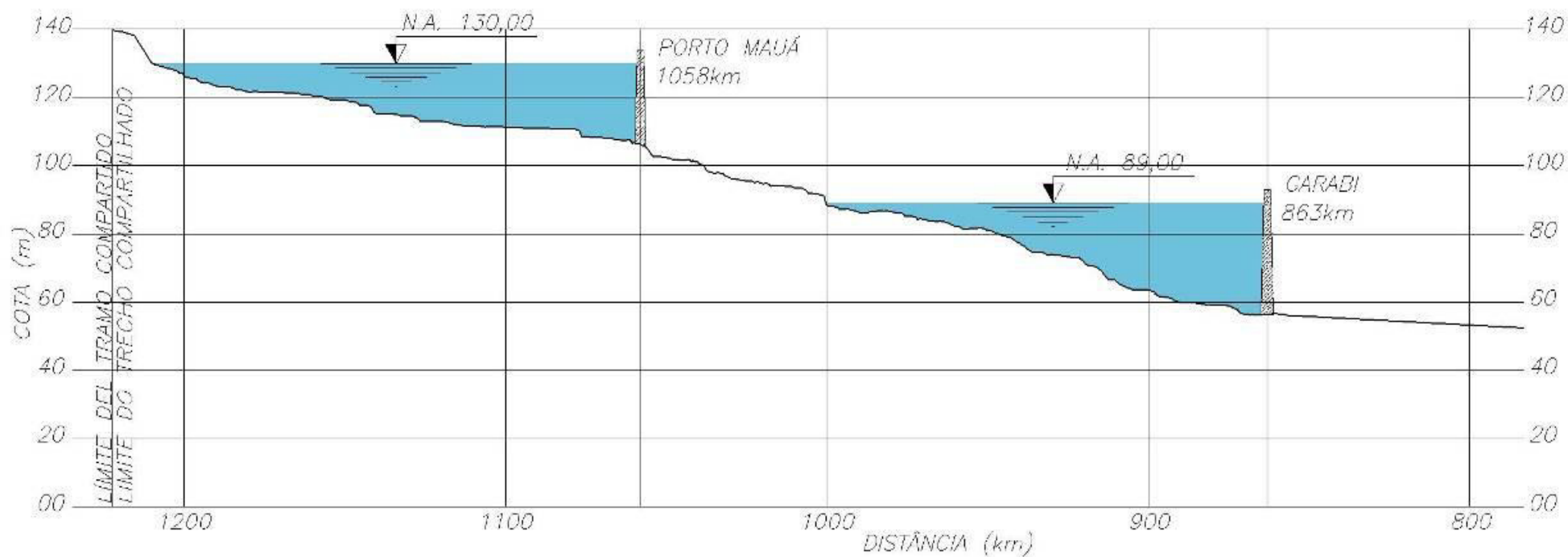


Figura 2-12 Alternativa C do inventário divisão de quedas do Rio Uruguai no trecho compartilhado entre Brasil e Argentina com os aproveitamentos de Porto Mauá (130,0m) e Garabi (89,0m). (Fonte: Inventário de 2010, Eletrobras/Ebisa 2010).

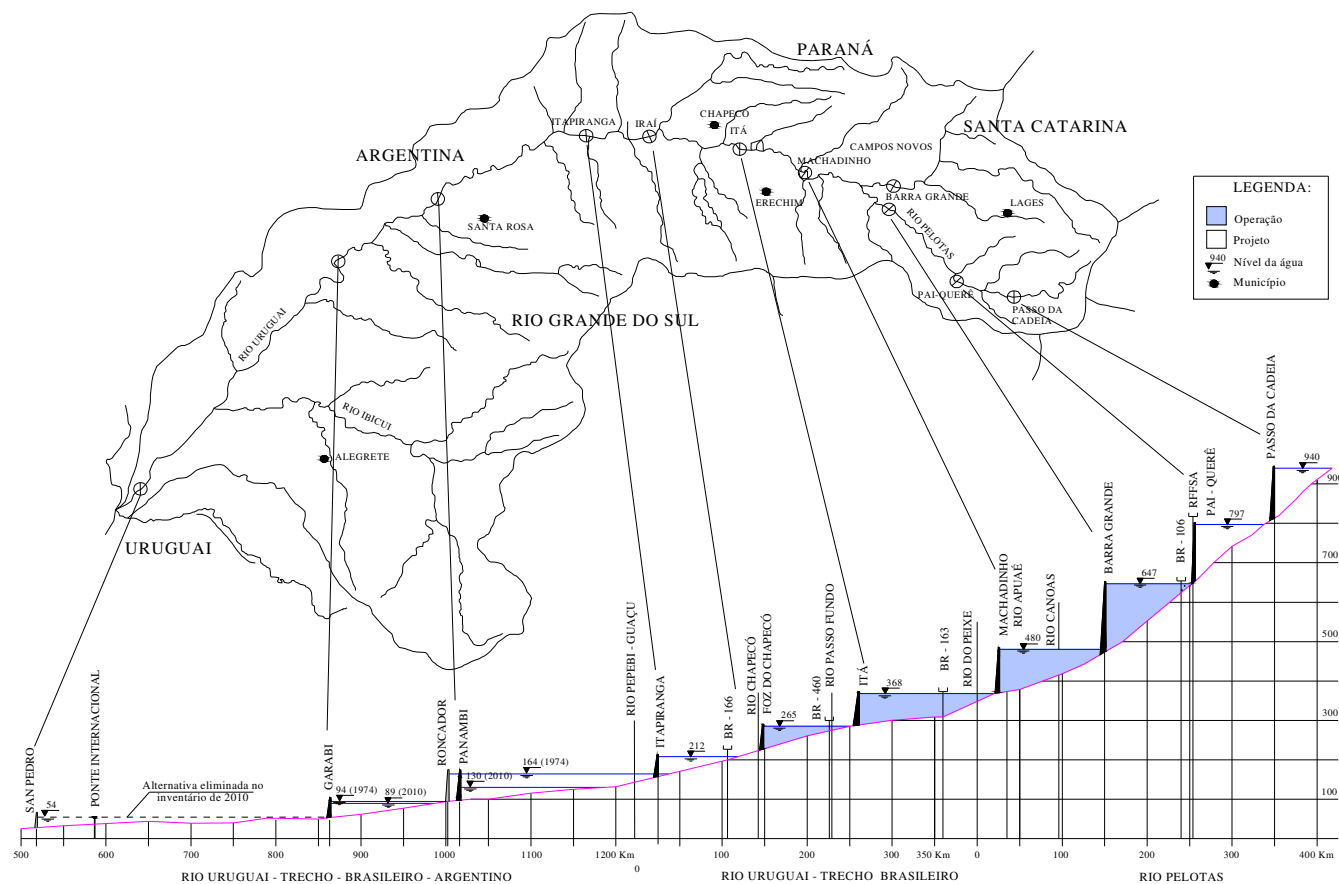


Figura 2-13 Alternativas de melhor divisão de quedas do Alto e Médio Rio Uruguai, com a inclusão dos resultados do Inventário 2010. (Fonte: Adaptado de Imaizumi e Sardinha/ELETROSUL (1983) e ELETROBRAS-EBISA 2010.)

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, em que 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 têm 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 livres 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, 2009⁹). 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

9 “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).

invalida a proposição de RVSs para proteção de áreas de corredores ecológicos de 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 diversos 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 um determinado esforço de pesca. Em resumo, representam a manutenção de biota, dos recursos pesqueiros e dos 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, desde 2001, para as bacias hidrográficas do Taquari-Antas, bacia pertencente à Região Hidrográfica do Guaíba (FEPAM, 2001), Bacia 75, pertencente à Região Hidrográfica do Uruguai (RHU), Médio Uruguai, incluindo os rios Ijuí, Piratinin, Icamaquã e Butuí (FEPAM/UFRGS, 2004), U10, também pertencente à RHU e formada, principalmente, pelos Rios Apuaê e Inhandava no Alto Uruguai (FEPAM/UFSM, 2005) e Inventário de Barragens para Irrigação na Parte Norte do Rio Grande do Sul (UFSM, 2002). 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 decisão.

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 (superficiais e subterrâneos de água, de sedimentos sólidos transportados por erosões e/ou em suspensão, de massas instabilizadas por desmoronamentos ou escorregamentos e outros tipos) são movidos pela gravidade, como os escoamentos, no sentido de montante para jusante; mas em que existem também outros fluxos, nem sempre tão visíveis, porém não menos providos de importância ecológica. Estes fluxos não convencionais resultantes do consumo de energia metabólica dos organismos (que podem mover nutrientes e biomassa no sentido jusante para montante, como os peixes migradores), ou 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 abordagens 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, considerando como um pressuposto a abordagem/modelagem de rios formando uma rede, com fluxos diversos não somente de montante para jusante

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 onde 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 as desconhecidas, o que resultaria em um desvio dos empreendimentos para as essas áreas (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.

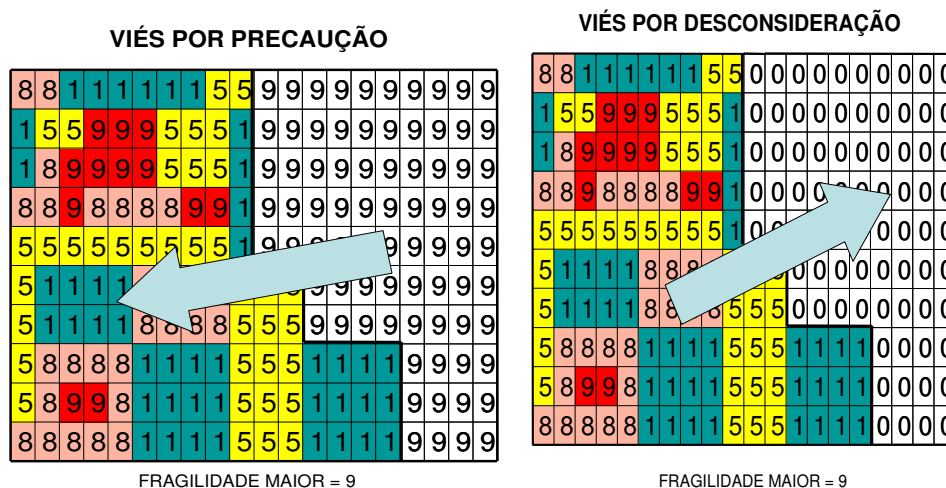


Figura 3-1 Tipos de viés provocados pela não cobertura dos dados em 100% da área de estudo.

O fato de existirem informações somente 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, apresentam-se em escala compatível com a modelagem e o tamanho da área em estudo, e são disponíveis 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! As decisões são tomadas pelos responsáveis pela gestão ambiental!**

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 tanto 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) como 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 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-síntese, que, por conterem informação agregada e sintética, fornecem 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 a tomada de decisão. Expressam as fragilidades (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 as áreas 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) resultando num valor (VA), de acordo com a fórmula:

$VA = \sum (F_i * p_i) = F_1 * p_1 + F_2 * p_2 + \dots + F_n * p_n$ 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 das ponderações, ou seja ($p_1 + p_2 + \dots + p_n$), deve ser igual a 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.

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-síntese 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).

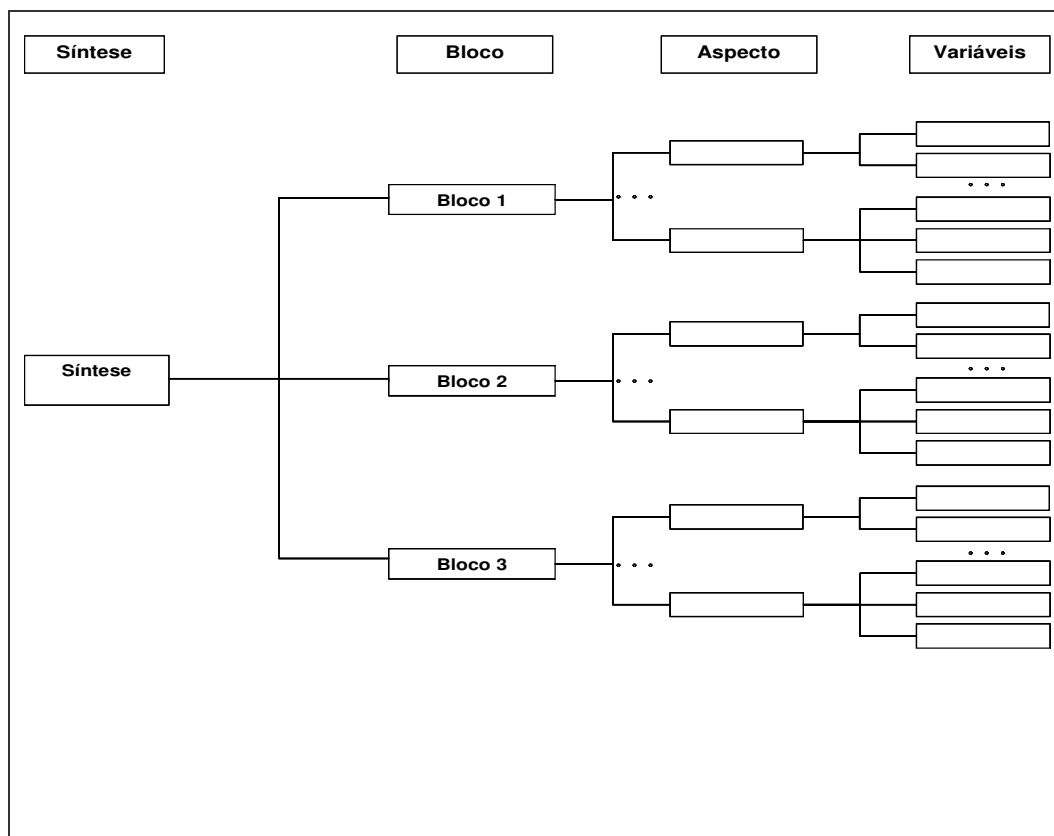


Figura 3-2 Níveis de decisão do Modelo

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. O foco do estudo foi direcionado para avaliação da fragilidade dos trechos de rios quanto à fragmentação, causada não somente por empreendimentos hidrelétricos, mas, também, por barragens de abastecimento público e irrigação. Deste modo, os resultados podem servir de subsídios para avaliação da viabilidade de licenciamento de qualquer tipo de obra que cause fragmentação dos rios.

Com base nos modelos conceituais atuais de rios, foram elencadas variáveis indicadoras de estado ou de pressão compatíveis com a escala de mapeamento, para as quais existem 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 subsidiar a análise de diferentes cenários de implantação de empreendimentos na bacia hidrográfica, assessorando o processo de tomada de decisão 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.

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.

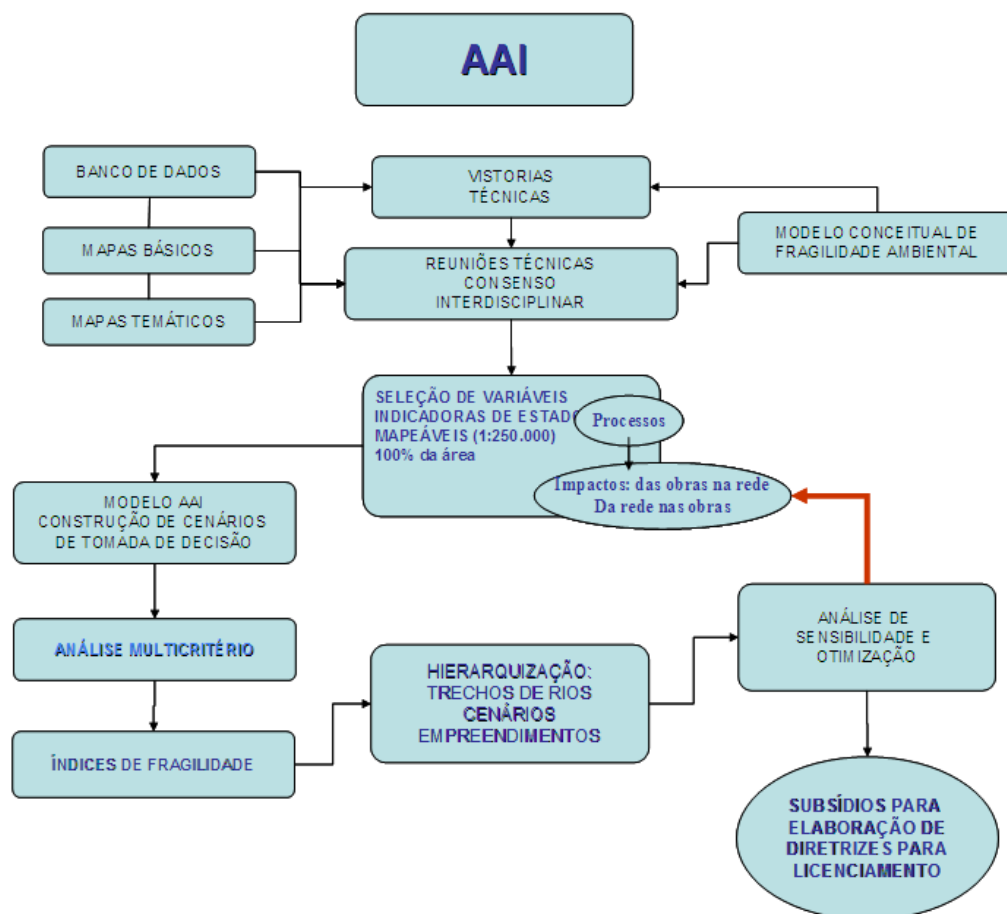


Figura 3-3 Fluxo Metodológico da AAI.

Para uniformizar a linguagem e melhor qualificar a compreensão dos estudos e seus resultados, são listados alguns conceitos que aparecem com frequência, 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 e Conceitos Correlacionados

Uma AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA (AAI) é a construção de produtos sintéticos que integram informações ambientais sobre um determinado território ou uma bacia hidrográfica. 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 (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. Neste trabalho se utiliza o conceito de fragilidade, pois é associado diretamente ao ambiente, enquanto favorabilidade é um conceito relacionado ao empreendimento. Esta distinção representa uma evolução conceitual a partir dos estudos pioneiros de UFSM (2002) e Silveira e Cruz (2005), cujo objeto era a seleção ambiental de barragens, não a hierarquização de trechos de rios quanto a sua fragilidade ambiental.

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, 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 hidráulicos (barragens, tomadas d'água e outros tipos) em um rio ou em trecho de rio. 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 de potencialidades entre empreendimentos, mas, sim, de trechos de rios ou da bacia. Em outras palavras: o objeto da AAI é a bacia hidrográfica ou de trechos de rios que possuam um ou mais locais com potencialidades hidráulicas (vazão, carga hidráulica, correntezas ou todos os elementos que viabilizem, sob o ponto de vista da engenharia, um aproveitamento hidráulico), o que significa que o principal resultado da AAI 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 existentes, 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 locais 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. No caso deste projeto, a unidade de planejamento é uma porção territorial significativa da bacia hidrográfica do rio Uruguai, a qual, inclusive, no seu trecho médio envolve um trecho compartilhado entre o Brasil e a Argentina. 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, em um empreendimento específico. 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 hidráulica 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, tomada d'água, etc.).

4 DESENVOLVIMENTO DAS ETAPAS 1 e 2

4.1 Procedimentos

A Etapa 1 objetivou a formulação de diretrizes para subsidiar a análise da viabilidade de localização das hidrelétricas previstas na área de estudo, no trecho do Alto Uruguai, enquanto a Etapa 2, incluiu toda a região do Alto e parte do Médio Uruguai. A Figura 4-1 apresenta o esquema da organização dos trabalhos na Etapa 1.

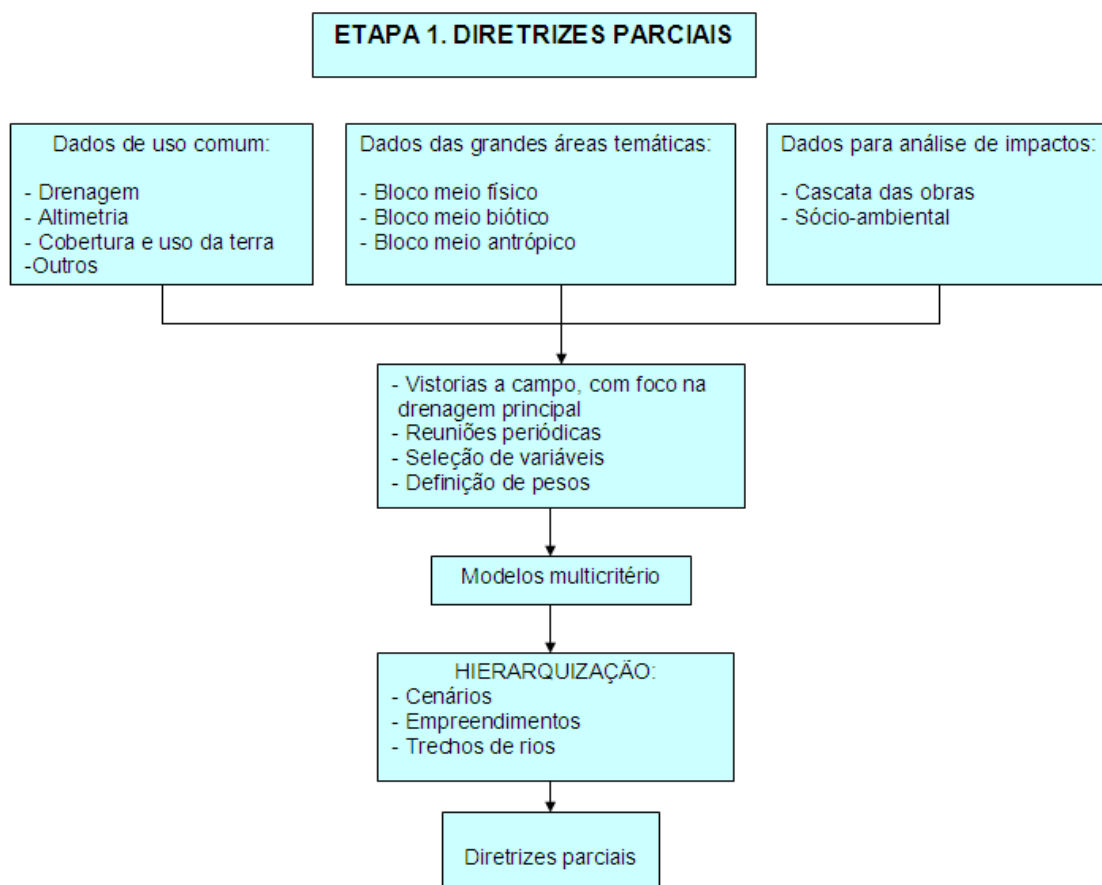


Figura 4-1 Fluxograma da Etapa 1

O bloco dos dados de uso comum envolve a sistematização e geração de dados cadastrais e cartográficos utilizado por 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. Para o desenvolvimento do modelo foram 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 fragilidade ambiental das drenagens (valoração e hierarquia de trechos de rios) e de fragilidade ambiental de barragens (valoração 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.

Na Etapa 2 do projeto, onde inclui-se parte da bacia do Médio Uruguai, uma vez que o modelo já foi concebido, não se fizeram necessários os passos das reuniões públicas e técnicas, a seleção de variáveis nem a definição dos pesos.

4.1.1 Metodologia da Etapa 1

Como a AAIB 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 utilizados 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 os empreendimentos que pudessem fragmentá-la. A própria definição dos padrões e processos relevantes e a 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 3.3, 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. 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 à mesma. 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*.

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 Brasileiro (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 e

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)

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.

4.1.2 Metodologia da Etapa 2

A metodologia da Etapa 2 foi muito simplificada com relação a Etapa 1. Os procedimentos de elaboração dos mapas das variáveis e dos aspectos, pesos e valores de fragilidades foram realizados com os critérios definidos na Etapa 1.

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 da Primeira Etapa

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, DRH/RS, SDS/SC, IBAMA/DF 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 Itá. No dia 21 se percorreu de barco as margens do lago, observando aspectos da geologia, geotecnia, saneamento e conservação do solo. Após, a equipe deslocou-se até a barragem de Machadinho, tendo 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/DF 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.

4.2.2 Expedições a Campo da Segunda Etapa

4.2.2.1 Primeira Expedição

A primeira expedição foi realizada entre os dias 10 e 13 de março de 2010. Foi uma viagem de reconhecimento da bacia do rio Uruguai, região incluída na segunda etapa do Projeto FRAG-RIO. Foram realizadas visitas técnicas nos principais locais no rio Uruguai como a reserva do Turvo, Porto Mauá, Porto Vera Cruz, Porto Lucena, locais de eixos inventariados como Garabi e Panambi, reserva do Banhado do São Donato. Foram feitas observações visuais e fotográficas, e entrevistas com pessoas dos locais. O principal foco desta expedição foi a vistoria sob o ponto de vista físico e biológico. Participaram desta expedição pesquisadores da UFSM e UNIPAMPA.

4.2.2.2 Segunda Expedição

A segunda expedição foi realizada entre os dias 10 a 13 de abril de 2010. Esta expedição foi realizada por equipe diferenciada da primeira, e com objetivo principal em realizar pesquisa relativa ao meio antrópico, e anotar mais informações do biótico. A viagem de reconhecimento foi realizada seguindo o mesmo roteiro da primeira expedição, tendo também sido feitas observações visuais e fotográficas, e entrevistas com pessoas dos locais.

4.2.3 Reuniões Técnicas e Públicas – Primeira Etapa

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 todo 9 reuniões, a seguir listadas Quadro 4-1:

Quadro 4-1 Reuniões técnicas realizadas

Data	Local	Instituições participantes	Principais resultados
31/07/2008	SUPERINT. IBAMA/SC	MMA, IBAMA, SDS/DRHI	Exposição da abordagem metodológica e discussão do modelo conceitual.
10/09/2008	Mondaí/SC	FATMA, FEPAM, DRH/RS, SDS/SC, IBAMA/DF 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/DF 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.

Data	Local	Instituições participantes	Principais resultados
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, 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, SDS/SC, FATMA, IBAMA, FEPAM, UFSM, UNIPAMPA.	Apresentação e discussão dos resultados da Primeira Etapa e discussão para elaboração das Diretrizes Parciais.

4.3 Cenários utilizados na Etapa I

Os cenários utilizados na Etapa I 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 foi 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 a 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 a 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, foi decidido, 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 a 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 a 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), cujos efeitos da implantação têm 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.

4.4 Cenários utilizados na Etapa II

Atendidas as demandas do MMA para a avaliação dos trechos remanescentes de rio principal na região do Uruguai Alto, incluindo os trechos situados à montante da UHE Barra Garnde e o trecho situado à jusante da UHE Foz do Chapecó, a equipe técnica, ao analisar a necessidade de inclusão de PCHs e CGHs na análise, bem como devido à grande velocidade com que estão sendo atualizados os inventários, decidiu considerar nas análises somente o cenário atual, dado o elevado grau de fragmentação da bacia, e incluindo uma análise mais detalhada somente quanto aos efeitos das represas projetadas de Garabi e Panambi.

Deste modo, somente dois cenários foram analisados:

- Cenário Atual: contemplando todas as UHEs, PCHs e CGHs presentes no SIGEL como em operação ou implantação.
- Cenário Alternativo: contemplando todos os empreendimentos do Cenário Atual mais as UHEs Garabi e Panambi.

Tendo em vista a grande quantidade de empreendimentos existentes, para análise do grau de fragilidade de cada trecho, serão qualitativamente levados em consideração os empreendimentos presentes no SIGEL não incluídos no Cenário Atual. Esta análise visa identificar possíveis conflitos com políticas de licenciamento ambiental já estabelecidas no Rio Grande do Sul pela FEPAM (que já tem a prática de seleção e definição de trechos de rios livres de barragens) ou com prioridades de conservação identificadas em políticas setoriais.

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 e Geomorfologia, Estabilidade de Encostas, Fragilidade à Erosão, Áreas de Mineração e Contaminação das Águas Superficiais e Subterrâneas (aquíferos). No Quadro 5-1 estão representados os aspectos do meio físico, as variáveis associadas a cada um deles e sua importância no contexto do presente estudo.

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

Aspecto	Variável(is) associada(s) Valores de 1 a 255 1 = máxima fragilidade 255 = fragilidade mínima	Importância
Geologia e Geomorfologia	- Geologia Litologia; - Declividade = solos - Água subterrânea (sup. potenciométrica - zona vadosa + lineamentos tectônicos - lava água mineral); - Geomorfologia.	Qualidade da rocha, resistência ao intemperismo, resistência mecânica associados à declividade originando diferentes modelados de relevo. Avaliação de lineamentos, superfície potenciométrica - zona vadosa associados à probabilidade de impactos em aquíferos.
Estabilidade de Encostas	- Geologia (Litologia); - Declividade; - Geomorfologia.	Probabilidade de ocorrerem movimentos de massa e áreas de risco.
Fragilidade à Erosão	- 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	- 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	- 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 e Geomorfologia, indicando os cruzamentos realizados entre elas, obtendo como resultado a fragilidade deste aspecto.

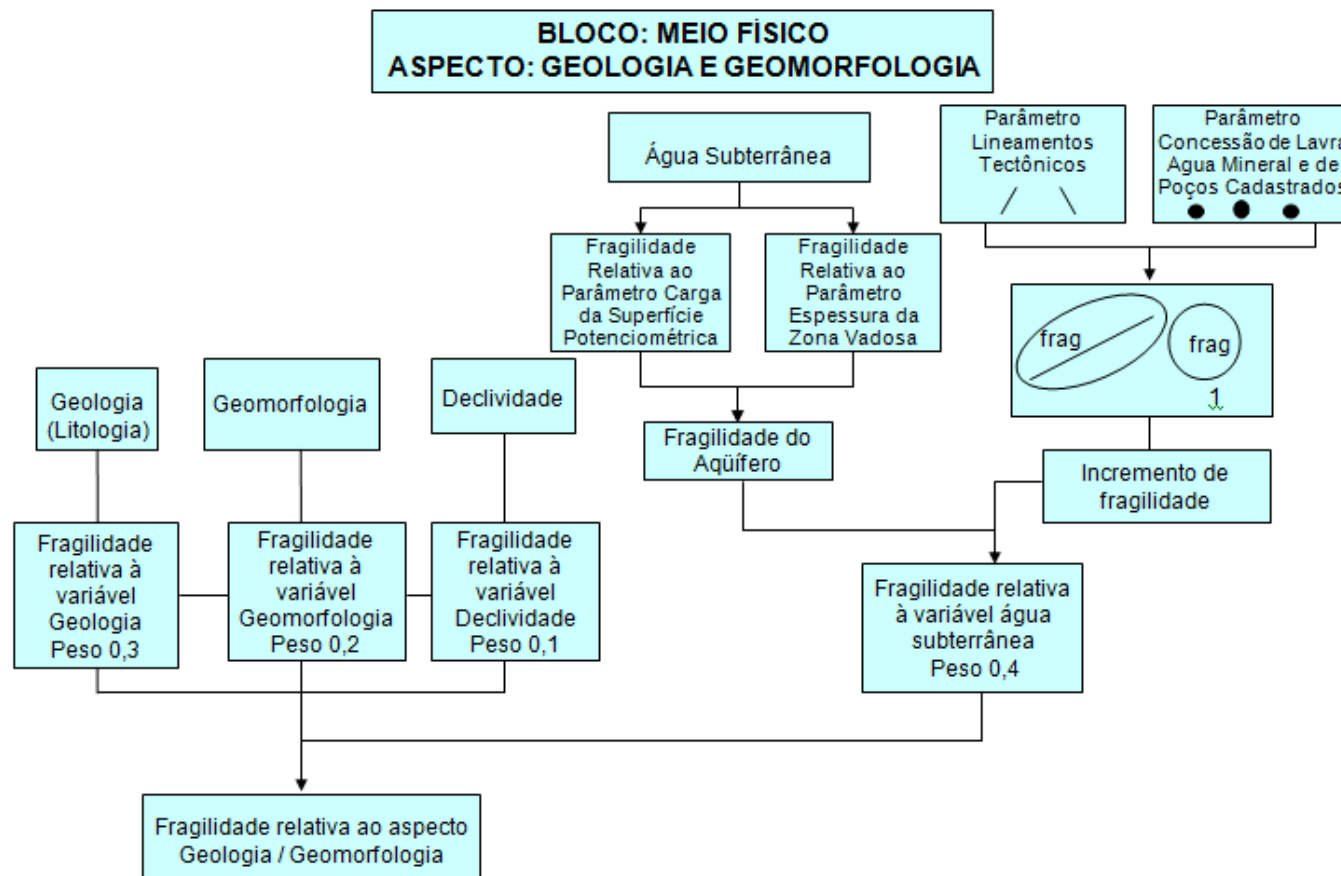


Figura 5-1 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Geologia e Geomorfologia

5.1.1.1 Variável Geologia

A geologia das Bacias do Alto e Médio Uruguai foi obtida da Carta do Brasil ao Milionésimo da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais/CPRM (2003), com uma modificação que consistiu no agrupamento dos 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, que estão representadas na Figura 5-7 (p.118).

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 sudeste e norte-noroeste da bacia do Alto Uruguai e a jusante da bacia do Médio Uruguai apresentada na escala deste projeto (Quadro 5-2).

No Rio Grande do Sul, sobre a Formação Serra Geral ocorrem os arenitos friáveis da Formação Tupanciretã, ao sul da bacia do Alto Uruguai e a leste, na porção intermediária do Médio Uruguai.

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

Quadro 5-2 Unidades Geológicas da bacias do Alto e Médio Uruguai. Modificado de Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (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
Paleozóico	Permiano	Passa Dois	Rio do Rasto	Pelitos, arenitos
			Teresina	Siltito argiloso
			Serra Alta	Argilito, siltito, folhelho
		Passa Dois	Irati	Calcário, folhelho
		Guatá	Palermo	Arenito, siltito
		Guatá	Rio Bonito	Arenito, siltito carbonoso
		Itararé	Indiviso	Arenitos finos, argilitos e folhelhos

Os valores atribuídos para as litologias consideraram a fragilidade das rochas em relação à alteração pelo intemperismo e à sua resistência geomecânica. Desta forma, as rochas ígneas intermediárias e ácidas receberam notas mais altas (mais resistentes aos processos intempéricos) e as rochas sedimentares notas mais baixas. Na Tabela 5-1 estão ilustradas as diferentes formações geológicas suas litologias componentes, associadas a sua fragilidade.

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

Formações geológicas	Litologia	Fragilidade
Depósitos Aluvionares	areias, cascalhos	32
Formação Tupanciretã	arenitos	64
Intrusões Ígneas-Lages	sienitos, carbonatitos	96
Formação Serra Geral-Vulcânicas básicas	basaltos, andesitos	191
Formação Serra Geral-Vulcânicas intermediárias e ácidas	riolitos, riodacitos, dacitos	255
Formação Botucatu	quartzo-arenitos	159
(Fm. Rio do Rasto)	Pelito e arenito com predominância de camadas tabulares	140
Formação Teresina	siltito-argiloso	128
Formação Serra Alta	argilito, folhelho, siltito	128
Formação Irati	calcário, folhelho	96
Formação Palermo	arenito, siltito	128
Indiviso	arenito, diamictito, folhelho	96

O mapa de fragilidade relativa à variável geologia (Figura 5-8, p. 119) aponta as regiões do Domo de Lages, os depósitos aluvionares associados aos rios Icamaquã e Botuú (Médio Uruguai) e as rochas da Formação 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 do Alto Uruguai e ao sul do rio Pelotas e a jusante da bacia do Médio Uruguai, apresentam uma fragilidade também baixa, porém com resistência geomecânica mais alta. 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 desqualifica ou venha a impor restrições ou diretrizes específicas em relação a valores de fragilidade.

Assim, o mapa de fragilidades relativo à variável Geologia (Figura 5-8, p.119) 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 grande qualidade para a implantação de grandes reservatórios d'água e barragens, com arranjos otimizados pelo aproveitamento de meandros dos rios.

5.1.1.2 Variável Geomorfologia

O relevo das bacias do Alto e Médio Uruguai é constituído por uma série de patamares em forma de degraus, formados 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 Alto e Médio 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, Icamaquã, 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. São comuns as feições tipo carste, como dolinas e uvalas, nos patamares formados preferencialmente por rochas vulcânicas ácidas. Estas feições circulares ou ovaladas podem estar secas ou com água e desta forma são utilizadas comumente para dessedentação de animais. (Foto 5-1)



Foto 5-1 Dolinas em rochas vulcânicas na bacia do Alto Uruguai

Na bacia do Alto Uruguai as cotas altimétricas mais elevadas ocorrem na porção leste, junto à região de provável implantação do AHE Passo da Cadeia e da UHE Pai Querê. Na porção oeste, em direção ao local de provável instalação da UHE Itapiranga,

as cotas caem gradativamente. Já na bacia do Médio Uruguai, as partes mais elevadas encontram-se a leste e as mais baixas, na sua porção de jusante, junto ao município de São Borja.

A variação de altimetria, com grandes desníveis entre as partes interfluviais e o fundo do vale dos rios Uruguai e Pelotas, e Icamaquã por exemplo, se dá em função do aprofundamento da drenagem que apresenta vales encaixados em vários trechos de seu curso, como, por exemplo, no trecho em que está prevista a UHE Pai Querê (Alto Uruguai), 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 RADAMBRASIL (1986).

Os modelados de relevo que ocorrem na área são: Acumulação, Aplainamento e Dissecção. O modelado de relevo Dissecção, definido pela combinação das variáveis Densidade de Drenagem e Aprofundamento, foi dividido em três categorias com relação a sua intensidade: D1 (aprofundamento de 20 m a 50 m), D2 (aprofundamento de 50 m a 150 m) e D3 (aprofundamento acima de 150 m). O Quadro 5-3 apresenta os tipos de modelados de relevo que ocorrem nas Bacias do Alto e Médio Uruguai.

Grande parte da área das Bacias do Alto e Médio Uruguai apresentam modelado de relevo de dissecção de fraca intensidade (D1), com aprofundamento de vales entre 20 m e 50 m (Figura 5-9).

Na porção sudeste da bacia do Alto Uruguai, como no entorno do rio Canoas e na porção de jusante da bacia do Médio Uruguai ocorrem a maioria dos modelados de aplainamento, isto é, modelos de relevo com topos achatados, localizados em regiões de altitudes elevadas.

Os modelados D2 e D3, que indicam maior intensidade de dissecção, ocorrem predominantemente na porção de médio e alto curso do Alto Uruguai, no entorno do rio Pelotas e no trecho em que está previsto o AHE Passo da Cadeia. Também ocorrem na porção média da bacia do Médio Uruguai. 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 (Foto 5-2 e Foto 5-3).

Quadro 5-3 Modelados de relevo da Bacia do Alto e Médio Uruguai. Fonte: RADAMBRASIL (1986)

Tipos de modelados de relevo		Morfologia e depósitos superficiais	Processos predominantes
Acumulação (A)		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 (P)		Modelado aplainado, levemente ondulado, colúvios com linhas de pedra e fraca dissecção. 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.
Dissecção	D1	Modelado côncavo-convexo com aprofundamento de 20 m a 50 m.	Escoamento freático e movimentos de massa. Escoamento superficial

Tipos de modelados de relevo		Morfologia e depósitos superficiais	Processos predominantes
		Densidade de drenagem variando de fina à grosseira. Inclinação de vertentes entre 10 e 18 graus. Movimentos de massa, sulcos, ravinas e vossorocas. Colúvios e lajeados são comuns.	difuso e concentrado. Movimentos de massa rápidos e pontuais.
	D2	Modelado convexo-côncavo com aprofundamento entre 50 m e 150 m. 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 e 45 graus ou maior que 45 graus. Aprofundamentos maiores que 150 m. Esporões, cristas, escarpas, cornijas, leitos rochosos. Colúvios com espessura variada, presença de tálus.	Movimentos de massa lentos. Movimentos de massa concentrados e esporádicos.



Foto 5-2 Vista geral 1 da calha do rio Pelotas no trecho em que esta previsto o AHE Passo da Cadeia – rio com leito rochoso, vale profundo e com margens íngremes rochosas e com pouca cobertura de solos.



Foto 5-3 Vista geral 2 da calha do rio Pelotas no trecho em que está previsto o AHE 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 a Variável 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 5-10, p.121. As Fotos 5-4 a 5-8 (p. 99 a p.101) ilustram o relevo observado na região de estudo.

Tabela 5-2 Notas de fragilidade para a Variável Geomorfologia relativas ao Aspecto Geologia e 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

Áreas de mais alta fragilidade encontram-se na bacia do Alto Uruguai em sua porção de médio curso, no extremo oeste e no leste referente às elevações associadas ao Domo de Lages. Grande parte da bacia do Médio Uruguai apresenta fragilidade média e baixa, especialmente em sua porção de jusante.



Foto 5-4 Vista geral do Parque Estadual do Turvo. Ao fundo queda d'água associada a falha geológica, leito rochoso do rio.



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



Foto 5-6 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 5-7 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 5-8 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 ocorrência de terrenos coluvionares espessos

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 fragilidades relativo à variável declividade pode ser visto na Figura 5-11, p. 122. A maior fragilidade da bacia em relação à declividade encontra-se no entorno do rio Uruguai (bacia do Alto Uruguai) na sua porção de médio curso e na porção noroeste. Encontram-se também regiões de fragilidades elevadas no entorno do Domo de Lages e da calha do rio Canoas. Na bacia do Médio Uruguai as maiores fragilidades encontram-se próximo à calha do rio Uruguai na sua porção de montante nos municípios de Derrubadas e Porto Xavier.

5.1.1.4 Variável Água Subterrânea

A região da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai pertence à Bacia Sedimentar do Paraná e é composta de rochas vulcânicas e sedimentares. As rochas vulcânicas de composição básica (basaltos e andesitos) bem como ácidas (riólitos e granófiros) 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, em nível de afloramentos ou de perfis de captações, relacionadas às ocorrências de fraturas, fissuras e diáclases verticais e sub-horizontais, podendo a rocha também apresentar aspectos maciços, amigdalóides e vesiculares, o que lhe confere anisotropia e porosidade secundária.

Nos tipos ácidos predominam as fraturas sub-horizontais, enquanto que nos básicos predominam as fraturas verticais a sub-verticais. Este conjunto de derrames vulcânicos de espessura variável dentro da Bacia Sedimentar do Paraná pode atingir mais de 1.500 m. Estas rochas formam um aquífero cristalino fissural também conhecido como Sistema Aquífero Serra Geral/SASG (OAS/SAP, 2009).

As rochas sedimentares porosas de diferentes idades ocorrem expostas em afloramentos e também em profundidades variáveis e são relativas às Formações Botucatu e Guará e ao Grupo Rosário do Sul, constituindo várias unidades hidroestratigráficas reunidas no Sistema Aquífero Guarani/SAG. Já a Formação Rio do Rasto (CPRM, 2008) e a Formação Irati são consideradas Pré-SAG, as quais apresentam diferentes estruturas sedimentares primárias, bem como variações nas frações areia, silte e argila. Este arcabouço lhes confere a condição de reservatórios, apresentando diferentes proporções na razão porosidade/permeabilidade, nas vazões de exploração, bem como nas suas cargas hidráulicas.

Considerando-se que as captações através de poços tubulares penetram ou podem penetrar várias unidades hidroestratigráficas, separou-se os aquíferos de forma simplificada em: um sistema aquífero fissural, confinado constituído de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral/SASG, e um sistema aquífero poroso intergranular, livre a semi-confinado constituído por várias unidades hidroestratigráficas sedimentares denominadas de SAG e Pré-SAG. O Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável (PSAG, 2009 e OAS, SAP, 2009) estabeleceram uma subdivisão destes aquíferos segundo seu grau de confinamento, com vistas a sua proteção, em três zonas: a) Zonas de Afloramento (ZA), b) Zona de Confinamento (ZC), e c) Zona de Forte Confinamento (ZFC). Nas áreas da (ZA), o aquífero é do tipo livre (ou semiconfinado em algumas situações) podem atuar como zonas de recarga e descarga. Existe interação entre as águas subterrâneas e as superficiais e, geralmente, os fluxos de base dos rios e de outros corpos de água equivalem às descargas geradas a partir do SAG. As (ZC) são aquelas imediatamente adjacentes às áreas de afloramento (10 a 50 km de largura), onde o basalto fraturado acima do SAG pode alcançar até

100m de espessura. Nas (ZFC) são todas as áreas do SAG com espessuras confinantes de basalto superior a 100m.

Considerando-se a escala do trabalho, que abrange dois estados, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, as unidades geológicas presentes na Bacia do Rio Uruguai fazem parte de 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, aflorante em parte da área em estudo (ZA) (PSAG, 2009), ocorrendo, por exemplo, nos municípios de Itaqui, Maçambará e Alegrete/RS. O Município de Três Arroios no RS é um exemplo da (ZFC) do SAG. Ainda pode ocorrer na forma de interderrame (*intertraps*) nas bordas da Bacia do Paraná, formando a (ZC), por exemplo, no município de São Borja/RS. Esta porção da borda da Bacia do Paraná apresenta-se em cotas altimétricas variadas. Pode apresentar águas doces, mas também salobras, comumente bicarbonatadas cálcio-magnesianas, sódicas e mistas, potáveis de mesa, (BRASIL, DNPM, 2011) e utilizadas para abastecimento humano.

No Estado do Rio Grande do Sul as águas subterrâneas podem apresentar concentrações anômalas de flúor, tanto em (ZFC), como nos municípios de Três Arroios e Santo Ângelo, bem como na (ZC) e em (ZA) do SAG. Estas ocorrem fora da área em estudo (Silvério da Silva et al., 2002 e 2008). Pontualmente podem apresentar hidrotermalismo e serem utilizadas para lazer em Estâncias Hidrominerais (Ex. Itá, Piratuba, Campos Novos, Águas de Chapecó, Palmitos, Presidente Castelo Branco, São João D'Oeste, São Carlos em Santa Catarina. No Estado do Rio Grande do Sul ocorrem nos Municípios de Erechim, Três Arroios, Marcelino Ramos, Machadinho na área do estudo).

De acordo com CPRM (2002) - Projeto Oeste de Santa Catarina/PROESC, o Sistema Aquífero Guarani (SAG) no oeste do Estado de Santa Catarina ocorre em profundidades que variam de 360 m, registrada nos poços dos Municípios de Itá e Tangará, a 1.267 m em poço profundo de São João D'Oeste. Já no Estado do Rio Grande do Sul o topo das camadas sedimentares pertencentes ao SAG ocorrem em diferentes profundidades como cerca de 480m no município de Três Arroios na (ZFC), e cerca de 99 m, na (ZC), no município de Itaqui.

No Estado do Rio Grande do Sul ocorrem muito localizadamente poços que penetram a unidade hidroestratigráfica Formação Tupanciretã, como no município de mesmo nome considerado Pós-SASG. Uma vez que ela contém clastos de diferentes dimensões de ágatas, considera-se que sua fonte sejam as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.

Domínio 5 - Rochas vulcânicas (Aquífero cristalino fissural): engloba parte dos Estados do RS, SC e ainda PR, SP, GO, MT, MS, MG. Constitui o Sistema Aquífero Serra Geral/SASG (fissural) utilizado frequentemente pela Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN e Companhia Catarinense de Água e Saneamento – CASAN para captação para abastecimento humano em diversos municípios. Além destas, as prefeituras municipais captam água destes poços para abastecimento tanto urbano quanto rural e ainda, diversos segmentos industriais.

A Figura 5-2 (p.104) ilustra os principais sistemas aquíferos penetrados por captações na área do estudo nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Observar a variabilidade da cota altimétrica do topo do Sistema Aquífero Guarani entre

1.267 m a 360 m. Esta área, em certos pontos, devido ao seu confinamento, apresenta condições de hidrotermalismo do SAG. 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-existentis disponíveis no (SIAGAS/CPRM e/ou no SIGHIDRO/DNPM). Estas fraturas de grandes dimensões e profundidades podem favorecer misturas de águas do Pré-SAG com o SAG e destes com o SASG.

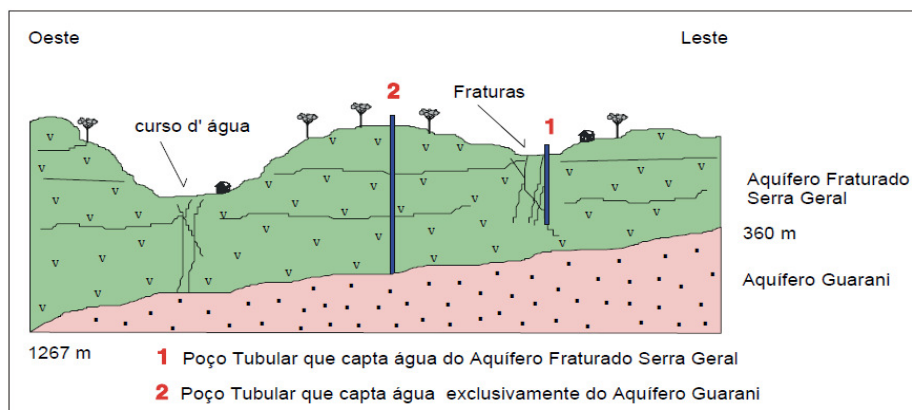


Figura 5-2 Sistemas Aquíferos existentes na Região Oeste Catarinense (Fonte CPRM 2002) PROESC.

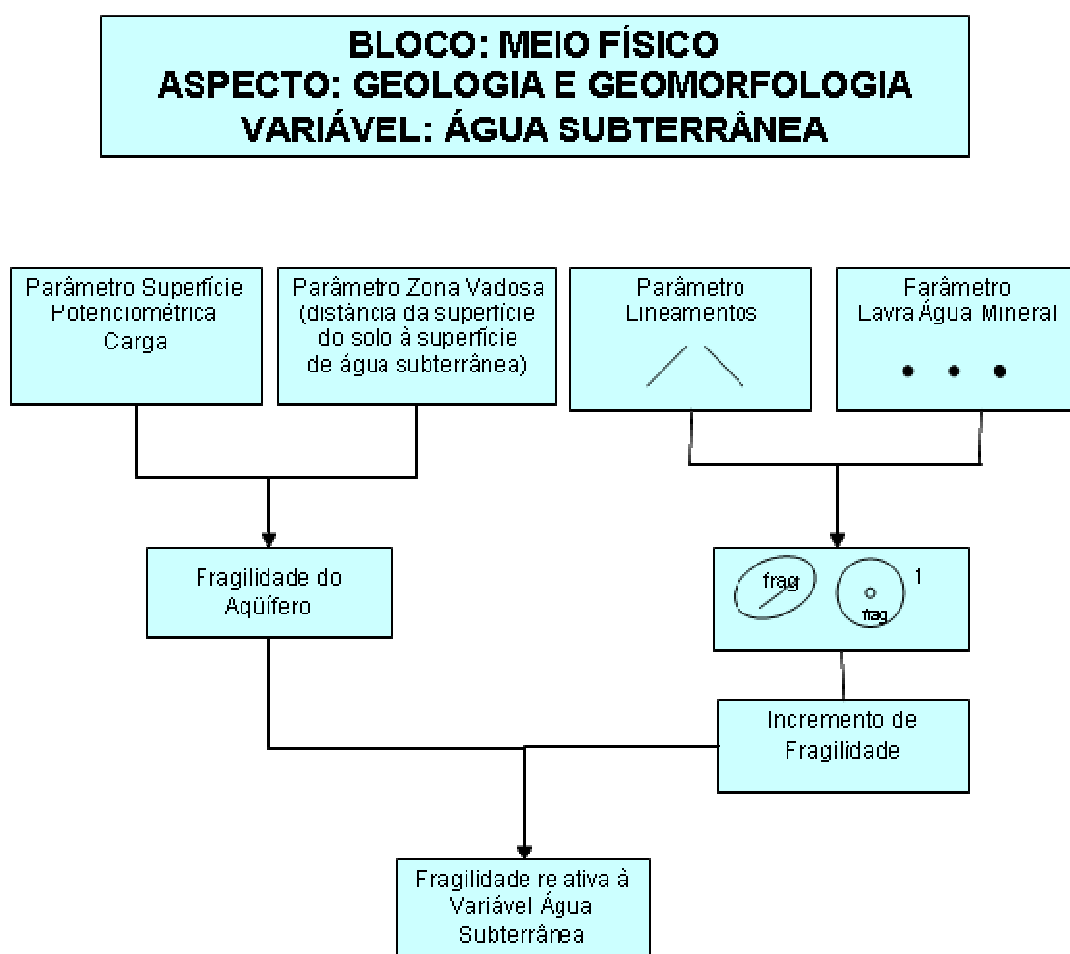
De acordo com CPRM (2002), dos 2.723 poços tubulares cadastrados no oeste catarinense, 2.714 captam água do Aquífero Serra Geral, com profundidades variando entre 24 m e 310 m (média de 117 m). Alguns destes poços possuem concessões de lavra junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM para engarrafamento de água mineral e para utilização em estância hidrotermais (BRASIL/DNPM/SIGHIDRO, 2011) - Banco de Dados das Fontes Hidrominerais do Brasil, onde se podem visualizar os balneários, balneário/engarrafamento e ainda engarrafamentos. Em SC, na área do estudo, existem engarrafamentos em Caçador, Curitiba e Lages enquanto no RS, em Santa Rosa e em Cerro Largo.

Na área estudada, os aspectos geológicos, em escala regional, apresentam homogeneidade litológica e composicional, rocha básica (teor em SiO_2 entre 45 a 52% e rocha ácida com teor em SiO_2 superior a 65%). Porém mostram 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 (Foto 5-9, p.113). Além disto, há um potencial de águas para abastecimento humano, bem como sítios hidrotermais relativos aos Sistema Aquíferos Guarani/SAG e Serra Geral/SASG.

Neste estudo, a fragilidade relativa à Variável Água Subterrânea foi avaliada com base nos seguintes parâmetros: carga da Superfície Potenciométrica, Espessura da Zona Vadosa, Lineamentos tectônicos (fraturas de grandes dimensões na escala de quilômetros) e concessões de lavra de água mineral e/ou balneários hidrotermais cadastrados no BRASIL/DNPM/SIGHIDRO (2011), conforme fluxograma apresentado na Figura 5-3 (p. 105). 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 dos tipos de aquíferos, livres, confinados, semiconfinados e de sua recarga ou descarga de base para os cursos de água.

Da mesma forma, deve ser considerada a existência dos empreendimentos de lazer representados pelas estâncias hidrotermais, os quais contribuem com recursos econômicos para a região e o país na forma de turismo interno e externo, devendo ser considerados quando da realização de estudos de licenciamentos ambientais para empreendimentos de usinas hidroelétricas em Bacias Hidrográficas, buscando a proteção destes mananciais subterrâneos, bem como a manutenção de sua termalidade natural associada a fraturas e lineamentos tectônicos.



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	1,3
	> 250 m³/dia – 2500 m	1,2
	> 2500 m	1

Figura 5-3 Fluxograma para obtenção da Fragilidade da Variável Água Subterrânea do Aspecto Geologia e Geomorfologia

Considerando que, na maior parte da área do estudo, o aquífero pode ser classificado como cristalino fraturado, com comportamento heterogêneo e anisotrópico, a utilização dos parâmetros Carga da Superfície Potenciométrica e Espessura da Zona Vadosa, para avaliação da fragilidade poderiam não ser os mais adequados. Neste estudo porém, outras metodologias foram testadas com base em densidades de fraturas e estatística vetorial e estas demonstraram que, para a escala de trabalho adotada, os resultados obtidos com as diferentes metodologias são bastante semelhantes. Desta forma, optou-se por manter a utilização dos parâmetros Carga da Superfície Potenciométrica e Espessura da Zona Vadosa como parte da avaliação da fragilidade das águas subterrâneas.

Na segunda etapa deste projeto foi avaliado um maior número de captações por poços, os quais reduziram as incertezas relacionadas à anisotropia do meio aquífero como um todo. As simulações foram realizadas com dados dos aquíferos livres e confinados para se ter uma avaliação geral da área, considerando-se os sistemas SASG e SAG interconectados.

A Figura 5-12 (p.123) ilustra a espacialização dos 3.815 poços cadastrados junto ao SIAGAS/CPRM na área do projeto. Para a estimativa da Carga da Superfície Potenciométrica e também da Espessura da Zona Vadosa, considerou-se todas aquelas captações que apresentavam informações completas relativas ao nível da água, ao perfil geológico e a cota altimétrica na *boca* do poço. Caso inexistente a informação do nível da água, a captação era excluída da análise durante a fase de consistência das informações.

Apenas cinco municípios do estado de Santa Catarina apresentavam informação de captações incompletas, considerando-se as atualizações efetuadas até 24 de maio de 2011 no SIAGAS/CPRM: Anitápolis (2 poços), Anita Garibaldi (3 poços), Celso Ramos (12 poços), Rio Rufino (30 poços) e Santa Cecília (31 poços). Para sanar este problema, buscou-se informações de poços tubulares próximos a estes municípios para efetuar as interpolações das informações avaliadas e espacializadas em cartogramas com vazios de informações.

Deve-se salientar que alguns municípios com grandes dimensões territoriais, como é o caso de Lages em Santa Catarina, apresentaram apenas dois poços cadastrados na primeira fase do projeto, conferindo ao trecho simulado um grau de incerteza na espacialização das informações. Na segunda fase do projeto, novos poços foram acrescentados ao cadastro (SIAGAS/CPRM) deste município e vários outros, principalmente no estado de Santa Catarina, diminuindo-se áreas onde havia vazios de informações e incertezas na interpolação.

5.1.1.4.1 Parâmetro Carga da Superfície Potenciométrica

Superfície Potenciométrica é uma superfície que representa a carga total em um aquífero; ou seja, ela representa a altura acima do *datum* a qual o nível da água se eleva num poço bem vedado que penetra o aquífero (Heath, 1983). Representa a diferença entre a cota altimétrica da *boca* do poço e o nível da água tanto para aquíferos livres e o teto do aquífero confinado. Indica uma carga hidráulica sobre um *datum*, que neste caso é o nível zero ou Nível Médio do Mar (Oceano Atlântico) Porto de Imbituba/SC. 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 de fluxo. É traçada perpendicularmente às linhas de fluxo subterrâneo. A Figura 5-4 (p.107) ilustra a superfície potenciométrica indicativa de uma

carga hidráulica (Heath, 1983). Na imagem superior se apresenta, em planta, as linhas equipotenciais e linhas de fluxo na vizinhança de uma corrente que recebe água de suas cabeceiras. O corte vertical AA', mostrado na parte inferior numa secção transversal, indica a espessura da coluna de água sobre um *datum* de referência.

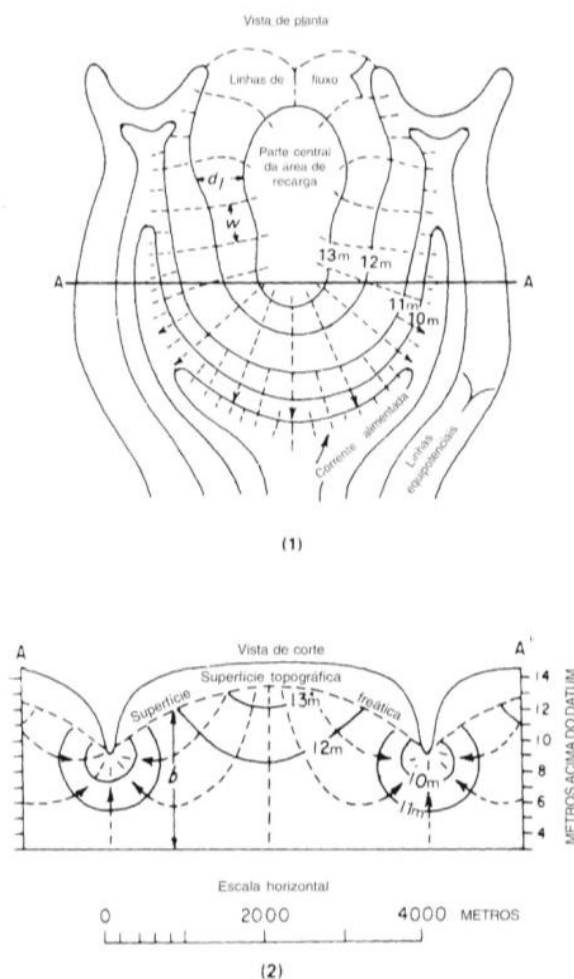


Figura 5-4 Superfície potenciométrica indicativa de uma carga hidráulica. Fonte: Heath (1983).

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 quanto maior a Carga da Superfície Potenciométrica menor será a fragilidade associada ao aquífero. Uma vez que existe termalidade associada na (ZFC) do SAG, como nos Municípios de Chapecó, Itá, Piratuba, Palmitos, Presidente Castelo Branco em SC e no RS, Três Arroios, Machadinho, Erechim, Marcelino Ramos. Deve-se salientar que a camada arenosa indicativa da Formação Botucatu não é contínua. Esta pode ser penetrada em diferentes posições (tanto positivas em afloramentos quanto negativas em subsuperfície) como esta ilustrado no Quadro 5-4. Ainda devem ser consideradas as (ZA) que podem ocorrer no SASG, como em São Borja, Itaquí, São Luiz Gonzaga. Este critério associado a Espessura da Zona Vadosa e aos Lineamentos Tectônicos tendem discriminar pontualmente as variações do meio rochoso e do reservatório subterrâneo. Salienta-se que um reservatório pode ou não ser um aquífero dependendo também da situação topográfica que ocupa no terreno e da carga hidráulica a ele associada.

Assim, admitindo um vale profundo como um meio homogêneo e isotrópico, com os níveis máximos da linha freática maiores do 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), os vales em V fechados e profundos com reservatórios no interior de sua calha, pouco afetariam as condições de fluxos subterrâneos locais.

Para espacializar a Carga da Superfície Potenciométrica da região foram incluídos os poços tubulares e/ou escavados, e as 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).

Os valores de fragilidade para a Carga da Superfície Potenciométrica foram estabelecidos utilizando-se como critério a nota um, para o menor valor da carga da superfície potenciométrica (20,65 m - município de Itaqui/RS), e a nota 255 para o maior valor obtido (1.359,80 m – Município de São Joaquim/SC). Os demais valores foram proporcionais à faixa de variação deste parâmetro realizando-se uma regra de três simples para interpolação matemática nos programas ArcGIS 9.2 e SURFER 8.

A

Figura 5-5 (p.109) ilustra as linhas de fluxo subterrâneo obtidas através da espacialização em toda área avaliada da Carga da Superfície Potenciométrica. Nota-se a formação de um alto potenciométrico englobando parte dos Municípios catarinenses de São Joaquim e Urupema com valores da ordem de 1.300 m. Uma direção regional de caimento de nordeste (São Joaquim/SC) para sudoeste (Itaqui, São Borja, Maçambará, Garruchos/RS). Localmente, como resultado da movimentação do relevo e da formação de vales aplainados as direções de contribuição dos fluxos são pontuais. No extremo oeste da área do estudo observou-se a formação de um baixo potenciométrico (carga inferior a 100 m), próximo da calha do Rio Uruguai, junto aos municípios de Garruchos, São Borja, Maçambará e Itaqui/RS.

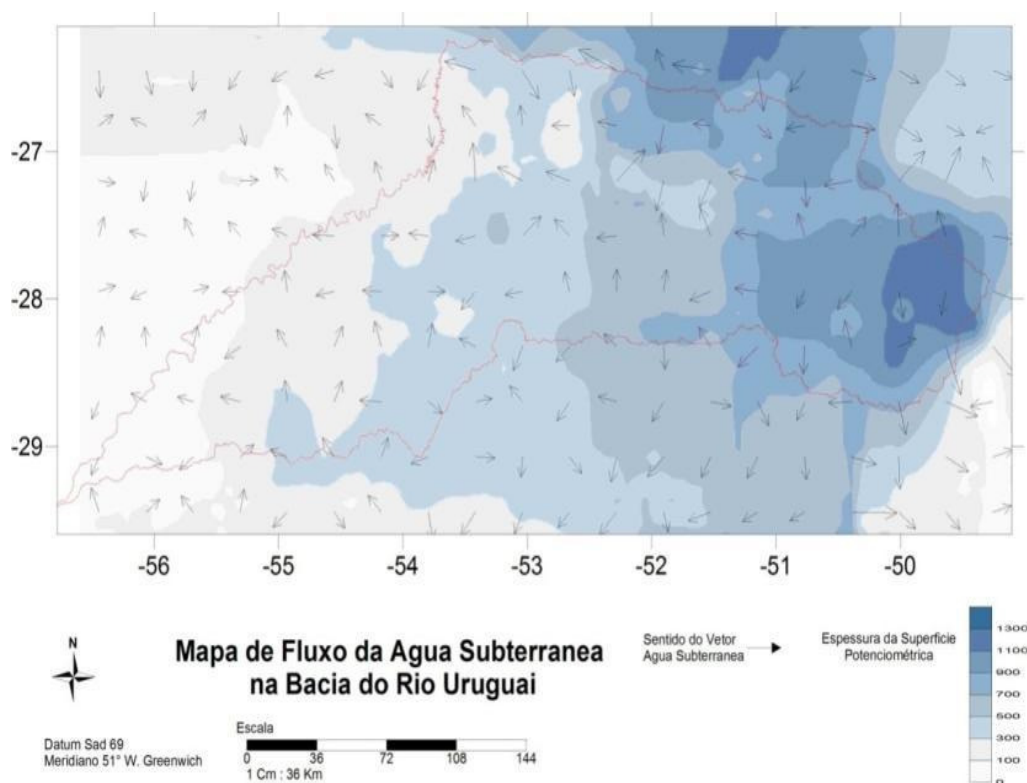


Figura 5-5 Mapa da carga da Superfície Potenciométrica indicativa dos fluxos subterrâneos

Nesta segunda etapa do projeto foi realizada uma análise mais detalhada dos aquíferos em estudo. Desta forma procurou-se separar as informações relativas aos poços do sistema fraturado e do poroso (na área representados pelas Formações Guará e Botucatu, por exemplo). O Quadro 5-4 apresenta uma estimativa de penetração da cota da Formação Botucatu/SAG, constituída por arenitos, formando um sistema aquífero poroso, intergranular livre na (ZA), de elevada fragilidade à contaminação. Os valores negativos indicam uma projeção das camadas arenosas acima do *datum* Porto de Imbituba, portanto estariam acima da superfície atual do terreno.

Avaliando-se os resultados apresentados, nota-se que as cotas de penetração são variáveis enquanto pertencentes às (ZC) e (ZFC) e que elas encontram-se muito superiores em Santa Catarina nos Municípios de Urupema (1.026 m) e em Paineira (921m). Já no estado do Rio Grande do Sul, no município de Unistalda, a cota é de 255m, enquanto em Municípios como Itaqui e Alegrete apresentam valores variados em função de sua localização na borda da Bacia do Paraná, indicando que sofreram ações de fraturas tectônicas (Sistema de Falhas Jaguari/Mata/SFJM de direção preferencial SE/NW (Zerfass (1990) *apud* Soares et al., 2008). A Figura 5-6 (p. 111) (ilustra a estimativa de penetração na (ZC) e/ou (ZFC) dos arenitos porosos da Formação Botucatu considerados como camada balizadora em contato com o SASG.

Quadro 5-4 Estimativa de penetração da cota (m) da Formação Botucatu/SAG, constituída por arenitos.

Estado	
Santa Catarina	Rio Grande do Sul
Brunópolis: 505 e 344	Alegrete: 167, 106, 86, 80, 69, 66, 59, 58, 46, 45, 39, 33, 32, 17, 15, 9 5. Valores projetados acima do terreno cotas negativas: -5, -14, -17, -22, -23, -37, -45, -72 e -81
Lages: 839 e 818	Bossoroca: 160
Itá: 440 e 488	Erechim: 868
Presidente Castelo Branco: 434 e 520	Itacurubi: 60
Painel: 938	Itaqui: 105, 90, 69, 64, 49, 37, 36, 34, 19, 0. Valores projetados acima do terreno cotas negativas: -1, -10, -12, -30, -34, -48, -52, -65 e -99.
São Cristovão do Sul 921; 904 e 882	Jaguari: 201
Urupema: 1026	Maçambará: 209, 124
	Machadinho: 817
Observação:	Manoel Viana: 111, 72, 68, 64, 62, 37, 35
Chapecó (não informado)	Marcelino Ramos: 495
	Santiago: 234
Palmitos (não informado)	Santo Antonio das Missões : 82, 35
Piratuba (não informado)	São Francisco de Assis: 253, 195, 180
	São Luiz Gonzaga: 116
	São Nicolau: 32
	Três Arroios: 480
	Unistalda: 255

Na simulação contendo uma maior quantidade de informações (segunda etapa do projeto) obteve-se um gradiente entre a cota do arenito da Formação Botucatu em Urupema/SC (1.026 m) no leste da área do estudo e, um valor mínimo em Itaqui/RS (-99 m) em posição localizada acima do *datum*, projeção estimada acima da superfície atual do terreno, considerando-se poços que penetraram a Zona de Confinamento do SAG (ZC e ZFC). Portanto uma estimativa de gradiente da ordem de 1.125m entre o topo e a base dos arenitos da Formação Botucatu/SAG. Deve-se salientar com base no Quadro 5-4, que em um mesmo município esta cota pode variar grandemente, lateralmente, ex. Alegrete e Itaqui/RS.

O fluxo subterrâneo estimado na (ZC) apresentou uma tendência de direção leste para noroeste, indicando uma possível contribuição para a perenização do Rio Uruguai no trecho entre os municípios de Garruchos, São Borja e Itaqui no RS. Na porção extrema sudoeste nota-se a ocorrência de fluxos com diferentes direções, predominando noroeste também para a calha do Rio Uruguai. Na porção não coberta pela simulação (cores brancas no cartograma da Figura 5-6) não existem informações de penetração nas camadas arenosas do SAG.

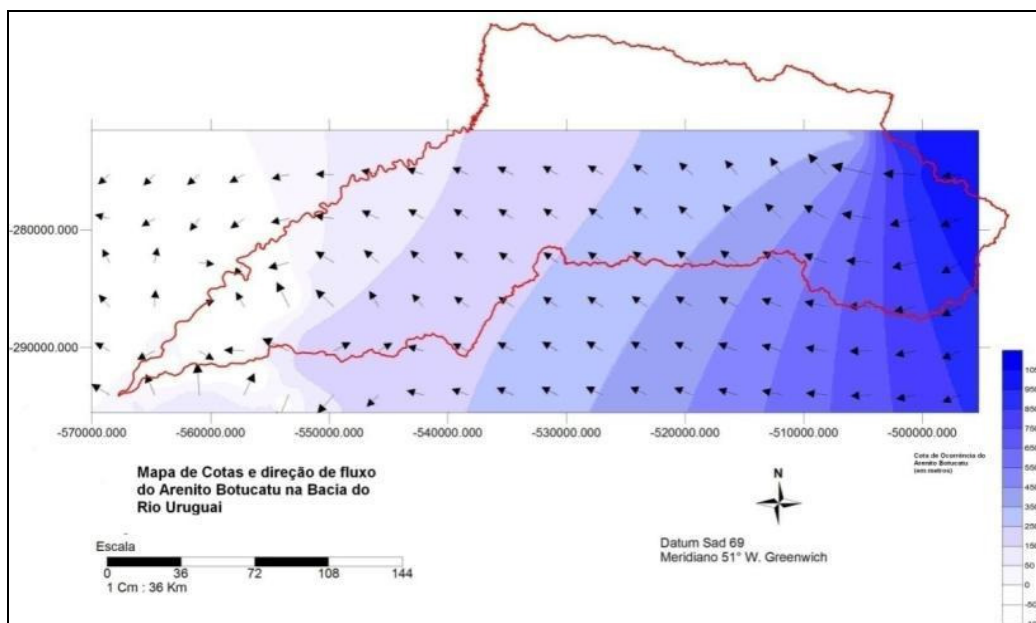


Figura 5-6 Estimativa de penetração em (ZC) dos arenitos porosos da Formação Botucatu.

Obs. No interior da imagem Carga da Superfície Potenciométrica, Datum SAD 69, Meridiano 51° W GR.

A Figura 5-13 (p.124) ilustra os resultados obtidos para a Fragilidade Relativa ao Parâmetro Carga da Superfície Potenciométrica, tomando-se as informações do SIAGAS/CPRM até maio de 2011, incluindo-se as informações do DNPM/SIGHIDRO relativas às fontes hidrominerais do Brasil. Observa-se uma nítida tendência, partindo da (ZC) (cores verdes) de Nordeste para Sudoeste em direção a (ZA) e também para (ZC) do SAG no Estado do RS (cores vermelhas).

Os resultados da fragilidade do Parâmetro Carga da Superfície Potenciométrica (Figura 5-13, p.124) mostram uma zona de maior fragilidade localizada na parte oeste ocupando rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. A região leste e sudeste com vales fechados e superfícies potenciométricas mais elevadas apresenta baixa fragilidade e uma menor possibilidade do reservatório encaixado contribuir para o aquífero sotoposto, no caso o SAG (ZC) ou (ZFC). Nesta condição, o rio permanece com caráter influente, perene, cedendo água para o aquífero (SASG).

Já na porção oeste da área do estudo, ocorrem altas fragilidades associadas a (ZC) do SAG, como nos Municípios de Itaquí, Maçambará, São Borja. Nestes municípios predominam as condições de confinamento (ZC) onde as rochas vulcânicas, da Formação Serra Geral, estão sotopostas aos arenitos do SAG em condição de confinamento, portanto parcialmente protegidos por uma coluna rochosa maciça, de baixa porosidade primária. Podem ocorrer janelas de arenitos entre rochas vulcânicas, expondo em afloramento portanto na (ZA) do SAG formando aquíferos livres, porosos de alta fragilidade. Porém uma vez que as cotas altimétricas são baixas e os níveis da água rasos a fragilidade em base a Carga da Superfície Potenciométrica é alta.

Resumindo, observou-se a existência de duas porções de alta fragilidade em relação à variável avaliada, distribuídas no centro e no oeste da área estudada. A porção oeste da figura coincide com áreas de afloramento de arenitos (ZA), mais intensos na região dos municípios de Maçambará, Itaquí, São Borja, São Luiz Gonzaga, São Francisco de Assis, Alegrete, Itacurubi. As altas fragilidades obtidas na região central coincidem com vales em “V” fechados, associados a cursos de água, os quais podem

aflorar rochas sedimentares e/ou produtos de intemperismo de elevada relação porosidade/permeabilidade, em seus leitos podendo formar aquíferos livres.

5.1.1.4.2 Parâmetro Espessura da Zona Vadosa

A Espessura da Zona Vadosa foi obtida da diferença entre a cota altimétrica da superfície do terreno e o nível da água, onde todos os poros/fissuras encontram-se saturados de água nível freático ou teto do aquífero consinado. Relaciona os aspectos do meio, relativos à porosidade e/ou fraturas das rochas, à umidade do terreno e aos gases existentes nas formações superficiais, ou zona aerada constituída por gases tais como O₂, CO₂ e outros. A Zona Vadosa é necessária à manutenção da Biosfera e à manutenção do nível de base dos cursos de água superficiais. Relaciona-se com a vulnerabilidade do aquífero à contaminação (Foster et al., 2006).

Considera-se que quanto menor for sua espessura, mais frágil será o meio em relação a sua capacidade natural de absorver e/ou diluir uma carga contaminante imposta na superfície do terreno. Portanto ela pode ser estimada pela presença de solo residual ou de rocha dura em relação às rochas vulcânicas, enquanto nas rochas sedimentares pode ser uma camada arenosa permeável ou uma argilosa impermeável. Outra função da Zona Vadosa é a manutenção dos ecossistemas distribuídos entre a superfície do terreno e a zona saturada do subsolo.

As notas de fragilidade para o Parâmetro Espessura da Zona Vadosa foram atribuídas proporcionalmente entre o seu valor de espessura mínimo (nota 1) e máximo (nota 255) onde o valor de espessura foi o mais elevado encontrado na área. Geralmente é possível associar zonas vadasas pouco espessas a presença de Neossolos Litólicos (rocha sã, não decomposta) ou que são pouco desenvolvidos em termos de porosidade/permeabilidade. Já zonas vadasas de elevada espessura ocorrem em terrenos porosos, com partículas do mesmo tamanho, arranjo bem classificado (todas as partículas são de mesmo tamanho) como nos arenitos eólicos da Formação Botucatu e ainda, apresentado baixas proporções de materiais argilosos.

A Figura 5-14 (p.125) ilustra os resultados obtidos para a fragilidade do parâmetro Espessura da Zona Vadosa. Observa-se a existência de uma zona de alta fragilidade na porção central da área estudada, e ainda mostra uma distribuição aleatória. Esta indica que não há uma tendência na formação dos materiais porosos e/ou intemperizados nas camadas superiores do terreno. Os derrames de rochas vulcânicas, lateralmente ou verticalmente dispostos, não apresentam uma continuidade nos aspectos de intemperização, podendo ocorrer uma rocha sã, lado a lado com uma intemperizada, portanto com diferente relação porosidade/permeabilidade Figura 2-7 (p. 31). As áreas com menor fragilidade ocorrem nas porções leste da área estudada, com rochas cristalinas sãs, constituídas da Formação Serra Geral em (ZC). Já as área de maior fragilidade ocorrem na (ZC) do SAG, onde podem ocorrer camadas aflorantes ou seus produtos de intemperismo as quais expostas a infiltração de águas de chuvas e/ou de contaminantes são mais frágeis.

5.1.1.4.3 Parâmetro Lineamentos-Geologia Estrutural

Quanto aos aspectos estruturais, as rochas da Formação Serra Geral apresentam estruturas atectônicas relacionadas ao resfriamento do magma, como: contatos de derrames, fraturamentos verticais e subverticais e juntas de alívio. Quanto às estruturas tectônicas, predominam duas direções preferenciais: nordeste-sudoeste e noroeste-sudeste, onde algumas delas estão materializadas na forma de diques de diabásio (Foto 5-9, p. 113).

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 descontinuidades 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 preenchimento dos reservatórios. Por outro lado também influem na recarga direta dos aquíferos e podem levar consigo cargas contaminantes impostas na superfície do terreno tais como: esgotos *in natura*, resíduos de combustíveis, chorumes, outros.



Foto 5-9 Vista de um dique de diabásio na margem esquerda do Rio Pelotas no trecho em que está previsto o 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

O mapa de estruturas geológicas contendo os principais lineamentos da área do estudo foi construído com base nos levantamentos do RADAMBRASIL (1986), Figura 5-15, p.126. Observa-se no setor leste um predomínio de falhas de direção NE/SW que devem estar associadas a Zona de Falha Dorsal de Canguçu (ZFDC) enquanto no setor oeste predominam as falhas de direção NW-SE associadas a Zona de Falhas Jaguari/Mata (ZFJM). Na porção central da área avaliada nota-se a interseção dos dois sistemas o que deve favorecer a infiltração e recarga do aquífero. Percebe-se uma concentração de estruturas na porção oeste da bacia do Alto Uruguai e uma falha normal (falha sobre a qual o bloco superior ao plano de falha moveu-se para baixo em relação ao bloco inferior) importante à jusante da Bacia do Médio Uruguai, entre os municípios de Garruchos e São Borja, onde ocorre um declive no relevo colocando rochas vulcânicas ácidas em cotas mais baixas que as rochas básicas.

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 (falhas discontinuidades no terreno de dimensões métricas a quilométrica, já as fraturas e diáclases são discontinuidades nas rocas de dimensões métricas a milimétricas) são caminhos preferenciais de fluxos locais das águas advindas das precipitações e de recarga de aquíferos. Nestes caminhos preferenciais os contaminantes gerados na superfície do terreno, devido às atividades potencialmente contaminantes, 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 geomecânica e os hidrogeológicos (nível da água, grau de confinamento hidráulico, espessura da zona vadosa, capacidade específica, transmissividade e outros). Estes parâmetros podem ser avaliados e monitorados nas diferentes fases de licenciamento das atividades hidroelétricas, e depois de instalados os empreendimentos, estabelecendo-se séries históricas de monitoramentos de diferentes parâmetros hidráulicos e hidrodinâmicos.

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. Relacionam-se a produção de turismo local em fontes hidrotermais (ex. Palmitos, Águas Mornas, Itá em Santa Catarina) e por isso foram considerados nesta avaliação. As informações foram obtidas direto do sítio eletrônico Recursos Hidrogeológicos do Brasil SIGHIDRO/DNPM (<http://www.dnpm.gov.br/SIGHIDRO>). Foram gerados *buffers* para incremento da fragilidade no entorno dos poços, considerando-se as vazões diárias de outorga de recursos hídricos, adotadas no Estado do Rio Grande do Sul (SEMA). Considerou-se cerca de 10 horas diárias de bombeamento expresso em m³ por dia. Adotou-se, portanto, três classes de consumo diário de águas, conforme <http://www.sema.rs.gov.br/recursoshidricos/outorga>:

< 25 m³/dia: *buffer* (500 m)

25 - 250 m³/dia: *buffer* (1.000 m)

> 250 m³/dia: *buffer* (2.500 m).

Ex.: Um poço com produção diária de 24 m³/hora multiplicados por 10 horas de bombeamento diário = 240 m³/dia. Utiliza-se um *buffer* de 1.000 m em torno do poço. 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 a que pertence e ao município onde se localizam as captações subterrâneas.

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 Irai
	SC	07	São Carlos Caçador Lages (02 captações) Curitibanos Guaraciaba Palmitos
Balneários Hidrominerais	RS	02	Erechim Três Arroios (Basaltos Serra Geral e Botucatu/SAG) poço 4300013499, T = 32,5°C (Fontes Hipotermais)
	SC	03	Itá Palmitos (água mineral) T = 35°C (Fontes mesotermal) São Carlos T = 31°C (Fontes Hipotermais)

Obs. Classificação das águas quanto a temperatura das fontes, segundo Falcão/DNPM (1978)

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

- Campos Novos: 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)

Na área oeste do Estado de Santa Catarina, onde foi desenvolvido o projeto PROESC/SC (CPRM 2002), os poços apresentam águas com temperaturas variando entre 28°C (ITA-06-CPRM) até 54°C em Aberlardo Luz (Topo da Formação Botucatu/Sistema Aquífero Guarani) poço 2-AI-01-SC, com temperatura média de 39,8°C. Dados indicam que naquele estado o gradiente hidráulico varia de 900 m a 300 m. Na primeira simulação realizada pela equipe da UFSM em março de 2009, na área do Projeto FRAG-RIO, obteve-se uma faixa de variação da carga hidráulica de 168 m, no município Barra do Guarita/RS próximo a Itapiranga/SC até 1.318 m, em Água Doce/SC.

Considerou-se um incremento da fragilidade das águas subterrâneas, foram cruzados os Parâmetros Lineamentos-geologia Estrutural, Concessão de Lavra de Água Mineral e balneários hidrotermais (Figura 5-15, p. 126). 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 (de poço) e em profundidade, a qual foi avaliada na simulação realizada nesta pesquisa.

5.1.1.4.5 *Fragilidade Relativa à Variável Água Subterrânea*

A Figura 5-16 (p.127) apresenta a fragilidade relativa à Variável Água Subterrânea. Observando-se esta figura pode-se dizer que a metodologia empregada foi capaz de discriminar trechos com fragilidades distintas, numa ampla área de rochas vulcânicas pertencente à Bacia do Paraná bordejada por afloramentos do SAG, (ZA) em Itaqui, São Borja, Maçambará, Alegre, São Francisco de Assis onde associa-se a (ZC) constituída por rochas cristalinas vulcânicas, pertencentes ao SASG.

Pode-se concluir também que a direção regional de fluxo subterrâneo se dá de nordeste para sudoeste em direção à calha do Rio Uruguai, indicando zona de descarga, o que concorda com o trabalho pioneiro de Rosa Filho *et al.* (1998), citado em CPRM (2002).

5.1.1.4.6 *Análise dos Resultados*

Uma vez que tanto os aspectos relativos a geologia quanto a geomorfologia da área do estudo 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 como um critério inicial atribuir um peso mais elevado à variável água subterrânea para avaliação da fragilidade deste Aspecto. Para tanto, os pesos distribuídos entre as variáveis avaliadas foram: a fragilidade da Água Subterrânea ($P=0,4$), a fragilidade da Declividade ($P=0,1$), a fragilidade da Geologia ($P=0,3$) e a fragilidade da Geomorfologia ($P=0,2$), conforme ilustrado na Tabela 5-4. A fragilidade do Aspecto Geologia e Geomorfologia pode ser visto na Figura 5-17 (p.128).

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

Variável	Peso
Fragilidade da Geologia	0,3
Fragilidade da Geomorfologia	0,2
Fragilidade da Declividade	0,1
Fragilidade da Água Subterrânea	0,4
Total	1,0

Na área do estudo as maiores fragilidades estão localizadas na parte central e oeste. Ocorrem fragilidades mais elevadas junto à cabeceira do rio Pelotas e ainda, ocorrem pontualmente entre a (ZC) e as (ZA) do SAG (Itaqui, Maçambará, São Borja). Como na (ZFC) do SAG ocorre uma considerável quantidade de poços tubulares utilizados para abastecimento humano e/ou em balneários hidrotermais, este fato suscita questionamentos sobre a influência dos reservatórios artificiais sobre a qualidade e/ou termalidade dos aquíferos.

Desta forma, em razão da complexidade do tema sugere-se que sejam realizados estudos hidrogeológicos complementares nas fases de licenciamento de empreendimentos hidroelétricos e que estes ainda sejam complementados durante a fase de funcionamento, estabelecendo-se séries históricas de monitoramentos de níveis de água subterrânea e de sua temperatura inclusive.

Conclui-se que as águas subterrâneas, como parte integrante do Ciclo Hidrológico, devem ter uma avaliação sistêmica, considerando que os aquíferos podem apresentar zonas de descarga e de recarga pertencentes a uma ou mais bacias hidrográficas sobrejacentes (CNRH nº15/2001). Considerando-se ainda, as interações

rio-aquífero (CNRH n°22/2002) bem como diagnosticando-se as potencialidades e as vulnerabilidades do aquíferos situados em áreas de empreendimentos hidroelétricos.

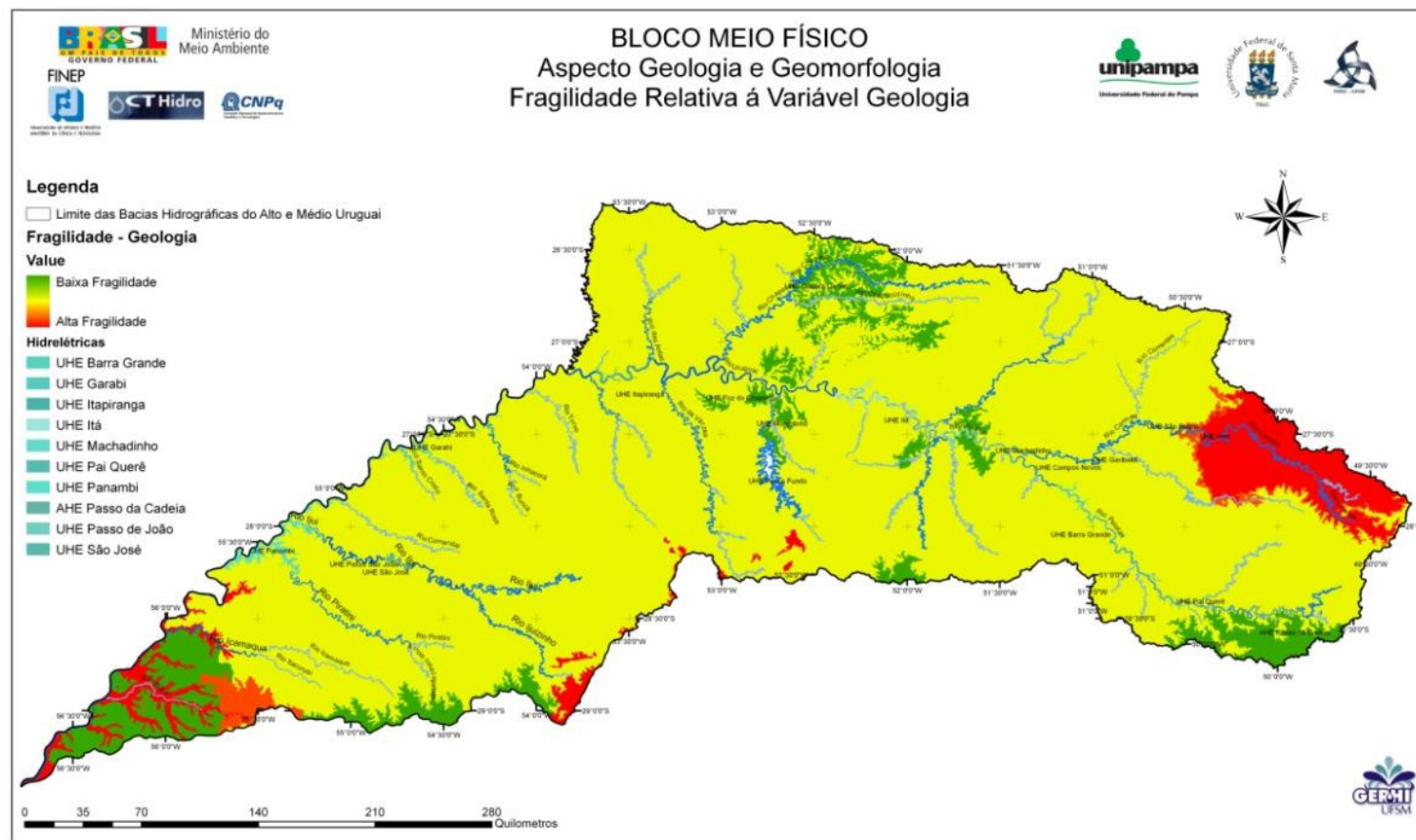


Figura 5-8 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Geologia

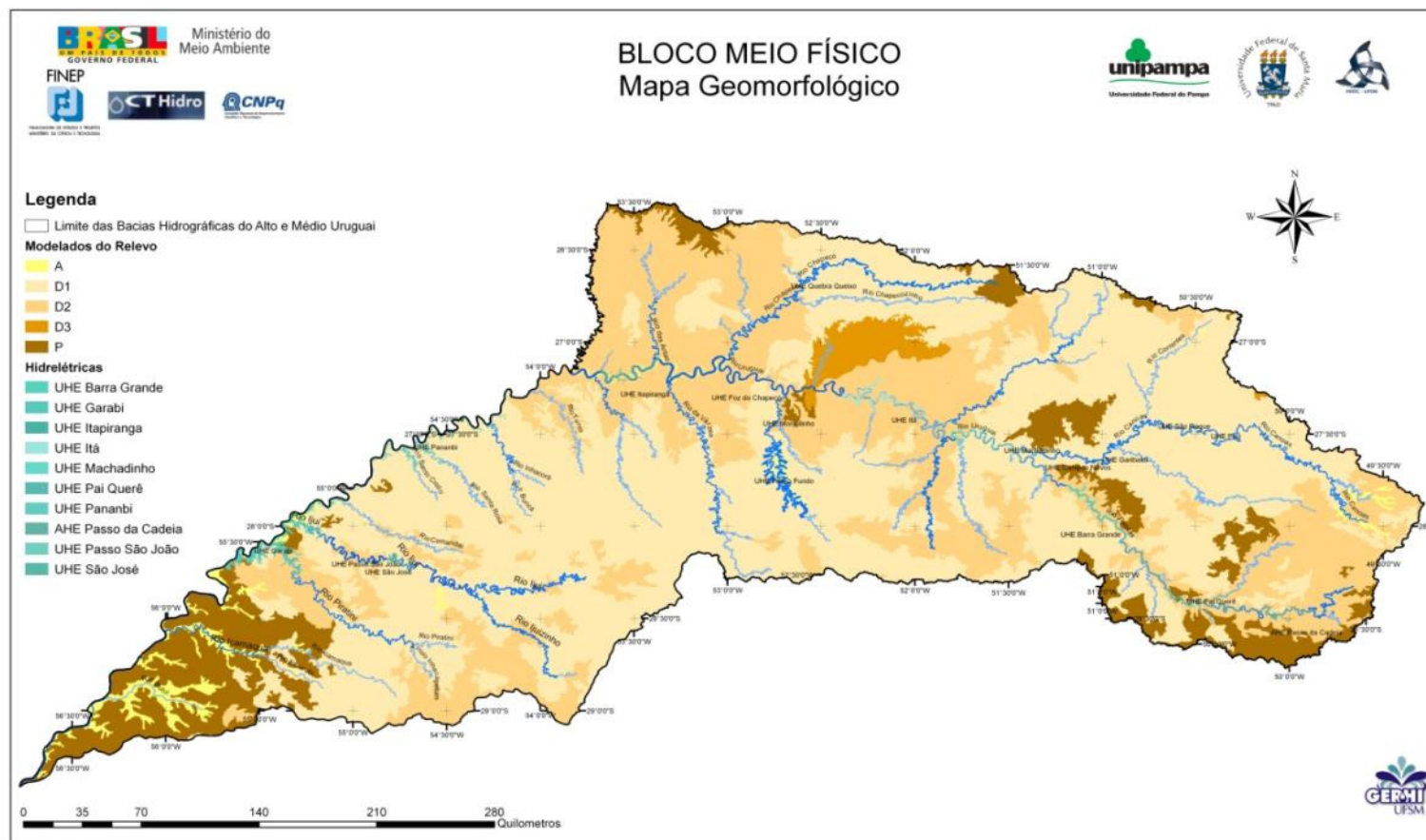


Figura 5-9 Mapa Geomorfológico da Bacia do Alto e Médio Uruguai. Fonte: RADAMBRASIL (1986, 2005).

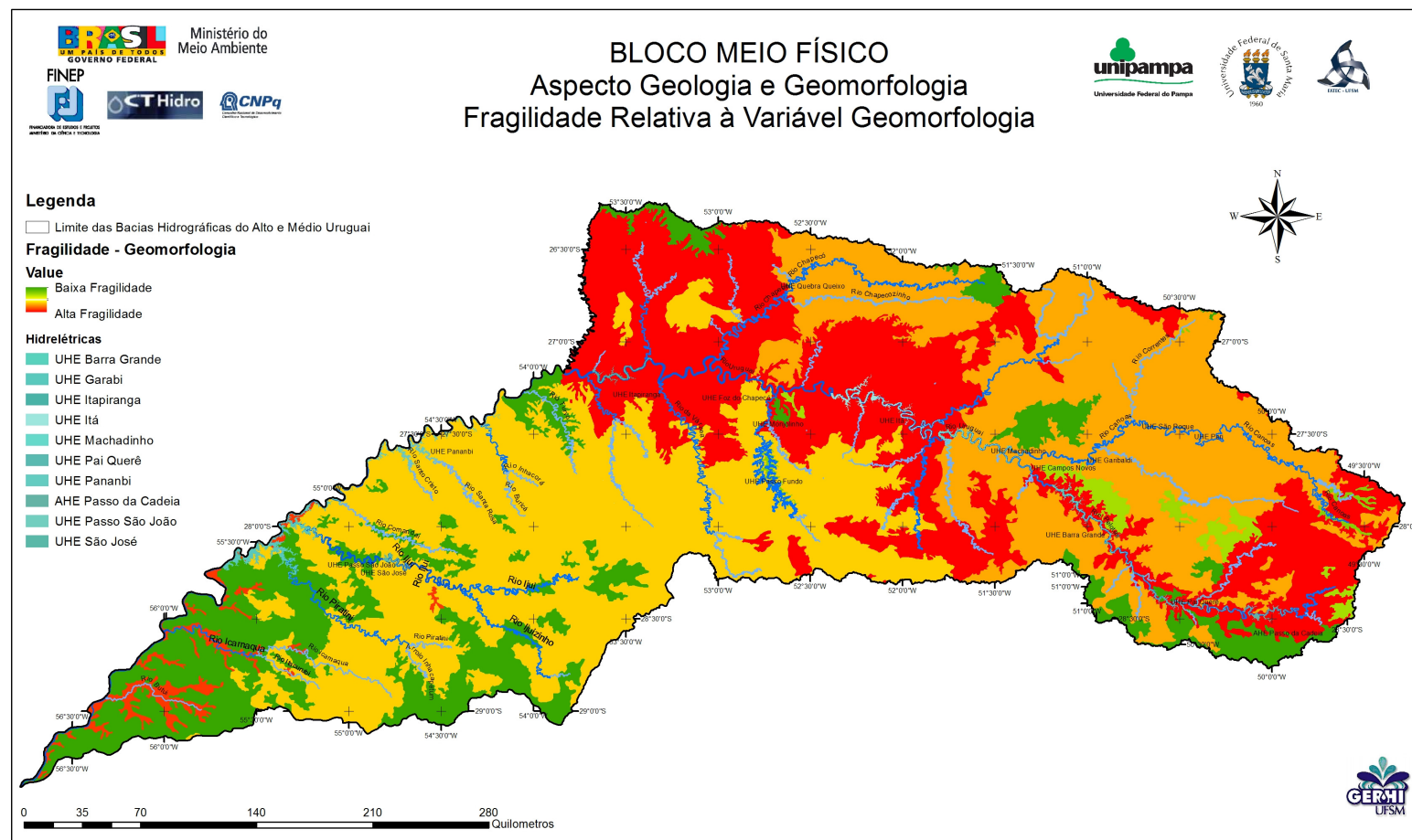


Figura 5-10 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Geomorfologia

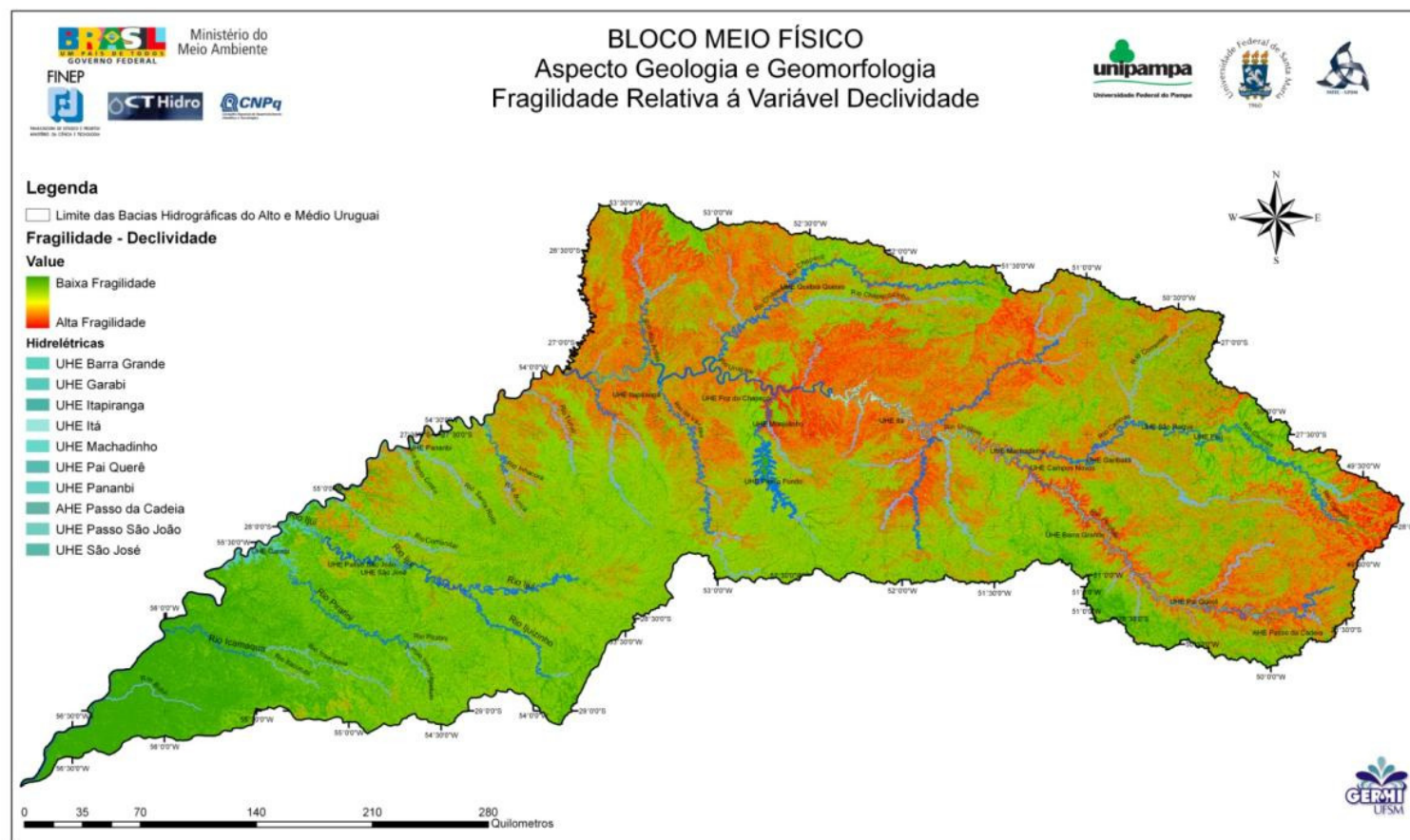


Figura 5-11 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Declividade para os Aspectos Geologia e Geomorfologia e Aspecto Fragilidade à Erosão

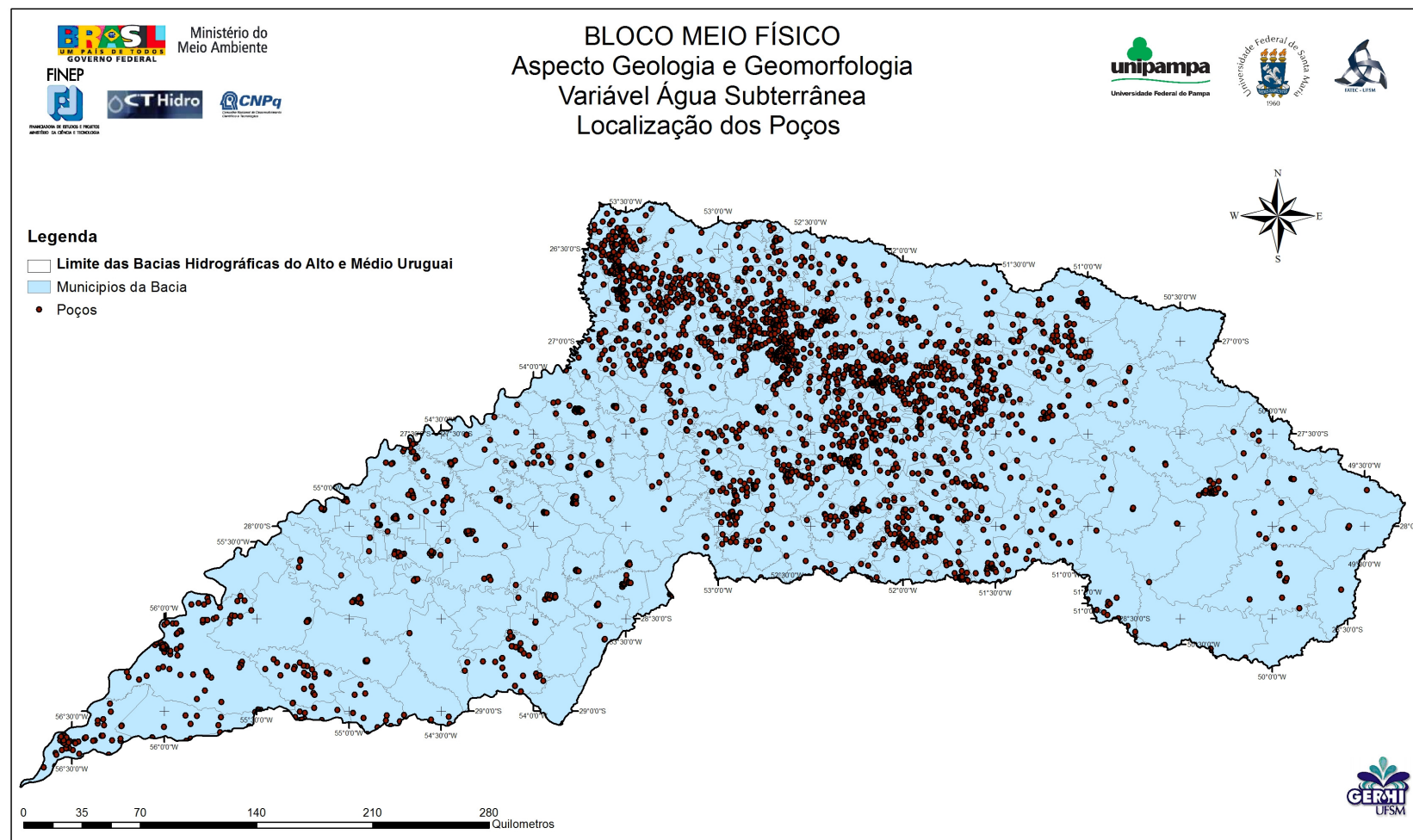


Figura 5-12 Espacialização dos Poços Cadastrados no SIAGAS/CPRM.

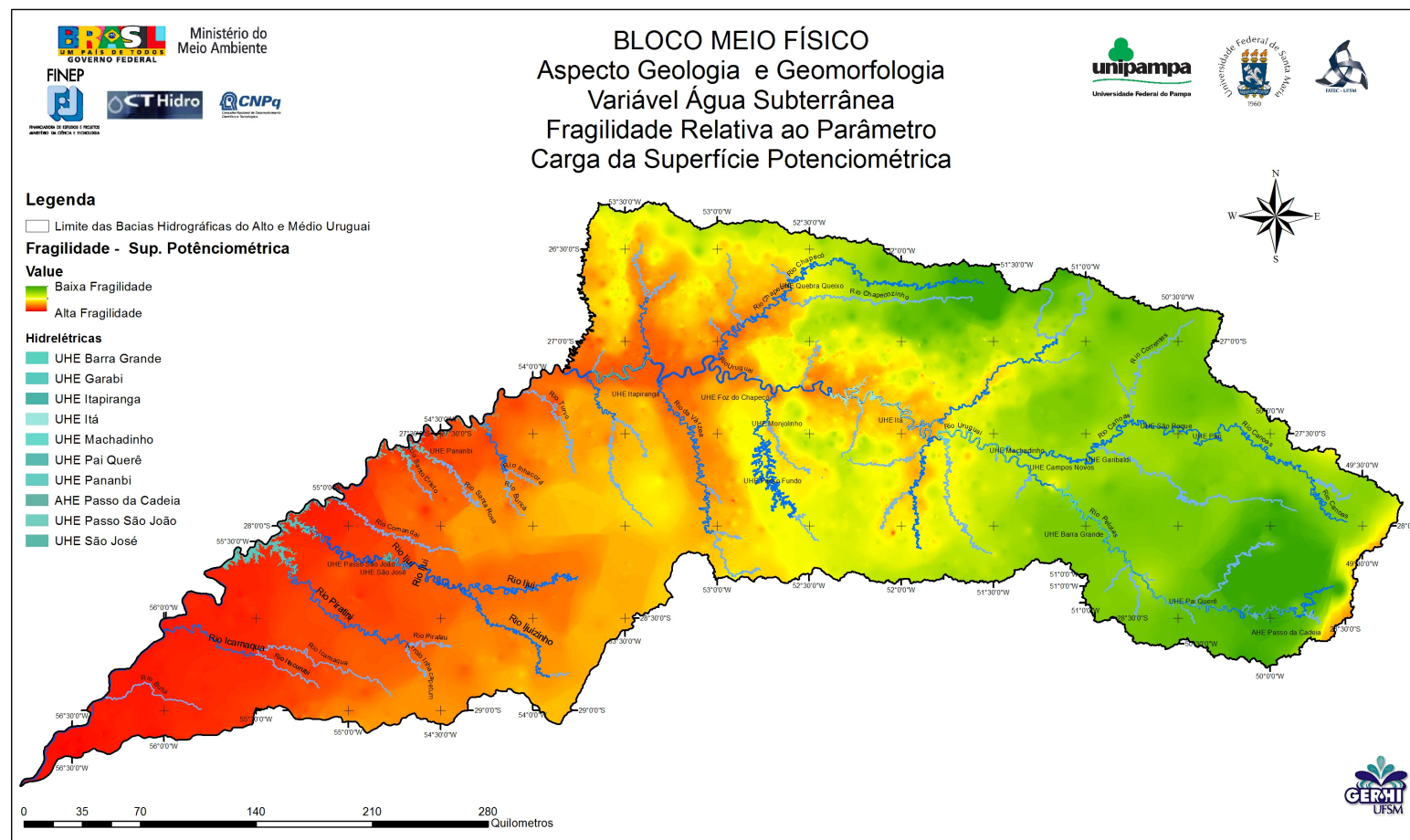


Figura 5-13 Mapa de Fragilidades Relativo ao Parâmetro Carga da Superfície Potenciométrica

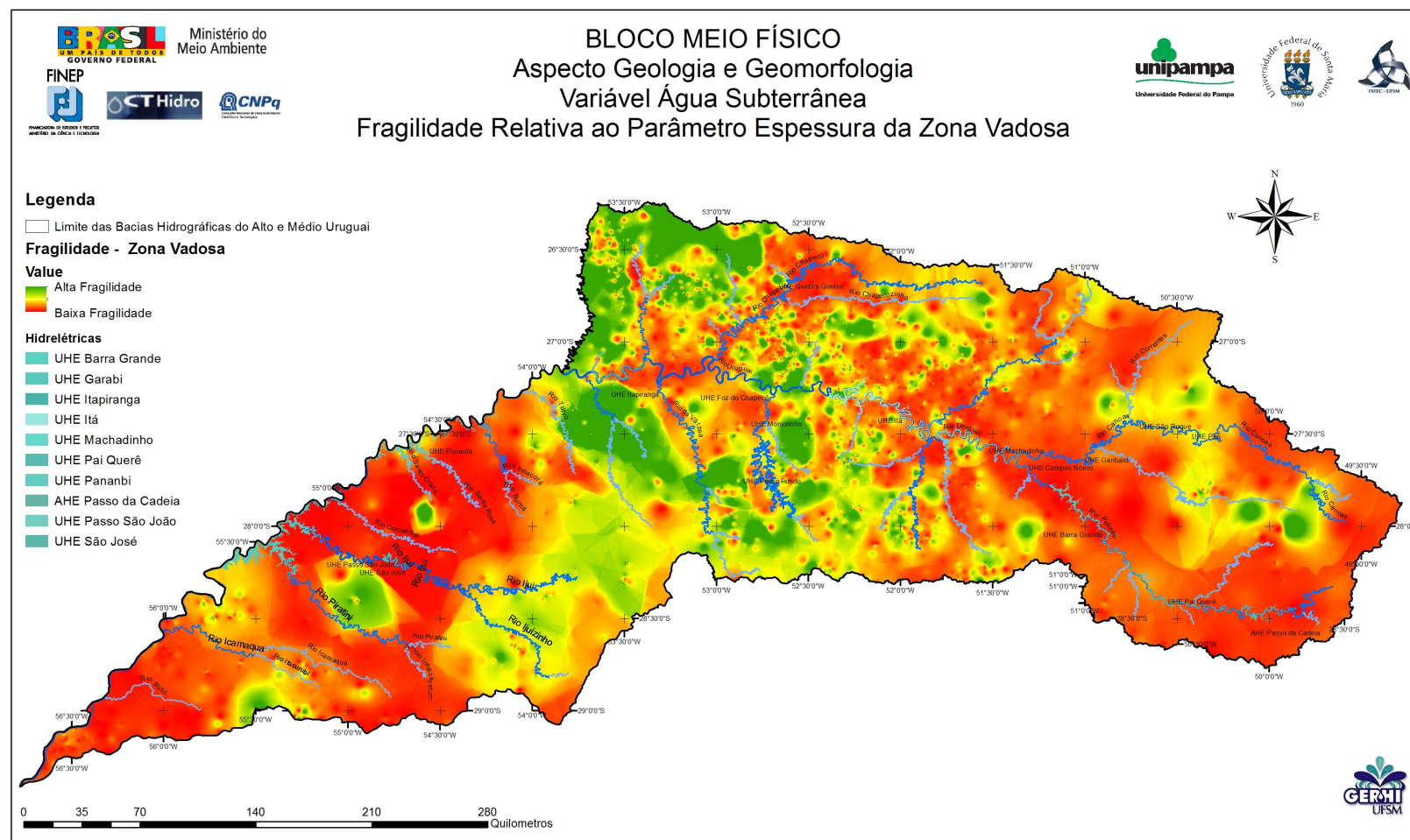


Figura 5-14 Mapa de Fragilidades Relativo ao Parâmetro Espessura da Zona Vadosa

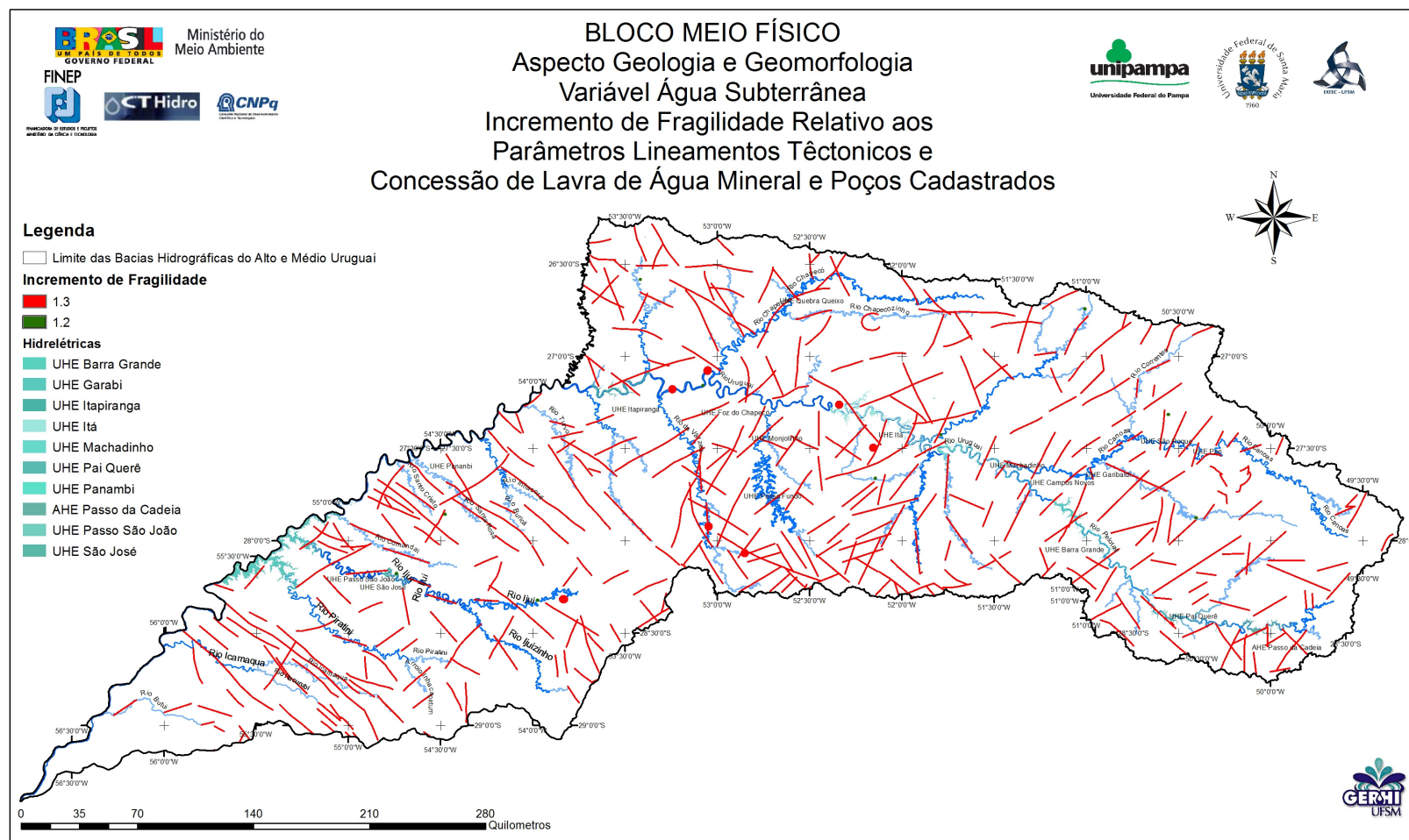


Figura 5-15 Incremento de Fragilidades Relativo aos Parâmetro Lineamentos tectônicos, Concessão de Lavra de Água Mineral e poços cadastrados.

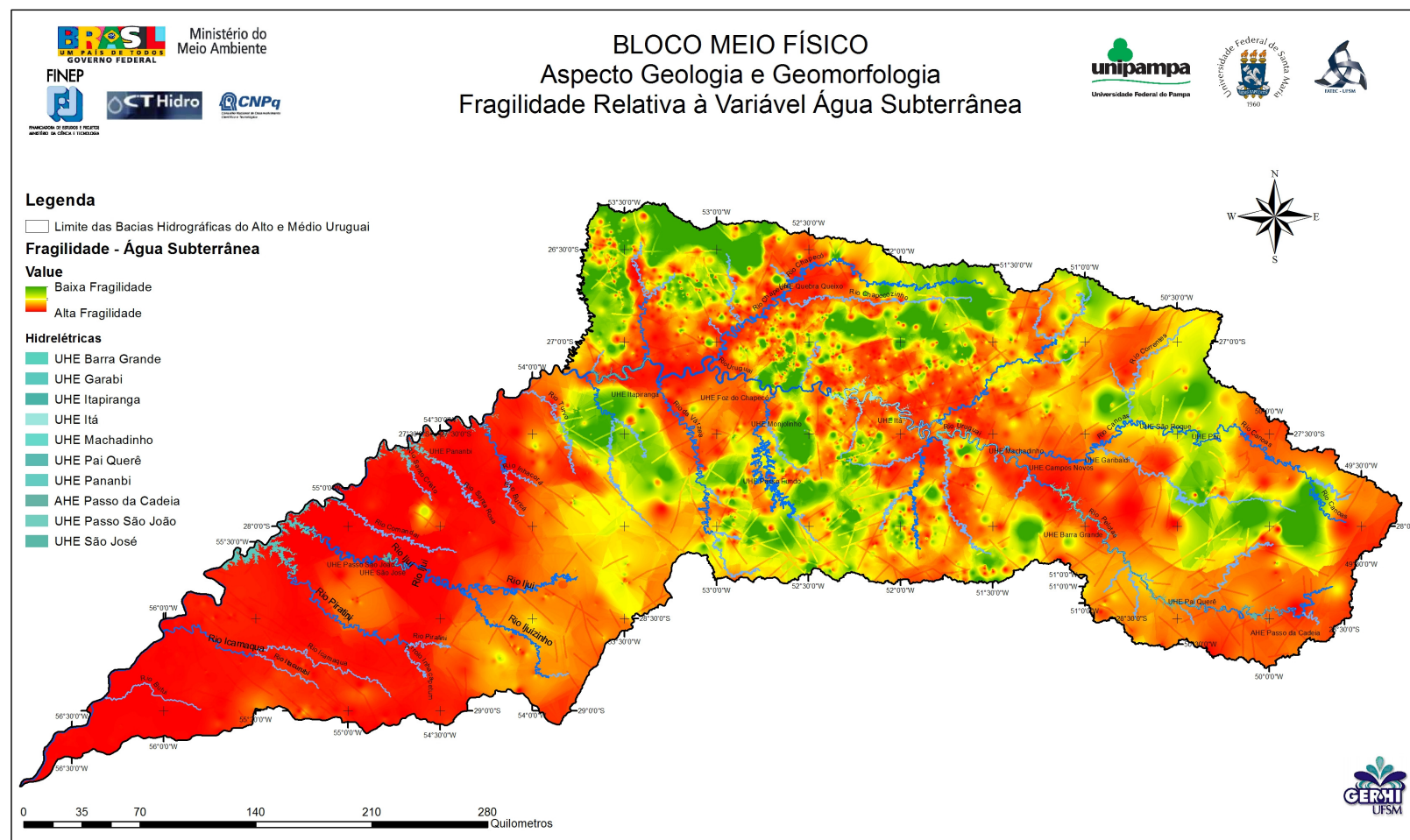


Figura 5-16 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Água Subterrânea

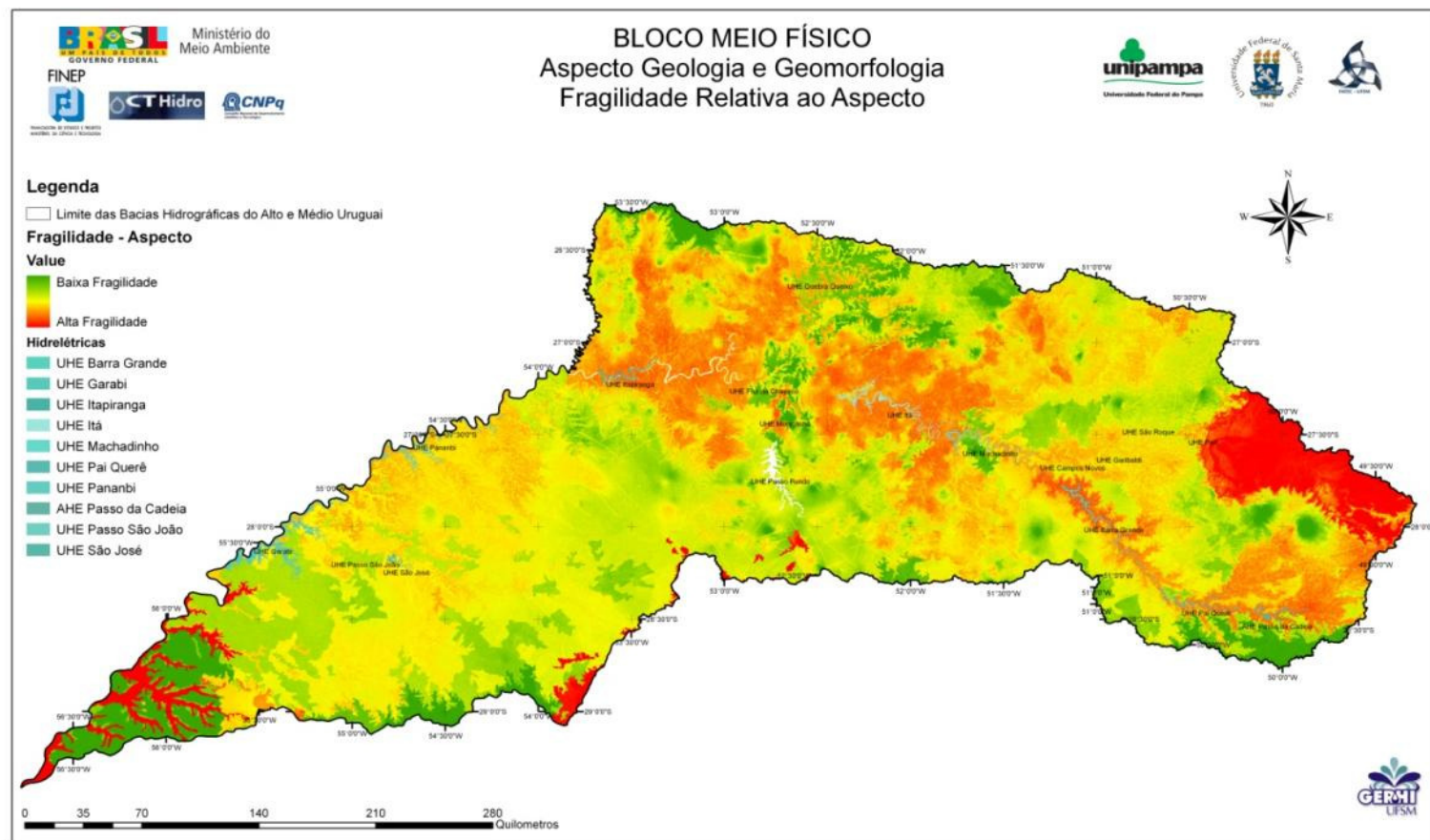


Figura 5-17 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Geologia e Geomorfologia

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 5-18. O mapa base utilizado foi o RADAMBRASIL (1986).

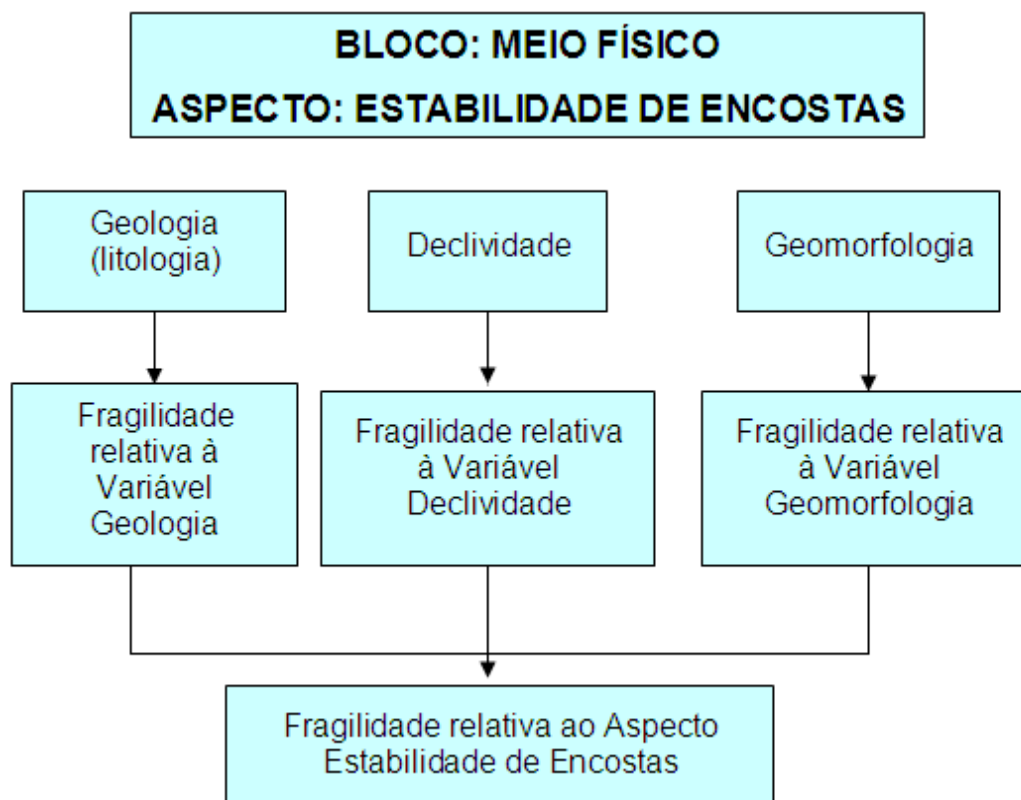


Figura 5-18 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Estabilidade de Encostas.

Nos trabalhos de campo foram identificados diferentes tipos de movimentos de massa nas bacias do Alto e Médio Uruguai. Nas porções das bacias onde predominam rochas vulcânicas básicas 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 cm 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 do Alto Uruguai e na porção média da Bacia do Médio Uruguai, 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 em áreas mais restritas. 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: Foto 5-10, **Erro! Fonte de referência não encontrada.**Foto 5-11, Foto 5-12, Foto 5-13, Foto 5-14, Foto 5-15 e Foto 5-16 (p. 130 a p. 133) 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 em que está prevista a UHE Itapiranga



Foto 5-11 Vista geral da margem direita do rio Uruguai no trecho em que está prevista a 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 em que está previsto o 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 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 5-15 Vista geral de um talude de rocha decomposta na margem do reservatório da Barragem de Itá, com ocorrência de um escorregamento



Foto 5-16 Colúvio em encosta íngreme com sinais de rastejo e trincas indicando ruptura do material superficial, Bacia do Médio Uruguai

5.1.2.1 Variável Geologia

Com base no mapa geológico modificado da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais-CPRM (2003) e nos trabalhos de campo, foram atribuídos valores 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 mais baixas, indicativas 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.

Além 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 altas que as básicas, pois condicionam vales mais íngremes onde predominam movimentos de massa do tipo queda, rolamento de blocos e corridas de detritos.

Avaliando o mapa de fragilidades relativo à variável geologia com ênfase em estabilidade de encostas (Figura 5-19, p.137), percebe-se que associado à presença de rochas ígneas básicas têm-se fragilidades médias, o que corresponde à maior parte da área das bacias do Alto e Médio Uruguai. As baixas fragilidades estão correlacionadas às rochas intermediárias e ácidas localizadas nas porções nordeste e norte-noroeste da bacia do alto Uruguai e porção de jusante da bacia do Médio Uruguai.

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

Formações	Litologias	Fragilidade
Depósitos Aluvionares	areias, cascalhos	76
Formação Tupanciretã	arenitos	42
Intrusões Ígneas-Lages	sienitos, carbonatitos	76
Formação Serra Geral-Vulcânicas básicas	basaltos, andesitos	180
Formação Serra Geral-Vulcânicas intermediárias e ácidas	riolitos, riodacitos, dacitos	240
Formação Botucatu	quartzo-arenitos	127
Rio do Rasto	pelitos e arenitos	76
Formação Teresina	siltito-argiloso	38
Formação Serra Alta	argilito, folhelho, siltito	38
Formação Irati	calcário, folhelho	38
Formação Palermo	arenito, siltito	61
Formação Rio Bonito	arenito, siltito carbonoso	61
Itararé Indiviso	arenito, diamictito, folhelho	38

As maiores fragilidades estão associadas às rochas sedimentares da Formação Tupanciretã e aos carbonatitos e demais rochas encontrados no Domo de Lages. Grande parte da área das bacias apresenta fragilidade média a baixa em relação a esta variável.

5.1.2.2 Variável Declividade

A declividade teve seus valores de fragilidade alterados quando avaliada em função do Aspecto Estabilidade de Encostas. Áreas mais íngremes receberam notas indicativas de maior fragilidade e áreas mais planas notas mais altas relacionadas a menor fragilidade. Os valores de fragilidade das classes intermediárias foram mais baixos, 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 Valores de fragilidade da Variável Declividade para o Aspecto 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 fragilidades da Variável Declividade (Figura 5-20, p.138), percebe-se que predominam áreas com baixa fragilidade tanto na bacia do Alto Uruguai como em grande parte da bacia do Médio Uruguai. As áreas mais frágeis da bacia do Alto Uruguai estão na porção central e oeste da bacia e também próximo ao Domo de Lages. Na bacia do Médio Uruguai as maiores fragilidades encontram-se à norte, próximo a calha do rio Uruguai.

5.1.2.3 Variável Geomorfologia

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

Os valores de fragilidade atribuídos à Variável Geomorfologia levaram em consideração a morfologia do relevo, a presença de depósitos superficiais e os processos geomorfológicos predominantes. As notas mais altas, indicando baixas fragilidades, foram atribuídas às áreas de aplainamento e acumulação e as notas mais baixas, indicando alta fragilidade, foram atribuídas às áreas de dissecação mais intensa, como D2 e D3 (Tabela 5-7).

Tabela 5-7 Valores de fragilidade para a Variável 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 para a Variável Geomorfologia na Bacia do Alto Uruguai encontram-se a oeste e norte da mesma 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 5-21, p.139). Já na bacia do Médio Uruguai as maiores fragilidades estão relacionadas a Serra do Boqueirão em Santiago e ao vale do rio Icamaguã. As fragilidades mais baixas estão localizadas nos municípios de São Borja e Itaqui, na porção de jusante da bacia.

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 das Variáveis Geologia, Geomorfologia e Declividade. (Figura 5-22, p.140).

As áreas mais frágeis em relação à estabilidade de encostas do Alto Uruguai encontram-se na porção central e noroeste da bacia justamente onde ocorrem as áreas mais povoadas e o uso da terra é mais intenso, e em áreas correspondentes às rochas do Domo de Lages. As áreas menos frágeis encontram-se ao sul do rio Pelotas e nas áreas de relevo aplainado, como aquelas próximas às UHEs Machadinho e Campos Novos.

Já na bacia do Médio Uruguai as áreas mais frágeis estão associadas às calhas dos rios Ijuí, Ijuizinho e Piratinim, por apresentarem declividade mais acentuada e rochas vulcânicas básicas com presença de colúvio e tálus que comumente mostram sinais de rastejo. Áreas de baixa fragilidade encontram-se a jusante desta bacia, em áreas mais planas com predominância de relevo do tipo coxilhas suaves, junto aos municípios de São Borja, Itaqui e Maçambará.

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.

Além disto, é importante o mapeamento das áreas com potencial ou evidências de instabilidade de encostas nas fases de projeto e de licenciamento ambiental e seu monitoramento quando das fases de implantação e operação de possíveis reservatórios.

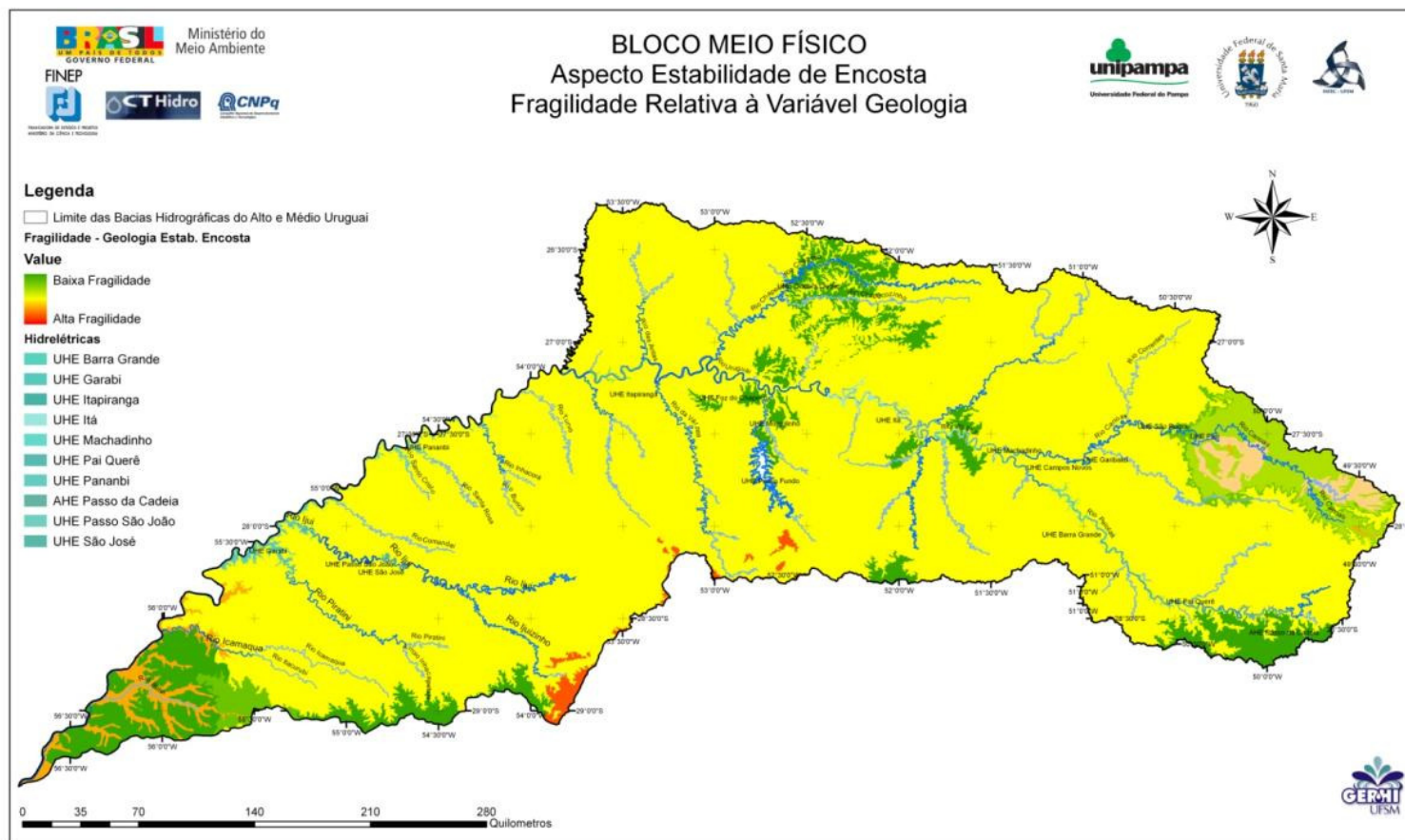


Figura 5-19 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Geologia para o Aspecto Estabilidade de Encostas

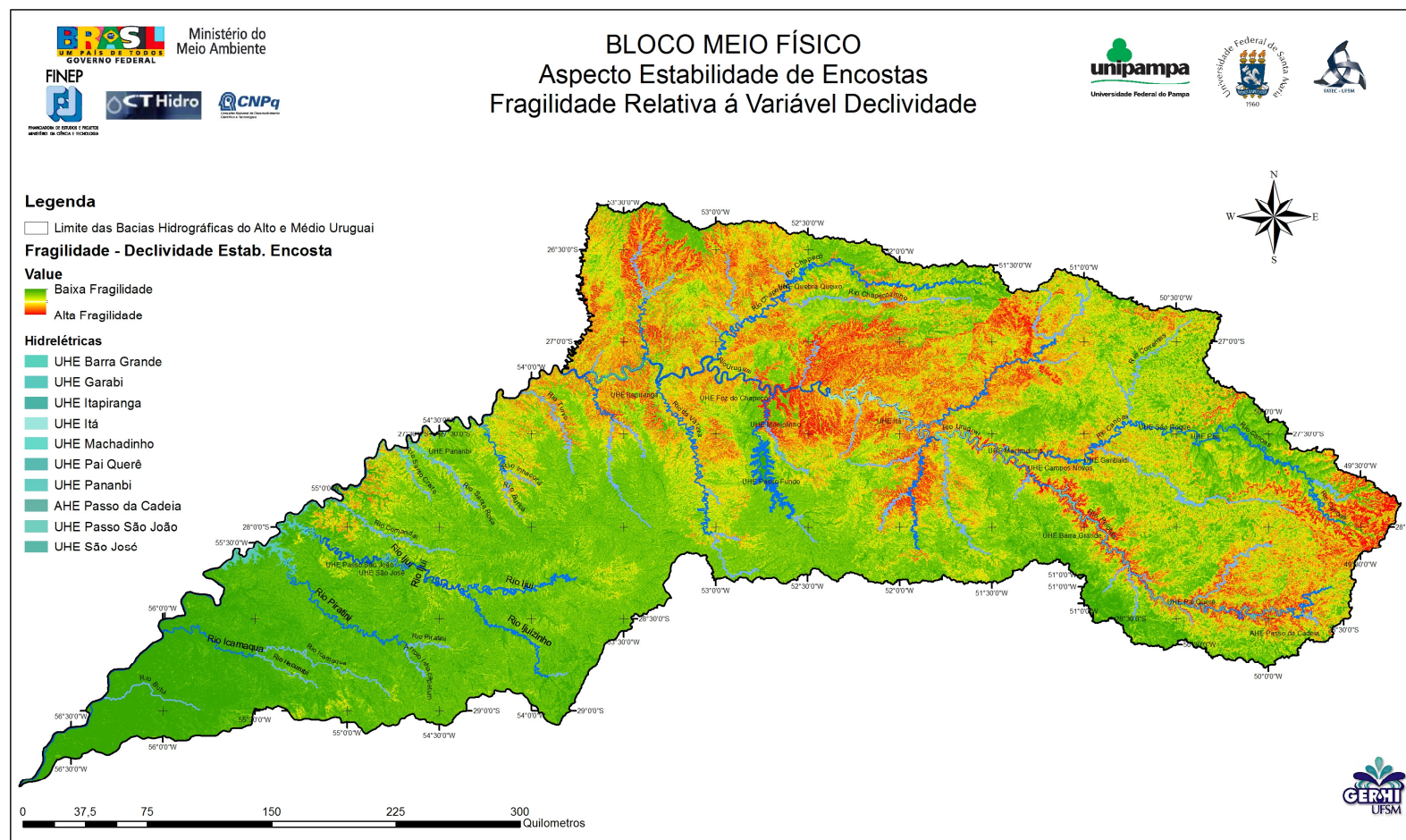


Figura 5-20 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Declividade para a Aspecto Estabilidade de Encostas

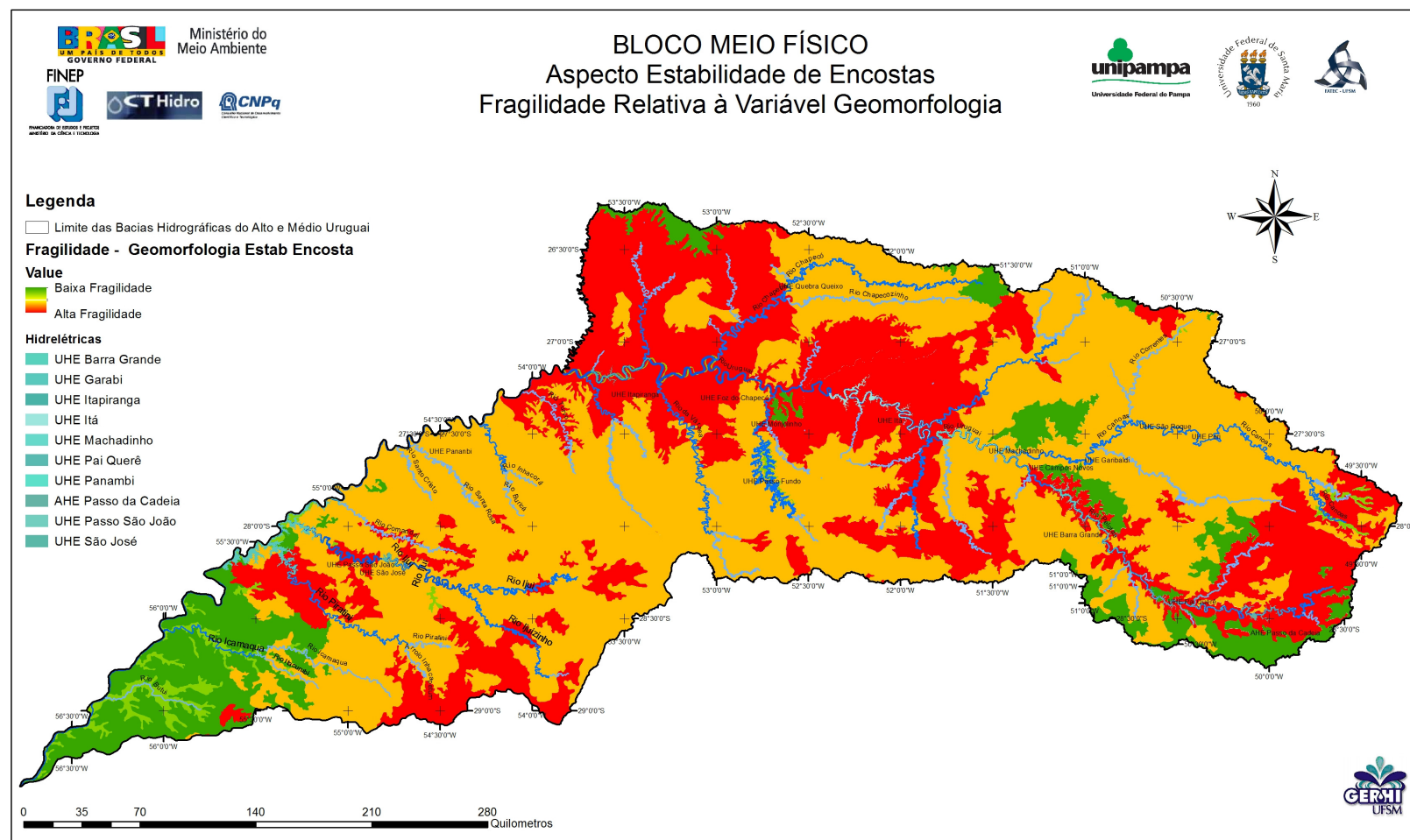


Figura 5-21 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Geomorfologia para o Aspecto Estabilidade de Encostas

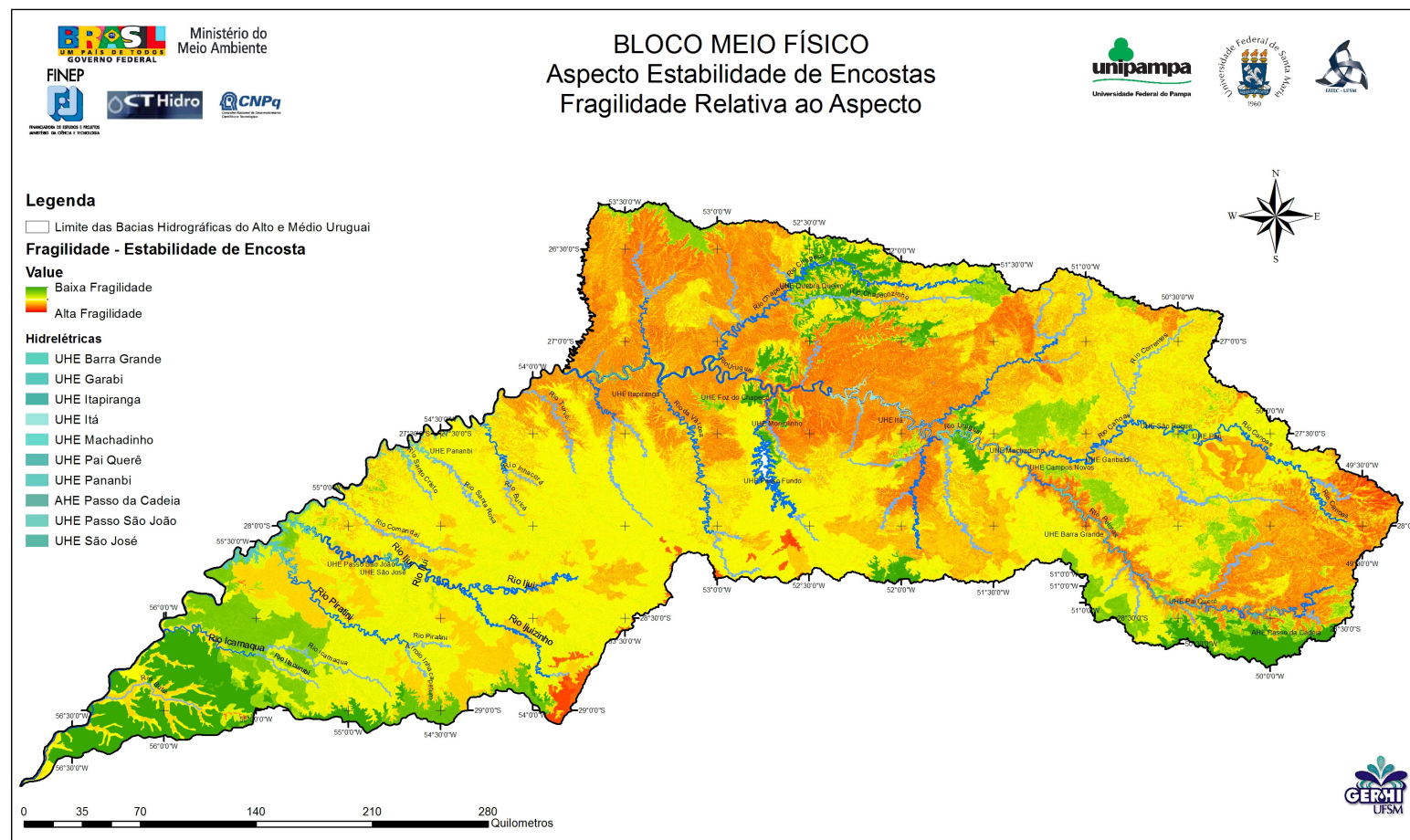


Figura 5-22 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Estabilidade de Encostas

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 5-23 apresenta como esse aspecto foi construído. As variáveis que compõem esse aspecto são: mapa de solos para o RS e SC (Figura 5-24, p.150), na escala de 1:250.000, onde as classes de solos foram classificadas de acordo com sua resistência a impactos ambientais segundo Giassom *et al.* (2005) (Figura 5-25, p.151), mapa de declividades classificado segundo critério adotado pela Embrapa (Figura 5-11, p. 122) e mapa de distâncias das calhas dos rios de 3ª ordem ou maior em escala 1:250.000, não apresentado no relatório. No entorno da rede de drenagem adotou-se um incremento de fragilidade de 50% para a distância da rede de drenagem até 500 m e de 30% de 500 m a 1.000 m da rede de drenagem (Tabela 5-8, p.142). 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 aos lagos de reservatórios, causando impactos.

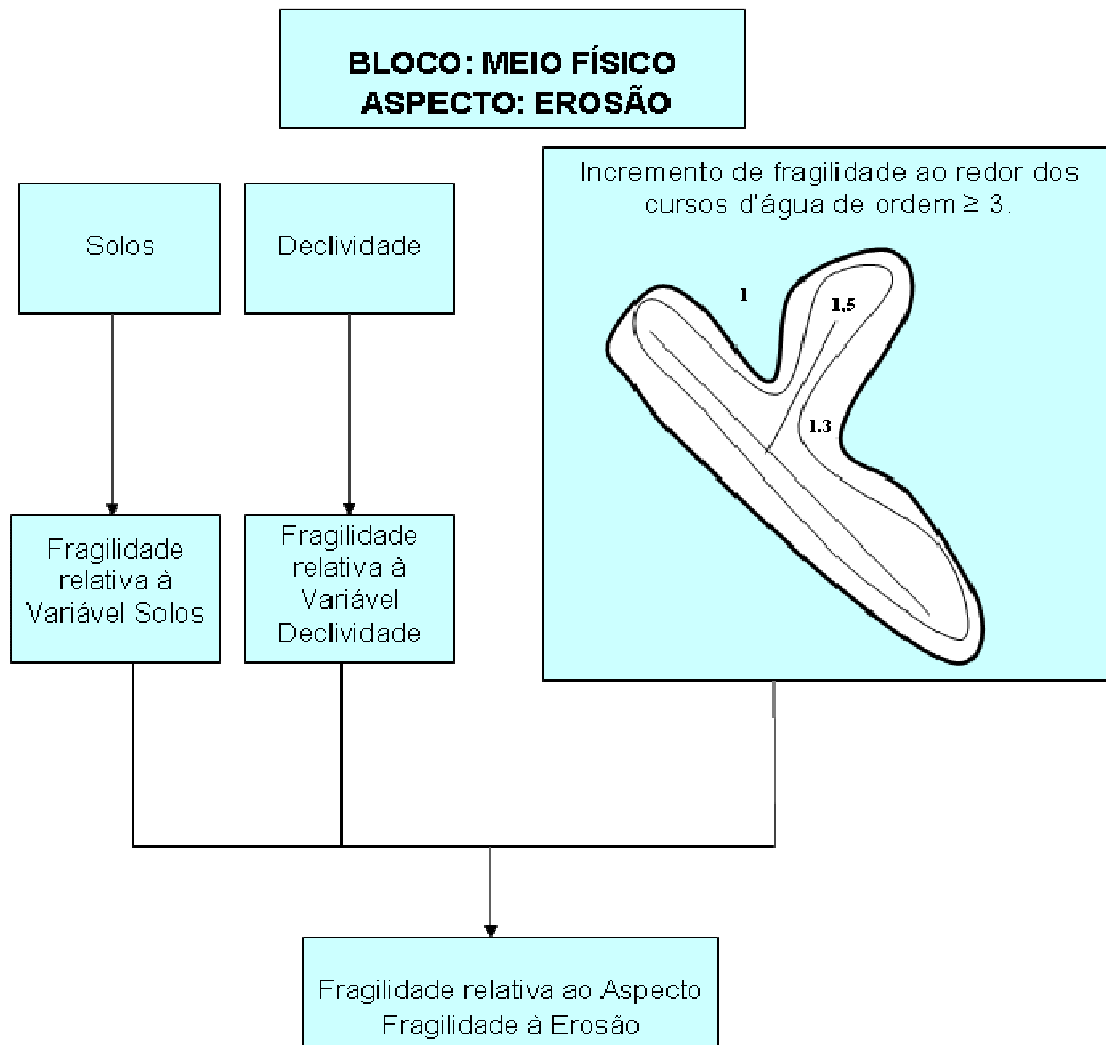


Figura 5-23 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Fragilidade à Erosão

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

Distância ao rio (metros)	Incremento de Fragilidade
0 a 500	50 %
500 a 1.000	30%
> 1.000	-

5.1.3.1 Variável Solos

Para esta variável, tomou-se o mapa de solos do RS e de SC (Figura 5-24, p.150), na escala 1:250.000, os quais contemplam na região de abrangência do projeto 12 classes de solos. 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 atribuídos valores de fragilidade, 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 valores de fragilidade. A partir disto foi gerado o mapa de fragilidades de solos (Figura 5-25, p.151). A Foto 5-17 (p.143) mostra um Latossolo bruno típico da região próxima a onde está prevista a UHE Pai Querê.

A Foto 5-18 (p.144) mostra um Latossolo Vermelho característico da região de Santa Rosa, com perfil profundo e um dos solos mais resistentes a impactos ambientais dentro da área de estudo.

A fragilidade 255 foi atribuída para os solos de maior resistência a impactos ambientais (A). Mesmo sendo a resistência alta, estes solos não são imunes à degradação, principalmente à erosão. E 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 5-25 (p.151) mostra o mapa de fragilidades resultante.

Tabela 5-9 Classes de solos, suas classes de resistência a impactos ambientais e respectivos valores de fragilidade adotados

Sigla	Nomenclatura	Classe de Resistência	Fragilidade
CHA	CAMBISSOLO HÚMICO Alumínico	C	102
CX	CAMBISSOLO HÁPLICO	B	153
FTe	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO	D	51
GM	GLEISSOLO MELÂNICO	D	51
LBa	LATOSSOLO BRUNO Alumínico	A	255
LBaf	LATOSSOLO BRUNO Aluminoférrico	A	255

LV	LATOSSOLO VERMELHO	A	255
MEo	CHERNOSSOLO ÊBANICO	C	102
NV	NITOSSOLO VERMELHO	A	255
NX	NITOSSOLO HÁPLICO	A	255
PV	ARGISSOLO VERMELHO	B	153
PVA	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO	C	102
PVAe2	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico latossólico	C	102
RL	NEOSSOLO LITÓLICO	D	51
RLd	NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico	D	51
RLe	NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico	D	51
RQo2	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	D	51
RYbe	NEOSSOLO FLÚVICO	D	51
VEo	VERTISSOLO EBÂNICO Órtico	C	102



Foto 5-17 Latossolo Bruno



Foto 5-18 Latossolo Vermelho

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 500-1.000 m. Os solos que ocorrem dentro desta área de “buffer” têm sua fragilidade incrementada em 50% quando estão dentro da área de 0-500 m em torno da rede de drenagem e em 30% quando estão dentro da área de 500-1.000 m da rede. Além de 1.000 m, sua fragilidade não é alterada (0%). A **Erro! Fonte de referência não encontrada.**Foto 5-19 (p.145) 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 fragilidade à erosão foram as classes definidas pela EMBRAPA SOLOS (1999). Para as seis classes de declividade (0-3; 3-8, 8-20; 20-45; 45-75 e maior que 75) foram atribuídos valores de fragilidade, a saber: (0-3) – 250 (baixa); (3-8) – 200; (8-20) – 120; (20-45) – 80; (45-75) – 40 e (>75) – 10 (alta). A Figura 5-11 (p.122) mostra o mapa resultante dessa avaliação. Este mapa, que utilizou o mesmo critério de avaliação, foi também utilizado para o aspecto geologia e geomorfologia, tem as áreas com maior declividade, independentemente de sua cobertura, uma fragilidade maior.

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 5-20 (p.145) mostra uma área com várias declividades, com um mesmo tipo de solo e a Foto 5-21 (p.145) mostra

áreas de agricultura familiar e práticas não adequadas, situação muito freqüente em área de grande declividade.



Foto 5-19 Exemplo de Uso do Solo para aplicação de “Buffer” para a Rede de Drenagem



Foto 5-20 Classes de Declividade**Foto 5-21 Agricultura familiar em área de Cambissolo, próximo a Porto Mauá.**

5.1.3.4 Análise Parcial dos Resultados

O mapa de declividade do terreno foi gerado, mostrando que a porção oeste e sul da região de estudo apresenta declividades mais moderadas do que a porção norte e leste. As regiões com declividades maiores situam-se em sua maioria na margem direita do Alto Rio Uruguai, embora na margem esquerda, mais próxima ao rio, também se encontrem regiões com solos de alta declividade. Este mapa foi 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 de fragilidades relativo ao Aspecto Fragilidade à Erosão (Figura 5-26, p.152).

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 5-22 e 5-23 (p. 147 a p.148) 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 5-22 Milho cultivado em Plantio Direto



Foto 5-23 Cultivo de Macieiras

Já a Foto 5-24^{Erro! Fonte de referência não encontrada.} mostra que o manejo inadequado do solo, com preparo convencional com aração e gradagens, mesmo com tração animal, pode degradar severamente estes solos, deixando a subsuperfície exposta. O solo ainda é cultivado, mesmo entre pedras, ou porque o agricultor não dispõe de outra área ou a fertilidade natural do solo ainda permite rendimentos considerados razoáveis pelo agricultor. Isto significa que toda a chamada camada arável do solo já foi erodida e foi carregada para áreas mais baixas e/ou para dentro da rede de drenagem (Foto 5-25, p.149).



Foto 5-24 Área erodida devido ao preparo convencional do solo com agricultura familiar



Foto 5-25 Águas barrentas, denotando o manejo inadequado do solo.

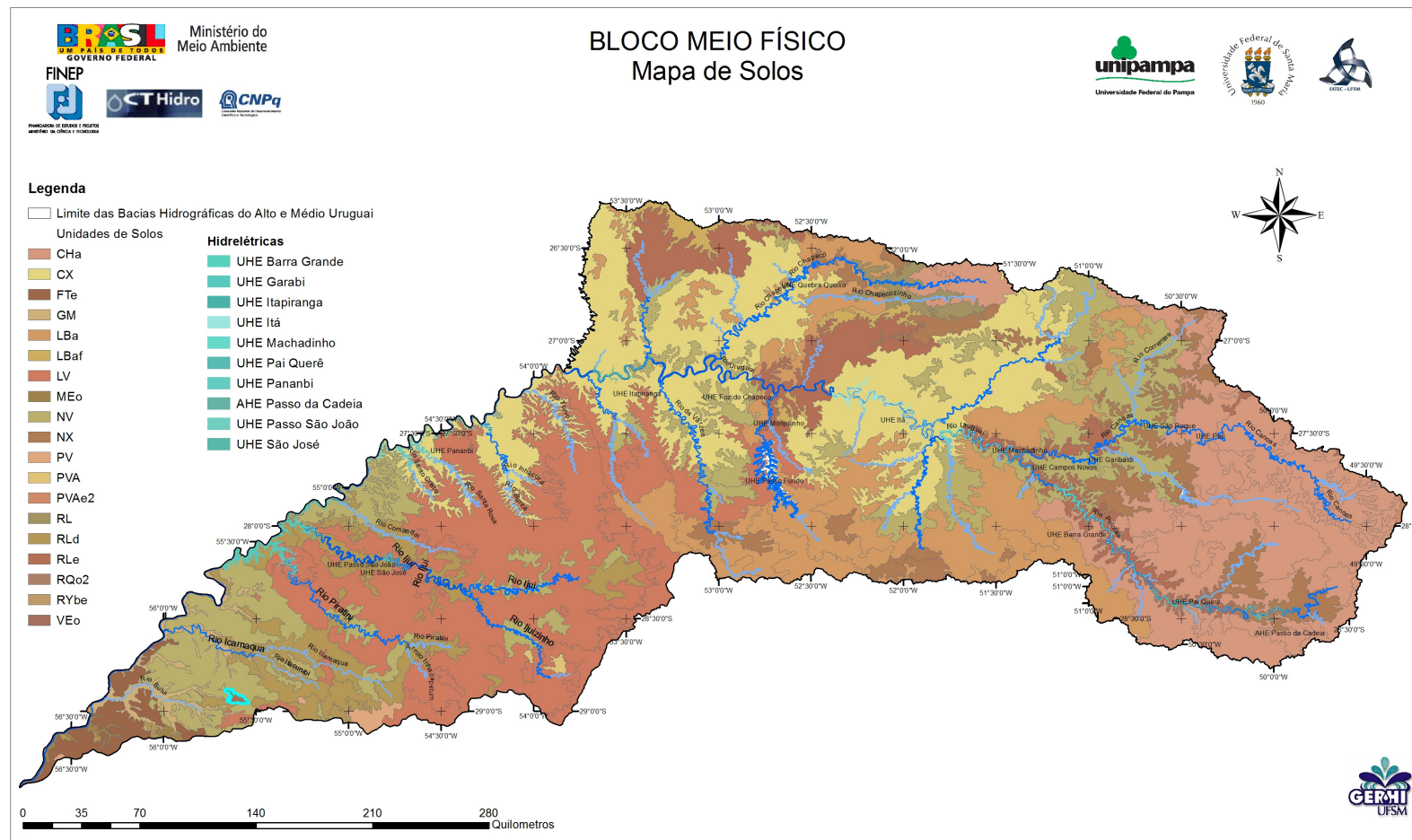


Figura 5-24 Mapa de solos do RS e de SC na região de abrangência do Projeto FRAG-RIO

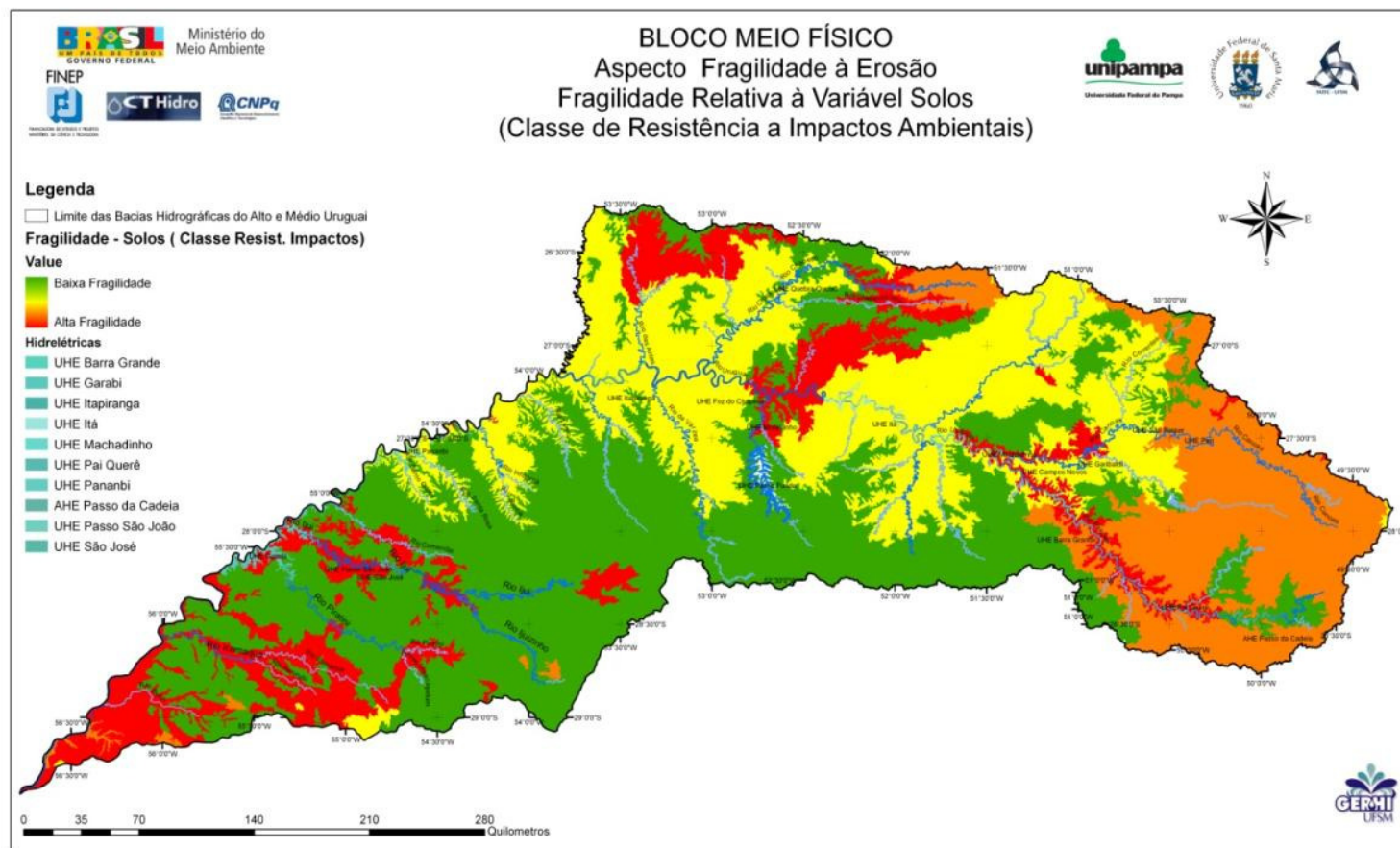


Figura 5-25 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Solos (Classe de Resistência a Impactos Ambientais) para o Aspecto Fragilidade à Erosão

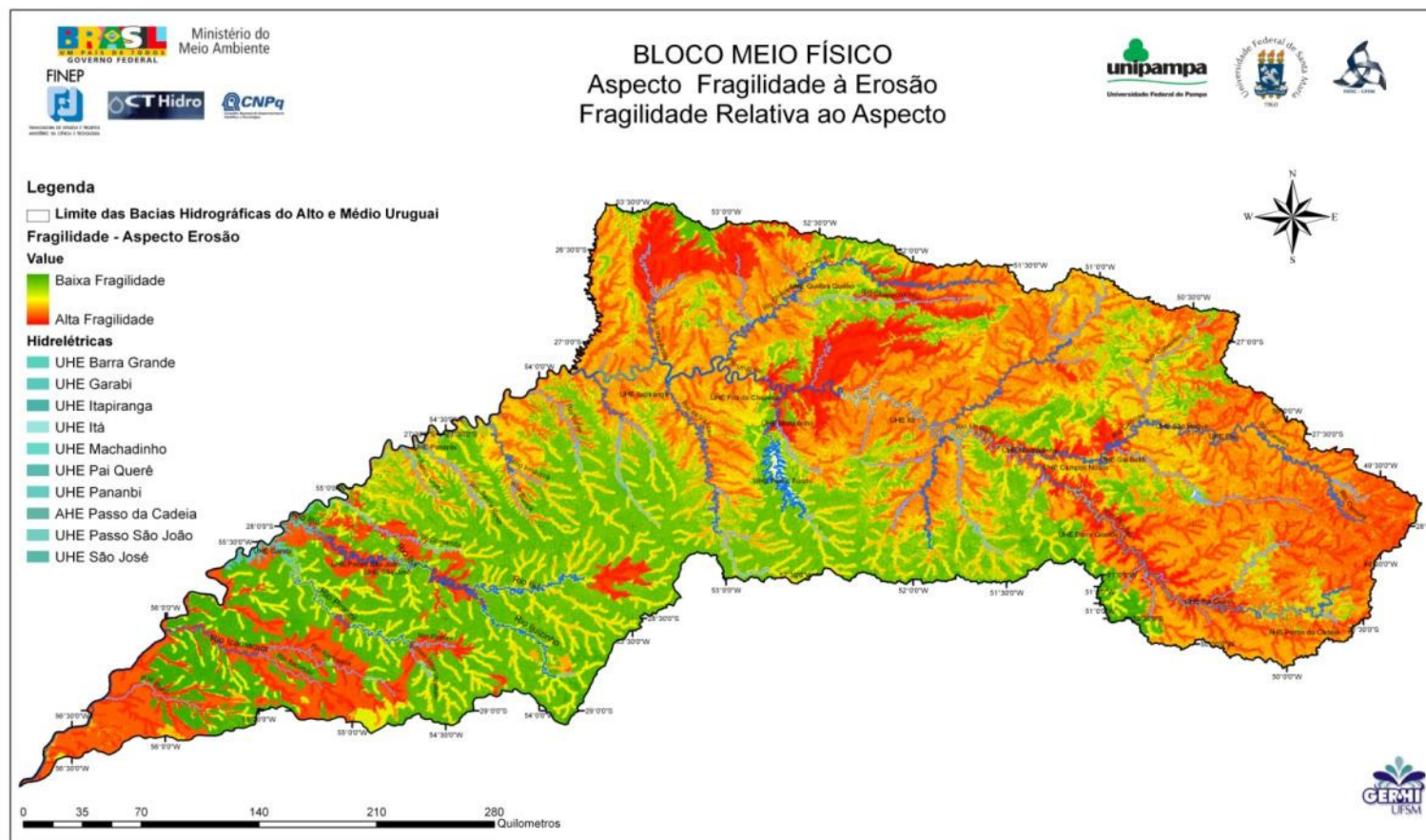


Figura 5-26 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Fragilidade à Erosão

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 ou igual a 3 ao redor da área do empreendimento, com os mesmos critérios utilizados para o Aspecto Fragilidade à Erosão (Tabela 5-8, p. 142). A Figura 5-27 mostra o fluxograma utilizado na composição do Aspecto.

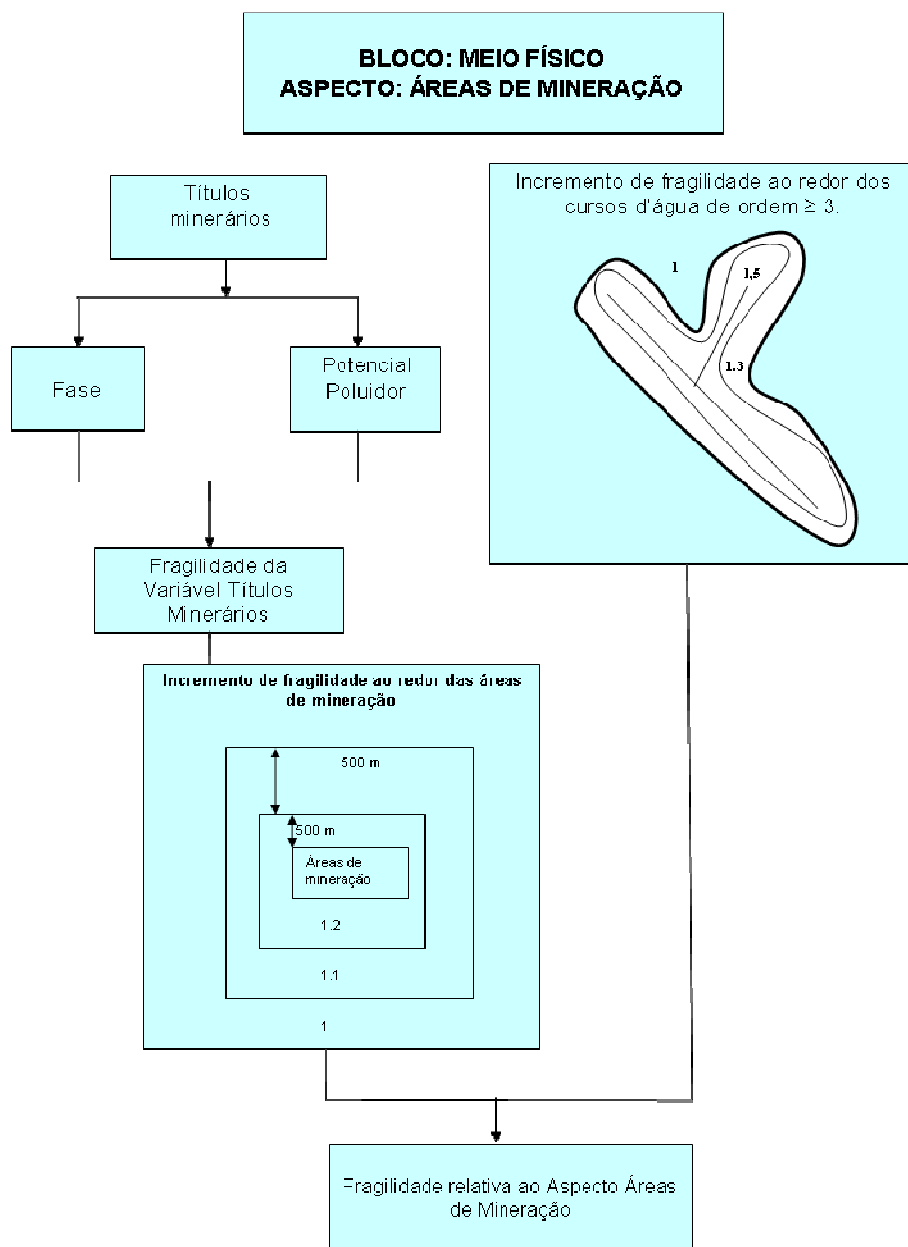


Figura 5-27 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Áreas de Mineração

5.1.4.1 Variável Títulos Minerários

Os processos de requerimento para exploração de bens minerais nas bacias do Alto e Médio Uruguai encontram-se em diferentes fases junto ao DNPM, como:

Grupo de Pesquisa – Gestão de Recursos Hídricos – GERHI

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 atribuir valores de fragilidade, foram cruzados os Parâmetros Fase X Títulos Minerários, este último significando o tipo de bem mineral e seu potencial poluidor. As fases correspondentes aos requerimentos, autorização de pesquisa e disponibilidade receberam valores de baixa fragilidade. As concessões, registros, licenciamentos e lavra receberam valores indicativos de mais alta fragilidade.

Além disto, ao potencial poluidor do bem mineral foram atribuídos valores de fragilidade conforme Tabela 5-10. Foram criados “buffers” de 500 m e 1.000 m ao redor das áreas de mineração, onde foi atribuído um incremento da fragilidade em 50% e 25%, respectivamente.

Tabela 5-10 Valores atribuídos às fases e tipos de bens minerais. Valores baixos 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 ou igual a 3, onde a fragilidade recebeu um incremento (Tabela 5-8, p.142). O cruzamento da fragilidade dos recursos minerais com o “buffer” ao redor das áreas e o “buffer” dos cursos d’água originou o mapa de fragilidades do Aspecto Áreas de Mineração.

5.1.4.3 Análise dos Resultados

O mapa de fragilidades do Aspecto Áreas de Mineração pode ser visto na Figura 5-28 (p. 156). Percebe-se que grande número de processos na Bacia do Alto Uruguai estão localizados na parte oeste e secundariamente 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.

Na Bacia do Médio Uruguai predominam processos de requerimento de pesquisa, autorização de pesquisa e áreas em disponibilidade. Estes concentram-se na porção nordeste da bacia e mais ao sul, nos municípios de São Borja e Itaqui. Os minerais requeridos para pesquisa são preferencialmente cobre e ametista. Na porção de jusante da bacia as autorizações para pesquisa são para basalto e gema.

A maior fragilidade desta área está associada ao tipo de lavra que muitas vezes é realizada de forma inadequada, sem acompanhamento técnico e sem a preocupação com a 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.

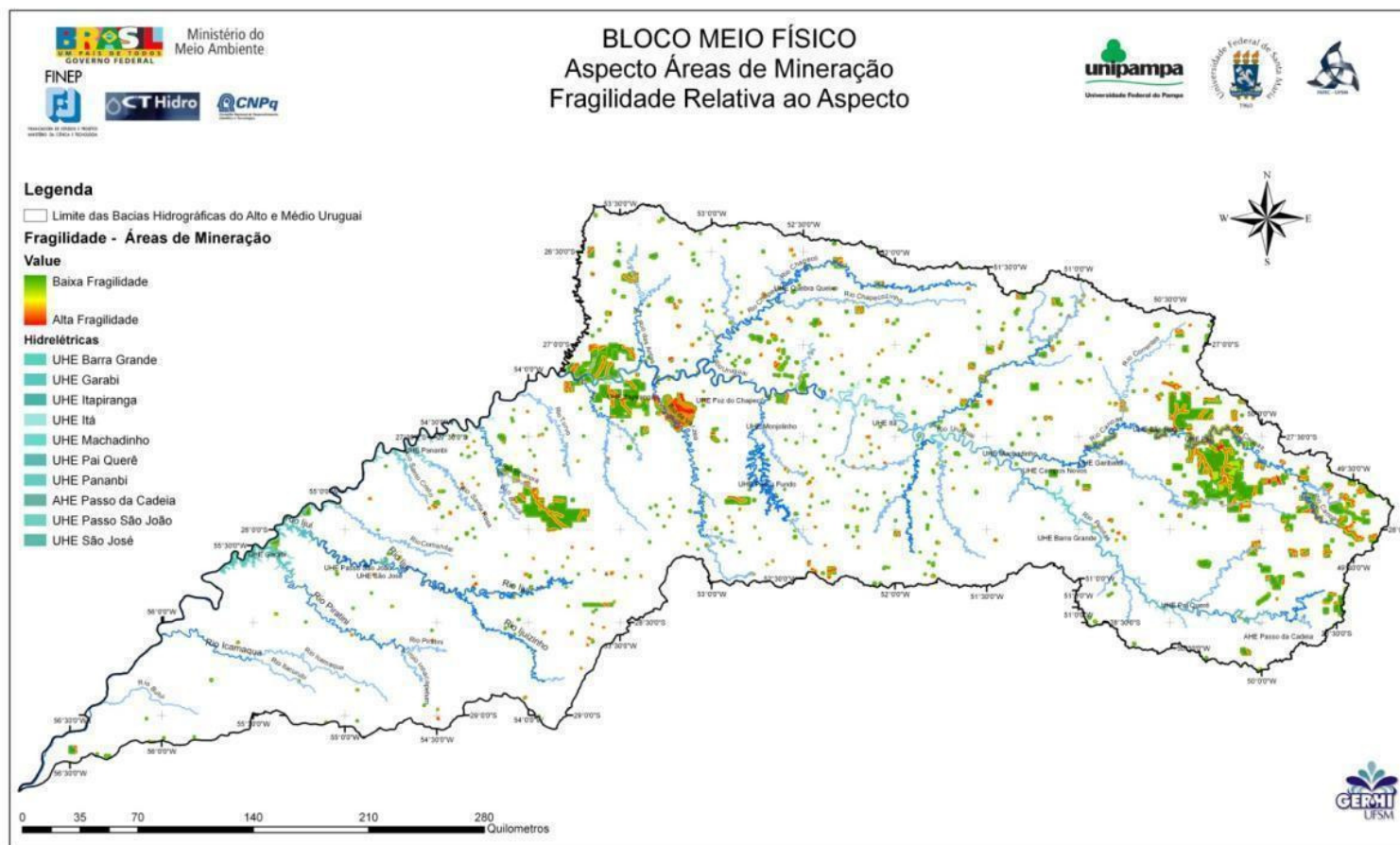


Figura 5-28 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Áreas de Mineração

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 o 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 5-29).

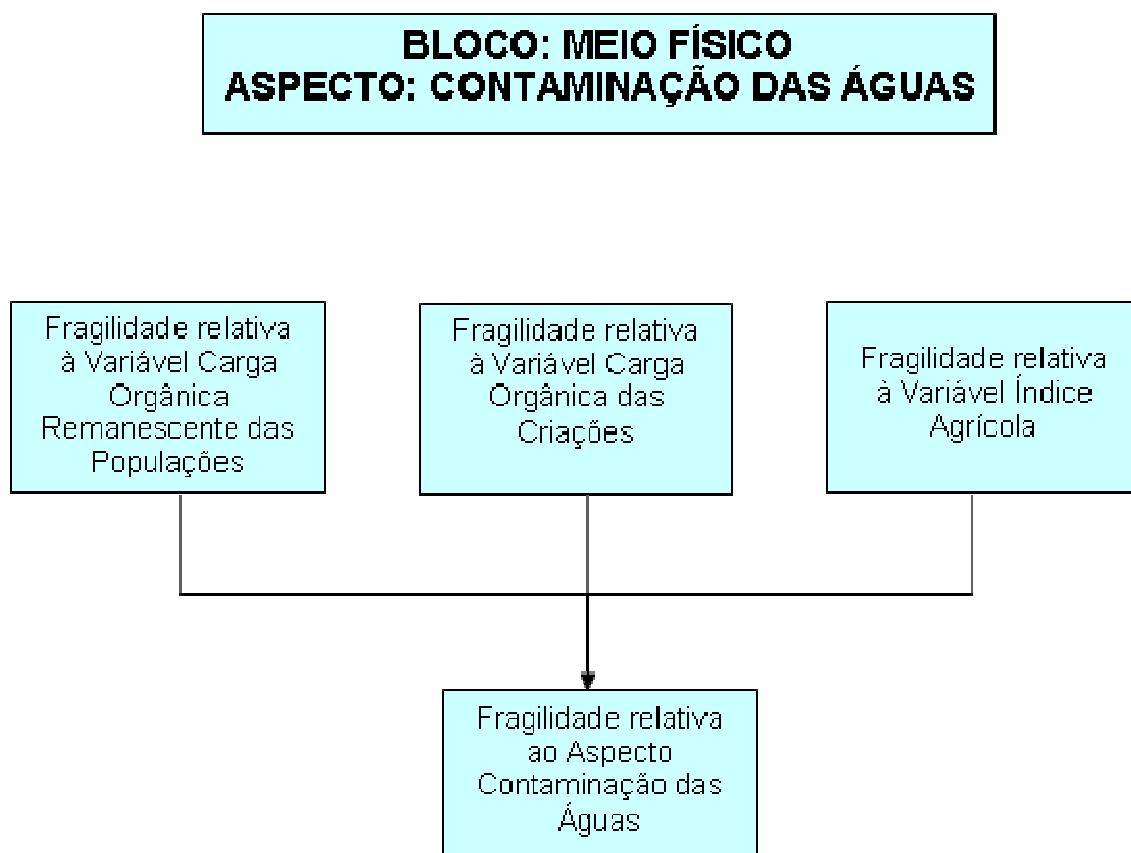


Figura 5-29 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Contaminação das Águas

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:

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

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).

Parâmetros	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 5-30 (p. 159) 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 1 (alta fragilidade) a 255 (mínima fragilidade). O mapa correspondente pode ser visualizado na Figura 5-33 (p.168).

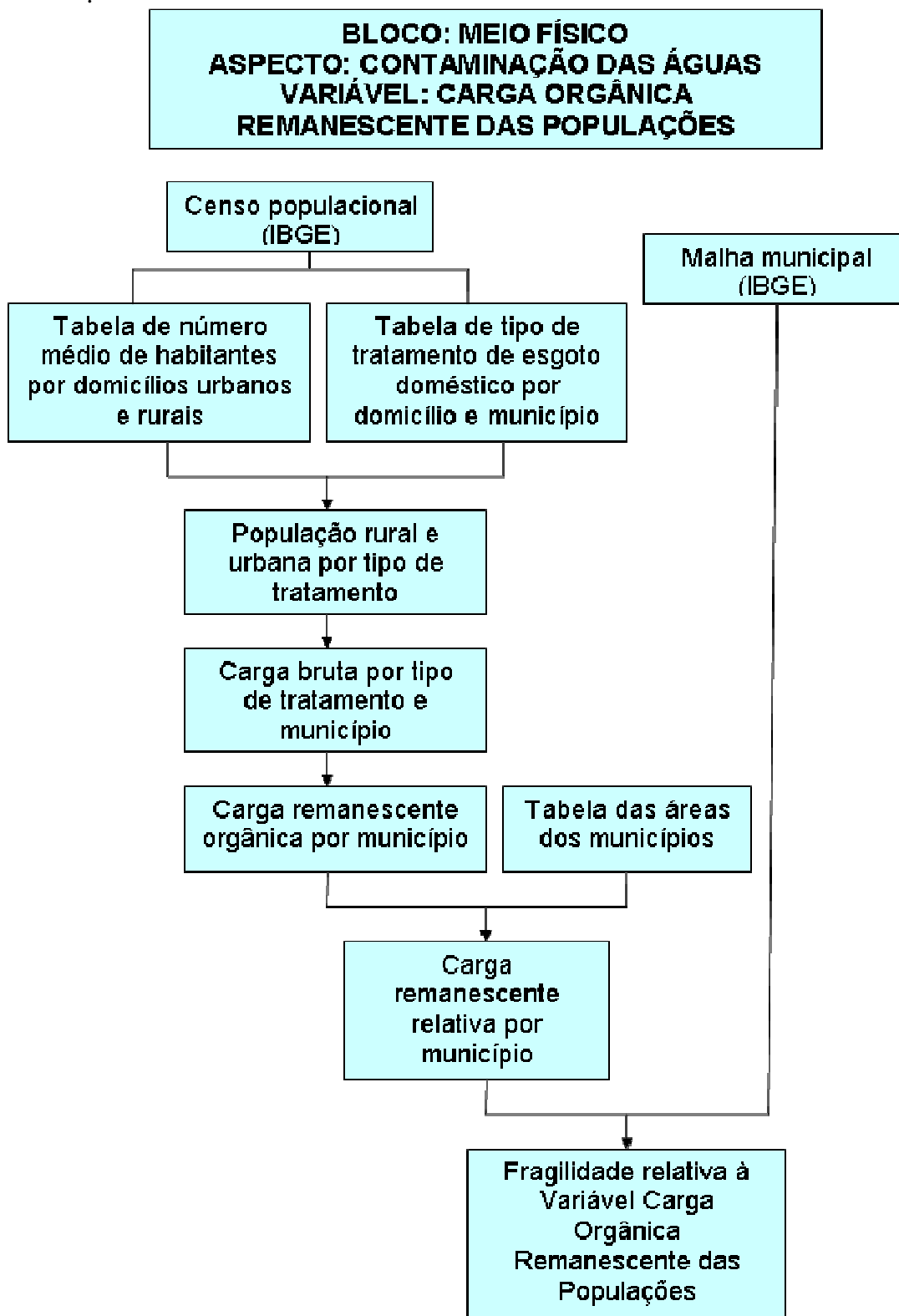


Figura 5-30 Fluxograma para obtenção da Fragilidade da Variável Carga Orgânica Remanescente das Populações

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. Dos vinte

municípios com maior população na bacia estudada do Rio Uruguai, doze estão na margem esquerda (RS) e oito estão na margem direita (SC). Entretanto, dos vinte municípios com maior carga remanescente das populações, catorze se encontram na margem direita (SC) e apenas seis na margem esquerda (RS). Dos dez municípios com maior carga remanescente das populações, nove se encontram em Santa Catarina. Assim, a maior fragilidade relativa à Variável Carga Orgânica Remanescente das Populações está localizada em Santa Catarina, na margem direita do rio Uruguai, provavelmente como função de uma associação de fatores: maior densidade populacional associada ao menor saneamento.

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

	Município	Estado	População Total (Hab)	Pop/km ²	Município	Estado	Carga Remanescente gramas/dia.km ²	Pop/km ²
1	Passo Fundo	RS	183300	241,7	Joaçaba	SC	2439	101,7
2	Chapecó	SC	164803	264,0	Luzerna	SC	2439	46,3
3	Lages	SC	161583	61,0	Chapecó	SC	1750	264,0
4	Erechim	RS	92945	122,0	Guatambú	SC	1750	21,9
5	Ijuí	RS	76739	84,7	Nova Itaberaba	SC	1750	30,4
6	Santo Ângelo	RS	73800	109,2	Cordilheira Alta	SC	1750	39,8
7	Caçador	SC	67556	67,7	Videira	SC	1643	117,7
8	Concórdia	SC	67249	83,4	Iomerê	SC	1643	22,9
9	Santa Rosa	RS	64113	131,5	Herval d'Oeste	SC	1442	89,1
10	Cruz Alta	RS	63450	26,1	Erechim	RS	1372	122,0
11	São Borja	RS	61834	17,1	Ijuí	RS	1156	84,7
12	Vacaria	RS	59938	28,5	Coronel Barros	RS	1156	15,1
13	Carazinho	RS	58196	64,1	Concórdia	SC	1095	83,4
14	Santiago	RS	49558	15,2	Arabutã	SC	1095	30,3
15	Videira	SC	44479	117,7	Alto Bela Vista	SC	1095	19,4
16	Xanxerê	SC	40228	105,6	Frederico Westphalen	RS	1083	103,4
17	Curitibanos	SC	37493	39,4	Fraiburgo	SC	1027	80,2
18	Itaqui	RS	36361	10,7	Capinzal	SC	1019	82,2
19	Panambi	RS	36360	74,1	Cerro Largo	RS	977	71,6
20	Fraiburgo	SC	34889	80,2	São Pedro do Butiá	RS	977	26,0

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 bruta de DBO, devido aos tipos de dados disponíveis (IBGE (1996), <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 as cargas unitárias de DBO para bovinos, equinos, suínos, caprinos e aves (Tabela 5-13) 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:

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

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 maior é a fragilidade, os valores foram re-escalonados: a maior carga específica recebeu valor de um (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 (p. 162) detalha o procedimento de obtenção do mapa de potencial de contaminação orgânica dos rebanhos e a Figura 5-34 (p.169) mostra o respectivo mapa.

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

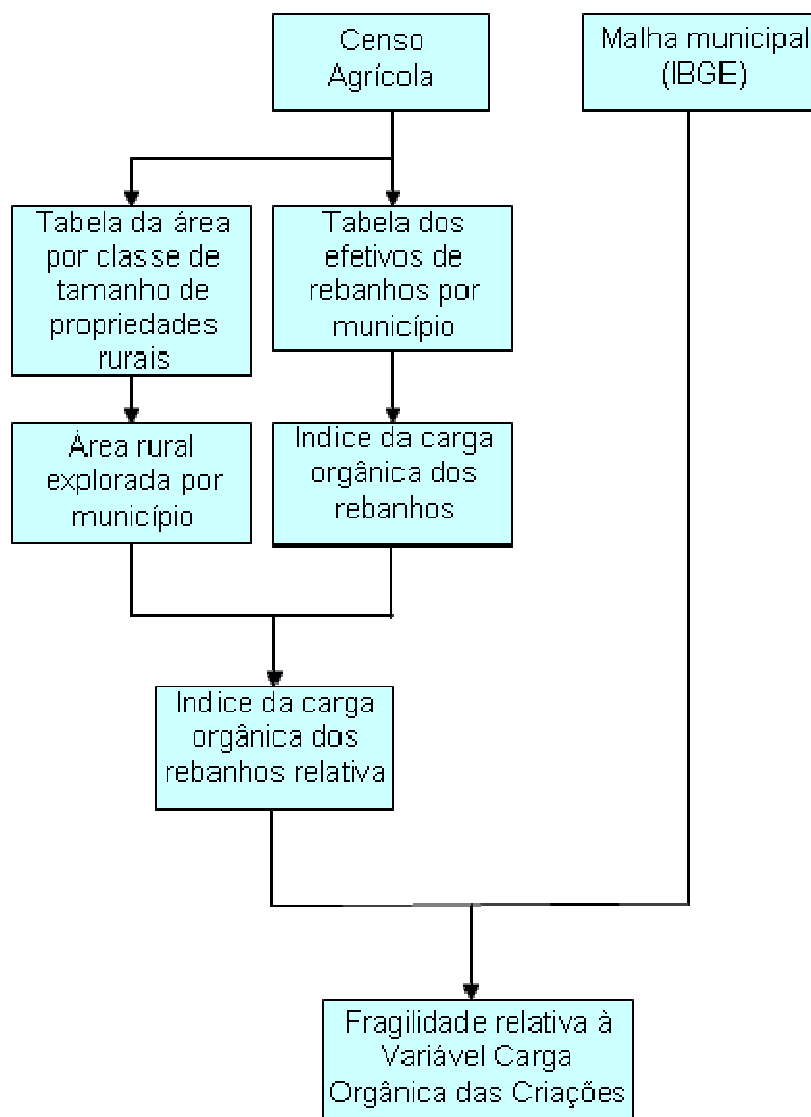


Figura 5-31 Fluxograma para obtenção da Fragilidade da Variável Contaminação Orgânica das Criações

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 do leito maior do rio Uruguai (região de margens), como visto 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. A Foto 5-26 e a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**Foto 5-27 (p. 164) mostram reservatórios para destinação final de efluentes líquidos de criações de suínos e aves.



Foto 5-26 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 5-27 Vista de outro reservatório às margens do rio Uruguai no trecho do projeto de Itapiranga

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, obtidas em IBGE (1996) (<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:

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

em que:

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

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

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, maior é a fragilidade. O índice, para ser expresso em termos de fragilidade, foi re-escalado linearmente para 255, o menor valor (menor fragilidade) e para 1, o maior valor (maior fragilidade).

A Figura 5-32 (p. 166) detalha o procedimento de obtenção do mapa de fragilidades relativo à Variável Índice Agrícola e a Figura 5-35 (p.170) mostra o respectivo mapa obtido.

A análise do mapa indica que a grande concentração da atividade agrícola está 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 Figura 5-33 (p. 170) e Figura 5-34 (p.169) 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.

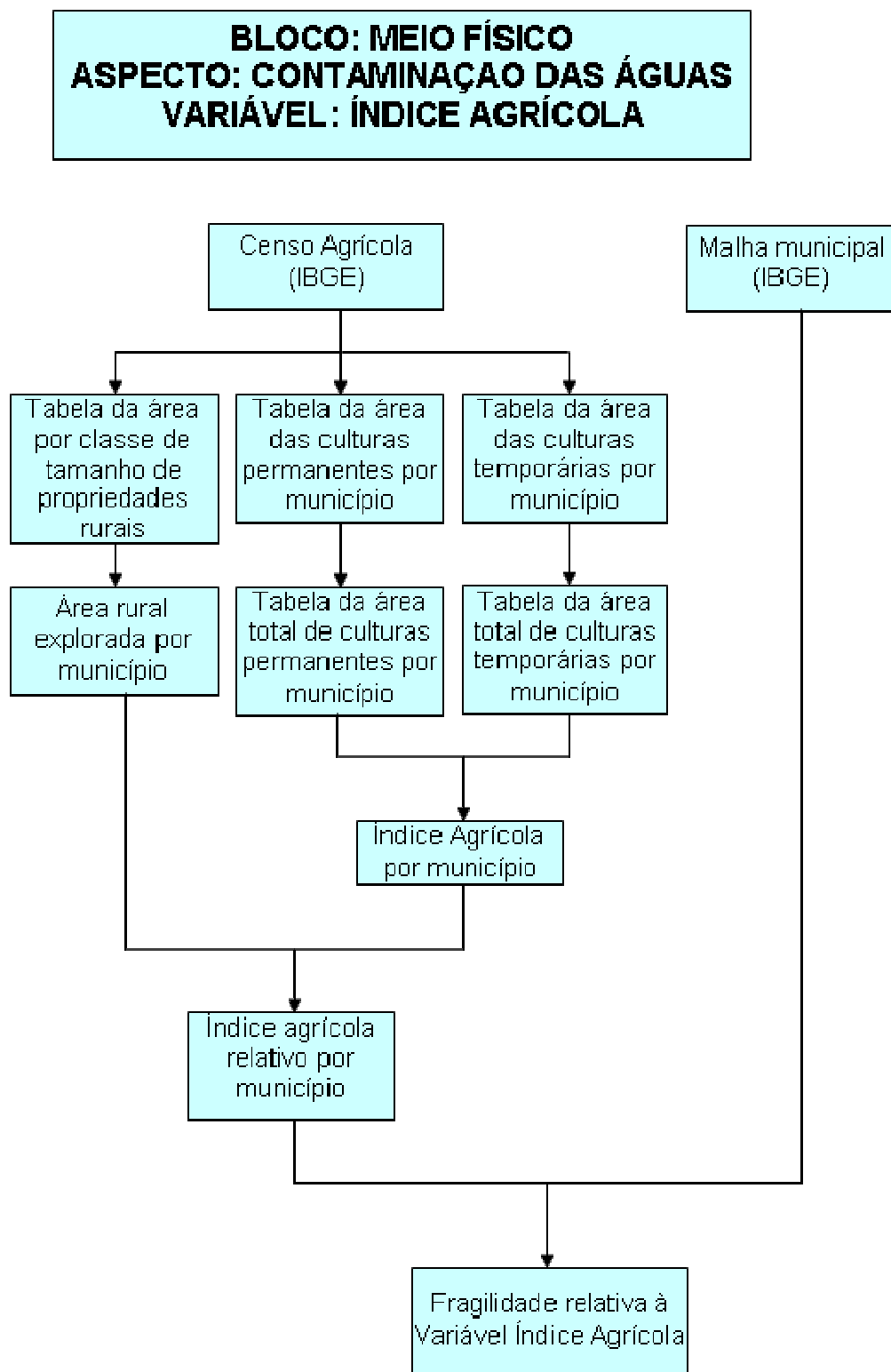


Figura 5-32 Fluxograma para obtenção da Fragilidade da Variável Índice Agrícola

5.1.5.4 Análise Parcial dos Resultados

O mapa de fragilidades relativo à contaminação das águas foi obtido do cruzamento em igual proporção dos mapas da carga orgânica remanescente das

populações, da carga orgânica dos rebanhos e do índice agrícola e a Figura 5-36 (p.163) mostra o mapa resultante.

O mapa de fragilidade em relação ao Aspecto Contaminação das Águas reflete bem os mapas das Figura 5-34 (rebanho) (p.169) e Figura 5-35 (índice agrícola) (p.165), e parcialmente o mapa da Figura 5-33 (populações) (p.168). A parte oeste da bacia, tanto na margem direita como esquerda do rio Uruguai, 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.

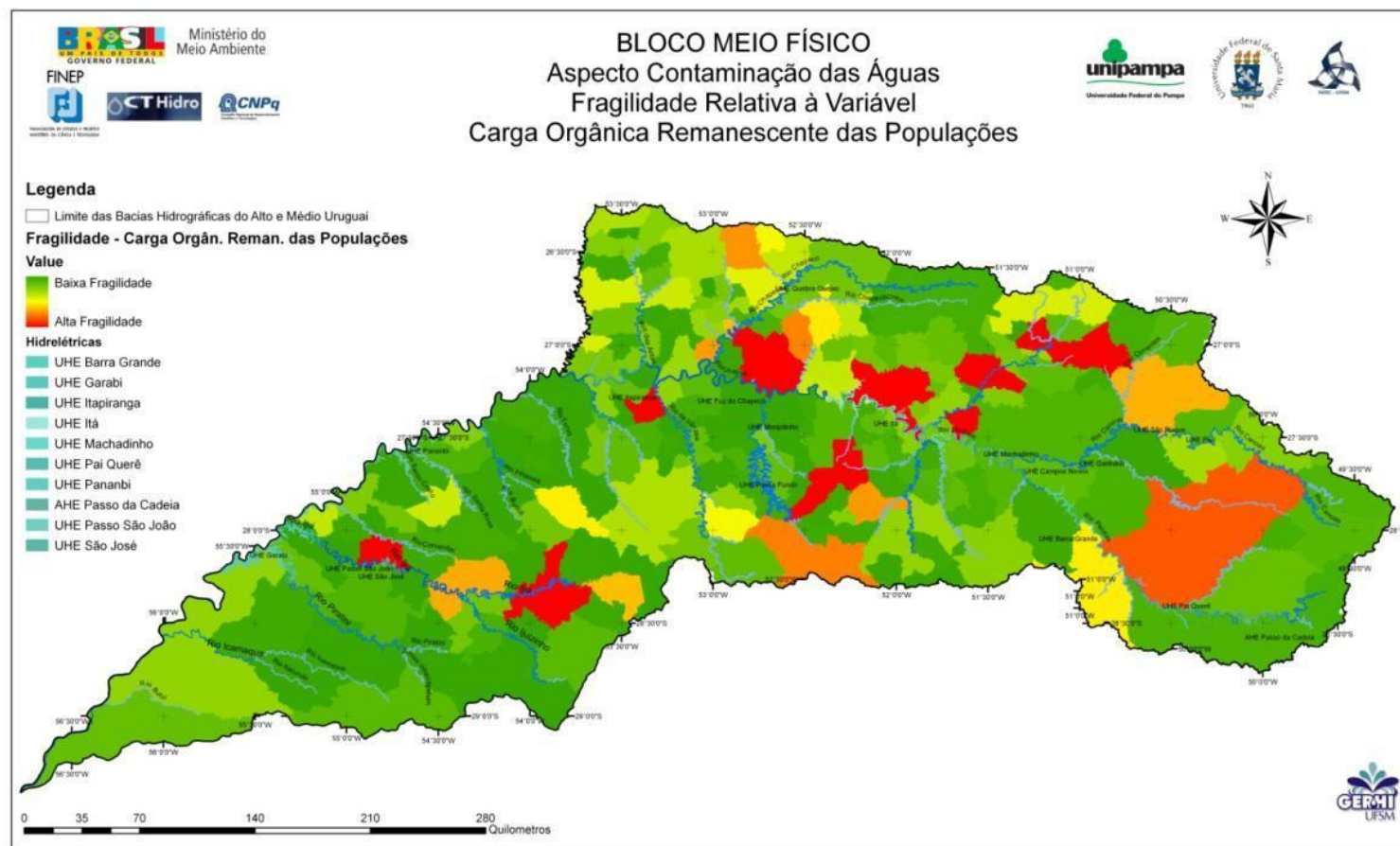


Figura 5-33 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Carga Orgânica Remanescente das Populações

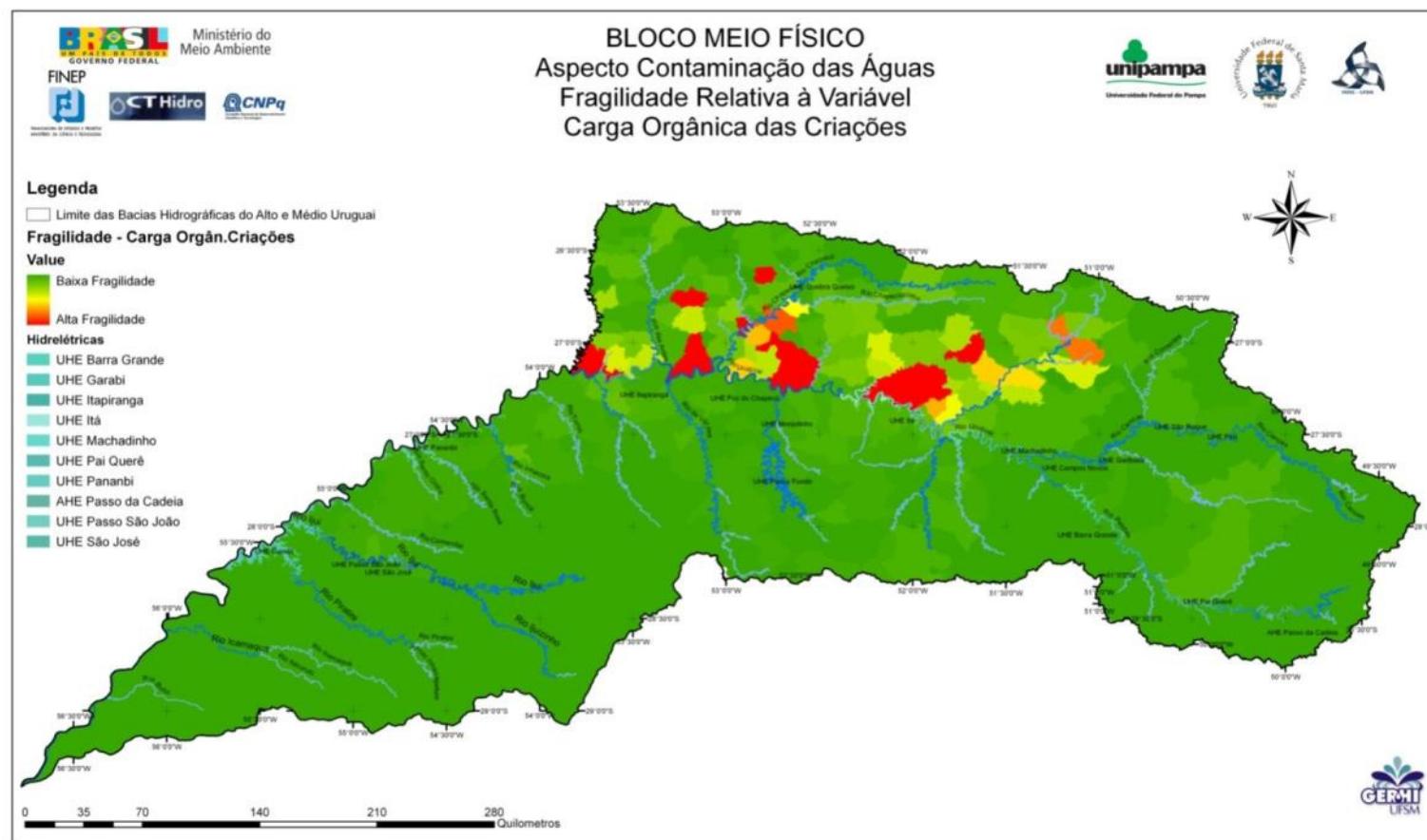


Figura 5-34 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Carga Orgânica das Criações

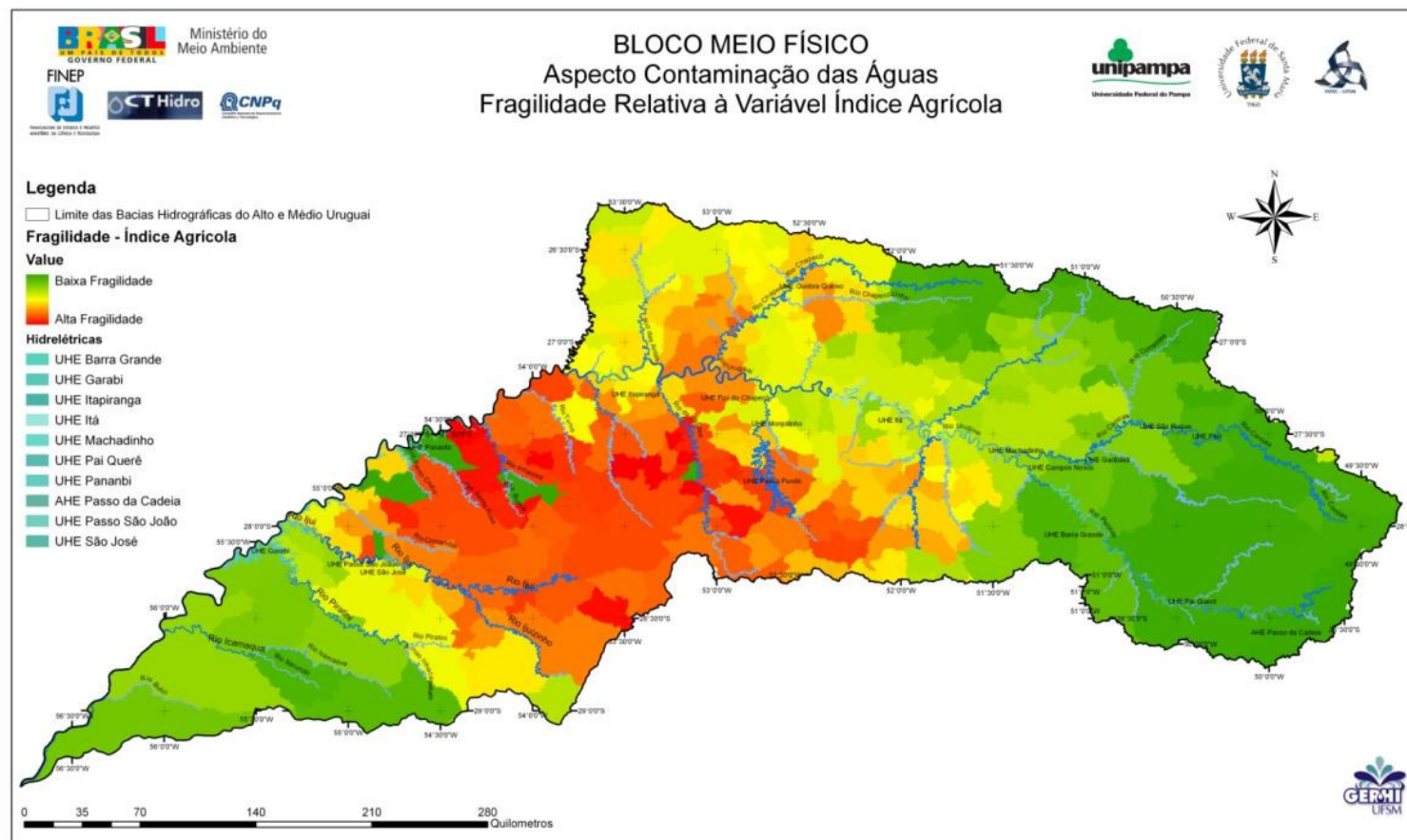


Figura 5-35 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Índice Agrícola

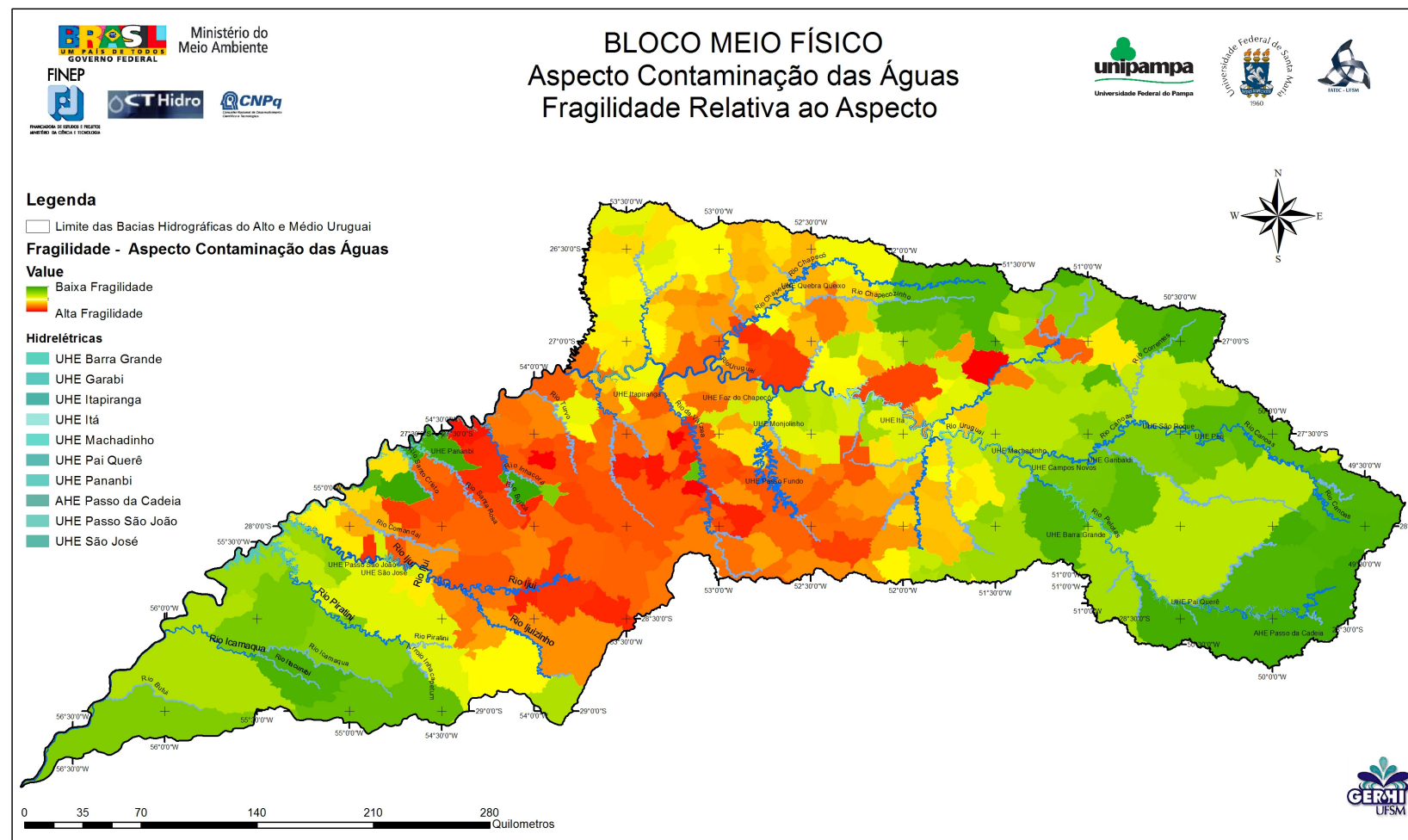


Figura 5-36 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Contaminação das Águas

5.1.6 Resultados do Bloco Meio Físico

O modelo para obtenção das Fragilidades do Bloco Físico está representado na Figura 5-37 e na Figura 5-38 (p.176), 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 de rios com empreendimentos.

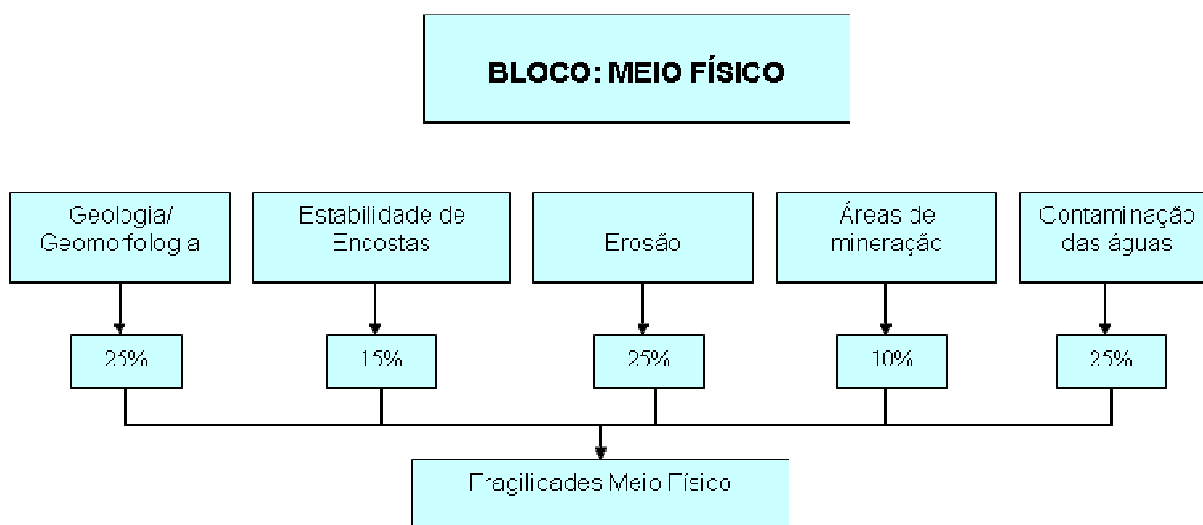


Figura 5-37 Fluxograma do modelo de Fragilidades do Meio Físico

Com base no resultado final do Bloco Meio Físico (Figura 5-38), 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:

- a fragilidade é maior no centro norte da bacia estudada, sendo acentuada ao longo dos cursos d'água, principalmente em torno do rio Uruguai com destaque para o município de Itapiranga. A alta fragilidade desta área está relacionada aos Aspectos Fragilidade à Erosão Figura (5-26, p.152), Estabilidade de Encostas Figura (5-22, p.140) e Contaminação das Águas Figura (5-36, p.171). Áreas isoladas de alta fragilidade estão relacionadas a Variável Carga Orgânica das Populações (Figura 5-33, p.160) e ocorrem junto aos municípios de Ijuí no Rio Grande do Sul e Concórdia, Chapecó e Joaçaba em Santa Catarina.
- as áreas de baixa fragilidade ocorrem nas porções leste e oeste da bacia (nos seus extremos) devido a pequena possibilidade de contaminação das águas (baixa densidade populacional e menor índice agrícola), bem como a estarem associadas a relevos mais suaves. 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 barragens para a geração de eletricidade;

- os trechos de montante da bacia do alto Uruguai (onde estão previstos a UHE Pai Querê e o AHE 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 da bacia do alto Uruguai (onde está prevista a UHE Itapiranga) e a bacia do médio Uruguai (onde estão previstas as UHEs Panambi e Garabi) apresentam condições semelhantes às citadas acima, diferenciados apenas por suas feições geomorfológicas (vales abertos com leitos rochosos) 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;
- em relação a água subterrânea sugere-se que sejam realizados os seguintes estudos:
 - 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. Mapas de isotemperaturas tanto da Zona de Confinamento, Zona de Forte Confinamento e Zona de Afloramentos PSAG (2009);
 - 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 Área de Influência Direta/AID, Área Diretamente Alagada/ADA e seu entorno bem como na Área de Influência Indireta/AII de reservatórios a serem executados antes, durante e depois da implantação dos empreendimentos hidroelétricos (estabelecimento de uma série histórica de flutuação de níveis de água subterrânea). Esta deverá iniciar em CPRM/RIMAS (2011);
 - Programas de investigações geológicas indiretas (Prospecção Geofísica) e diretas (perfurações/sondagens) os quais forneçam, entre outras informações relativas; a profundidade do nível da água subterrânea, a pressão da água, a presença de aquíferos, a temperatura da água subterrânea e suas flutuações, a qualidade físico-química e bacteriológica; parâmetros os quais servirão para ampliação dos conhecimentos através de estudos hidrogeológicos e tomadas de decisão em relação a empreendimentos hidroelétricos futuros (UHEs, AHEs e PCHs) na área em estudo.

- com relação ao Aspecto Estabilidade de Encostas (Figura 5-22, p. 140) verifica-se que a maior parte da área da bacia apresenta fragilidades médias e baixas. As maiores fragilidades associam-se a região do Domo de Lajes por apresentar declividades elevadas e rochas com menor qualidade geomecânica. Fragilidades elevadas também ocorrem na calha dos rios Pelotas e Uruguai em seu alto e médio curso, resultantes da maior declividade e presença de colúvios e tálus. Outra região de alta fragilidade ocorre na porção oeste da bacia do Alto Uruguai, no trecho de influência do Projeto Itapiranga, 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 em que estão previstos a UHEs Pai Querê e o AHE Passo da Cadeia, ocorrem vales profundos em forma de “v”, fechados, onde a fragilidade mais elevada está associada a movimentos de massa localizados, como queda e deslizamento de blocos rochosos e escorregamentos em terrenos coluvionares de pouca espessura;
- muito embora a fragilidade do médio curso do rio Uruguai (onde estão previstas as UHEs Panambi e Garabi) seja intermediária deve-se ressaltar que nesta região, reservatórios com nível d’água restrito ao leito maior do rio podem, em decorrência de sua oscilação brusca, causar instabilizações de taludes com cobertura coluvionar e de tálus.
- Com relação ao Aspecto Fragilidade à Erosão (Figura 5-26, p. 152), as maiores fragilidades ocorrem próximas às redes de drenagem da área analisada, pela maior declividade e consequente facilidade de carreamento de sedimentos para dentro da calha dos rios e reservatórios. Associam-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. Na parte mais oeste da bacia, a jusante do eixo inventariado para a UHE Garabi ocorrem solos de maior fragilidade a erosão.
- com relação ao Aspecto Contaminação das Águas Superficiais, existe uma fragilidade maior na porção centro-sul da bacia (trecho em que estão previstas as UHEs Itapiranga, Panambi e Garabi) devido ao uso intenso e falta de saneamento urbano e rural, bem como ao uso de técnicas agrícolas inadequadas. Áreas isoladas de alta fragilidade encontram-se nos municípios de maior densidade populacional e maior atividade agroindustrial (aves e suínos) como Ijuí, Bozano, Coronel Barros, Cerro Largo, Salvador das Missões, São Pedro do Butiá e Frederico Westphalen, entre outros. Já na porção leste (trecho em que estão previstos a UHE Pai Querê e o AHE 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. Áreas de baixa fragilidade são encontradas também na porção oeste da bacia devido ao uso de pecuária extensiva e lavouras em plantio direto em áreas de baixa declividade;
- com relação aos direitos minerários Figura 5.28, (p. 156), a maioria dos processos encontram-se na parte oeste da bacia do alto Uruguai e na porção de montante da bacia do médio Uruguai, 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 a forma de extração, normalmente rudimentar, que ocorre sem acompanhamento técnico e sem cuidado com o meio ambiente.

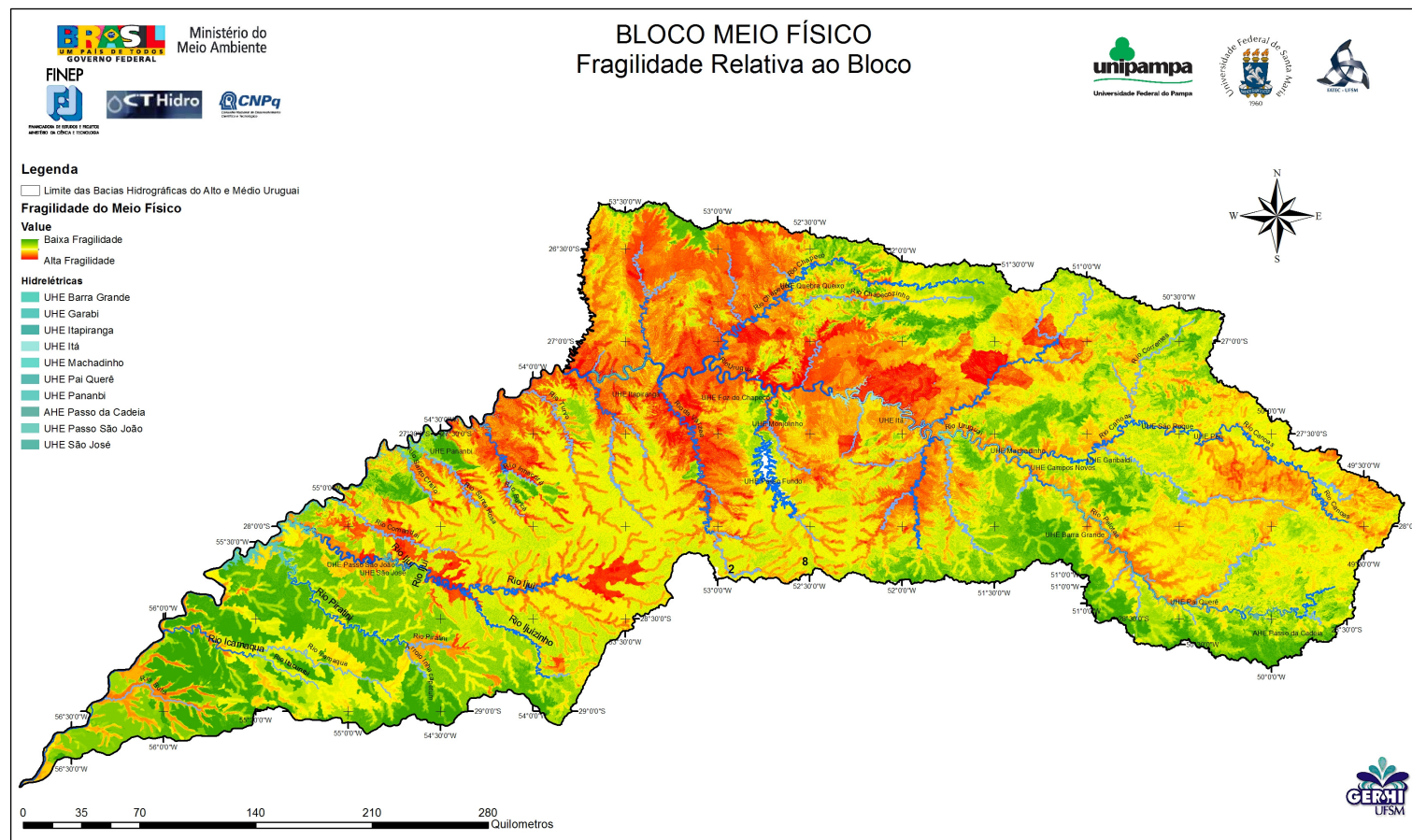


Figura 5-38 Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco Meio Físico.

5.2 Bloco Meio Antrópico

O Quadro 5-6, abaixo, apresenta os Aspectos e Variáveis selecionados para indicar o estado dos padrões e processos que afetam a fragilidade do ambiente antrópico.

Quadro 5-6 Aspectos avaliados no Meio Antrópico, Variáveis associadas e sua importância

Aspecto	Variável (is) associada (s) Valores de 1 a 255 1 = alta fragilidade 255 = baixa fragilidade	Importância
População Rural Deslocada	- Índice de Pressão Fundiária sobre os Recursos Naturais; - 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 e Quilombolas	- Terras indígenas; - Terras quilombolas.	Preservação da diversidade sócio-cultural
Influência Sobre Populações de Pescadores Profissionais-Artesanais	Número de pescadores acumulados nos trechos contínuos de rios registrados na SEAP/PR.	Avaliação do risco de perda de fonte de renda (redução dos estoques x esforço de pesca)
Patrimônio Cultural	- Rota dos tropeiros; - Sítios arqueológicos (cadastrados no Iphan).	Preservação da memória e dos costumes relacionados ao tropeirismo e do patrimônio arqueológico
Áreas Urbanas ou Urbanizadas	Distâncias em relação às áreas urbanas.	Interferência com populações e infra-estruturas concentradas espacialmente
Infraestrutura e Ordenamento Espacial	- Estradas e ferrovias; - Proximidade e cruzamento com a rede fluvial.	Avaliação da interferência com as relações de vizinhança e sobre a infraestrutura

5.2.1 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 diferentes 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 5-39 apresenta o fluxograma para obtenção do mapa de fragilidades referente a este aspecto.

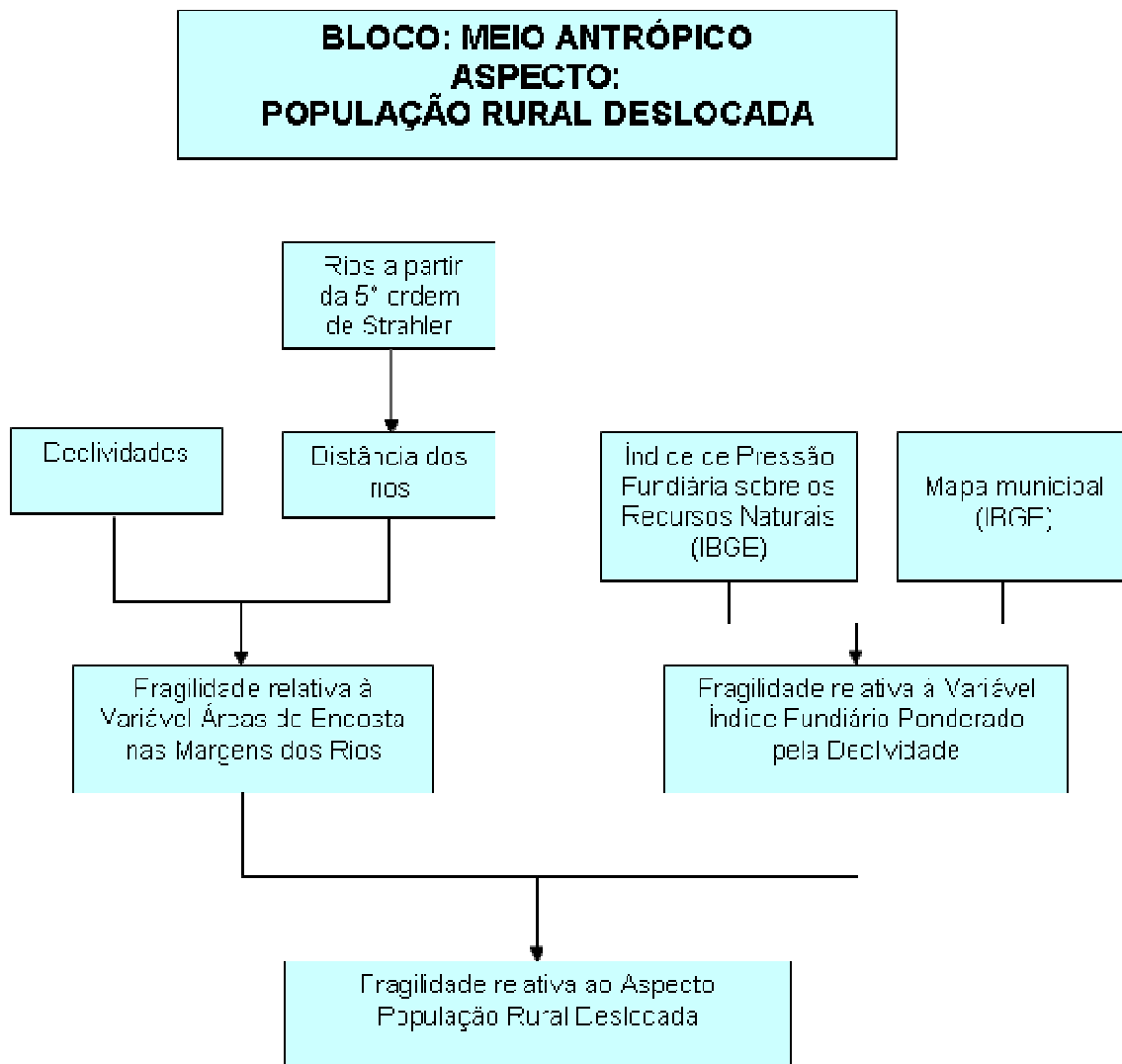


Figura 5-39 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto População Rural Deslocada

5.2.1.1 Variável Índice de Pressão Fundiária sobre os Recursos Naturais Ponderado pela Declividade

A Variável Índice Fundiário foi proposta no estudo sobre a análise de fragilidades ambientais da bacia 75 (Ijuí, Icamaguã, 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/UFSM, 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 5-14.

Tabela 5-14 Pesos para proporção de área dos municípios

$P<MOD$	$P=MOD$	$P>MOD$
0,6	0,3	0,1

Assim,

$$IPFRN = (P<MOD * 0,6) + (P=MOD * 0,3) + (P>MOD * 0,1)$$

A espacialização (Figura 5-40, p.182) foi feita atribuindo-se o IPFRN para a malha municipal. Para padronização, os valores foram re-escalados para valores de fragilidade (1 para muito alta fragilidade; 255 para muito baixa fragilidade).

5.2.1.2 Variável Áreas de Encostas nas Margens dos Rios

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 (menor), 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 tecnificada, 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 (Tabela 5-15).

Tabela 5-15 Faixas de entorno da drenagem em função da ordem do rio

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.

A fragilidade é dependente da declividade (áreas mais íngremes são mais frágeis), ou seja, se temos dois lotes situados em área ribeirinha, ambos de mesmo tamanho e à mesma distância do rio, o lote mais frágil será aquele que estiver 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 o 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 (Bloco do Meio Físico, Aspecto Fragilidade à Erosão, Variável Declividade, Figura 5-11, p.114). O mapa da variável (Figura 5-41, p.183) é resultante da soma ponderada dos dois mapas, utilizando-se pesos de 0,5 para os dois.

5.2.1.3 Análise Parcial dos Resultados

A soma ponderada dos mapas de fragilidades das Variáveis Índice de Pressão Fundiária sobre os Recursos Naturais Ponderado pela Declividade e Áreas de Encostas nas Margens dos Rios, considerando-se pesos iguais, resultou no mapa de fragilidades do Aspecto População Rural Deslocada apresentado na Figura 5-42 (p.184).

Observa-se que as maiores fragilidades se dão nos vales formados por rios de maior ordem, situados na parte oeste da bacia entre as confluências dos rios Chapecó e Ijuí com o Uruguai. 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 a 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 e 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 a 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 a região 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. Este padrão somente muda com a mudança da fisionomia original de floresta para a de campos das Missões e da Campanha, a partir da confluência do rio Ijuí, quando a densidade de ocupação se torna menor. No entanto, somente uma parte desta região é afetada pelos empreendimentos de Garabi e Panambi, os quais afetam mais diretamente a região de maior fragilidade.

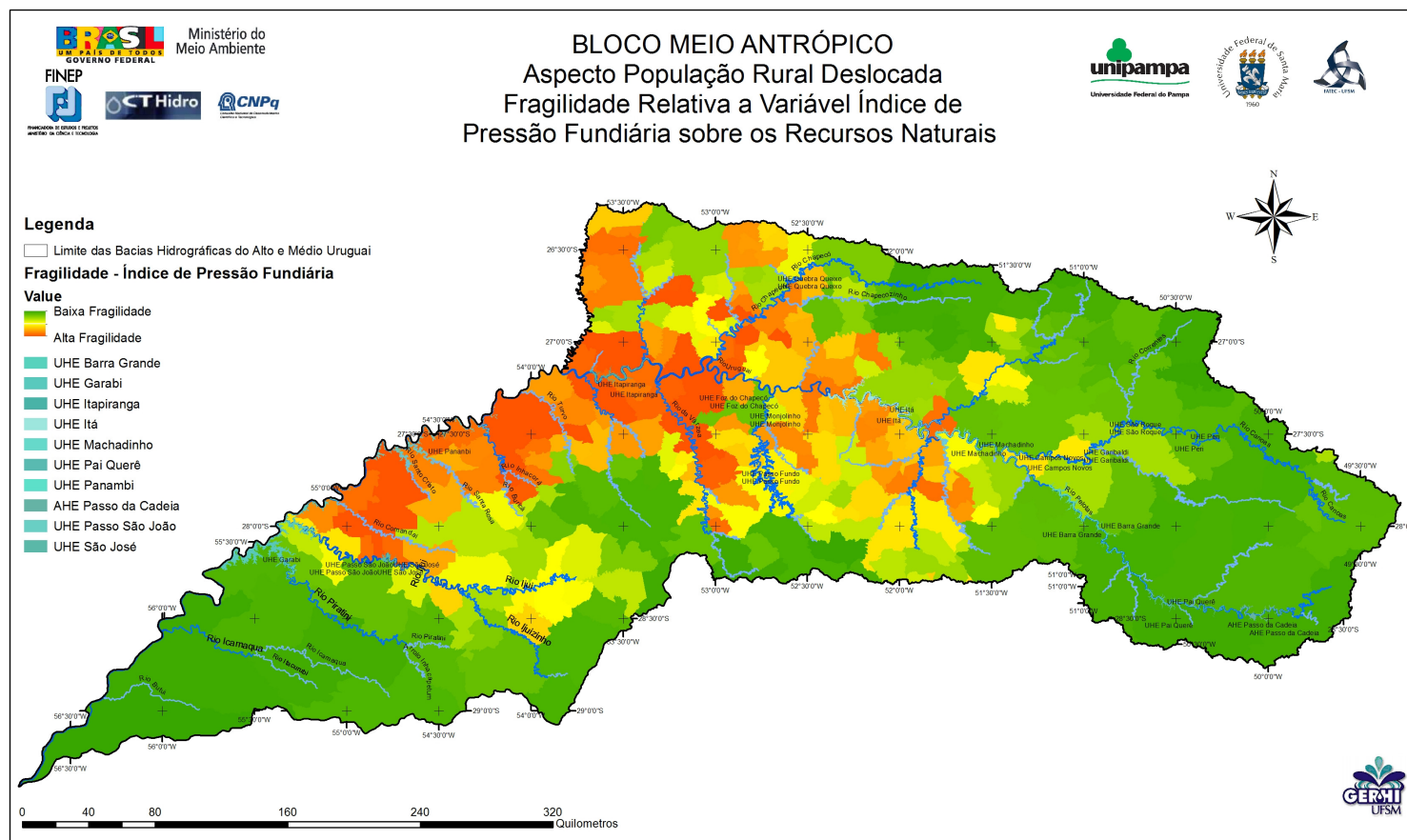


Figura 5-40 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Índice de pressão Fundiária sobre os Recursos Naturais

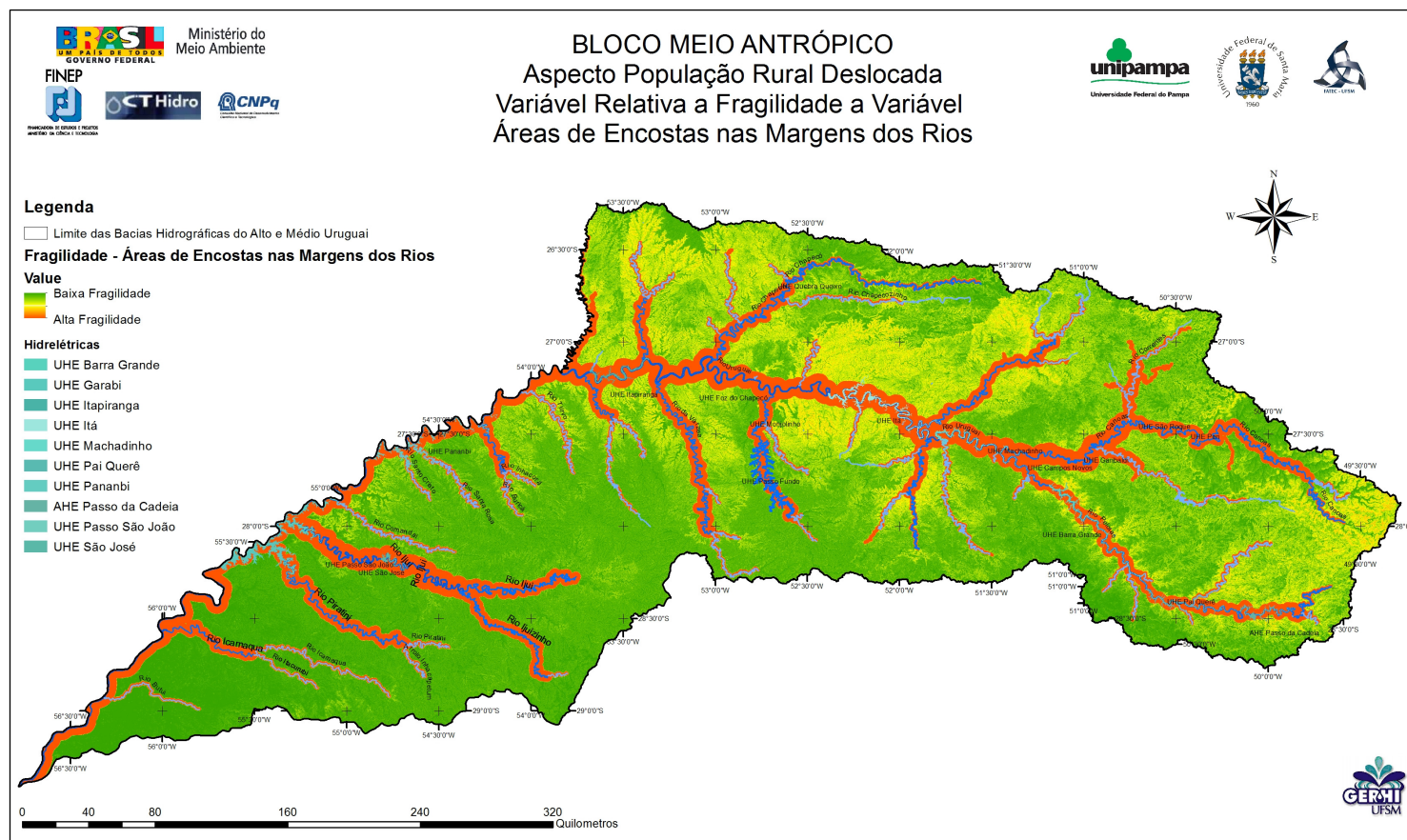


Figura 5-41 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Áreas de Encostas nas Margens dos Rios

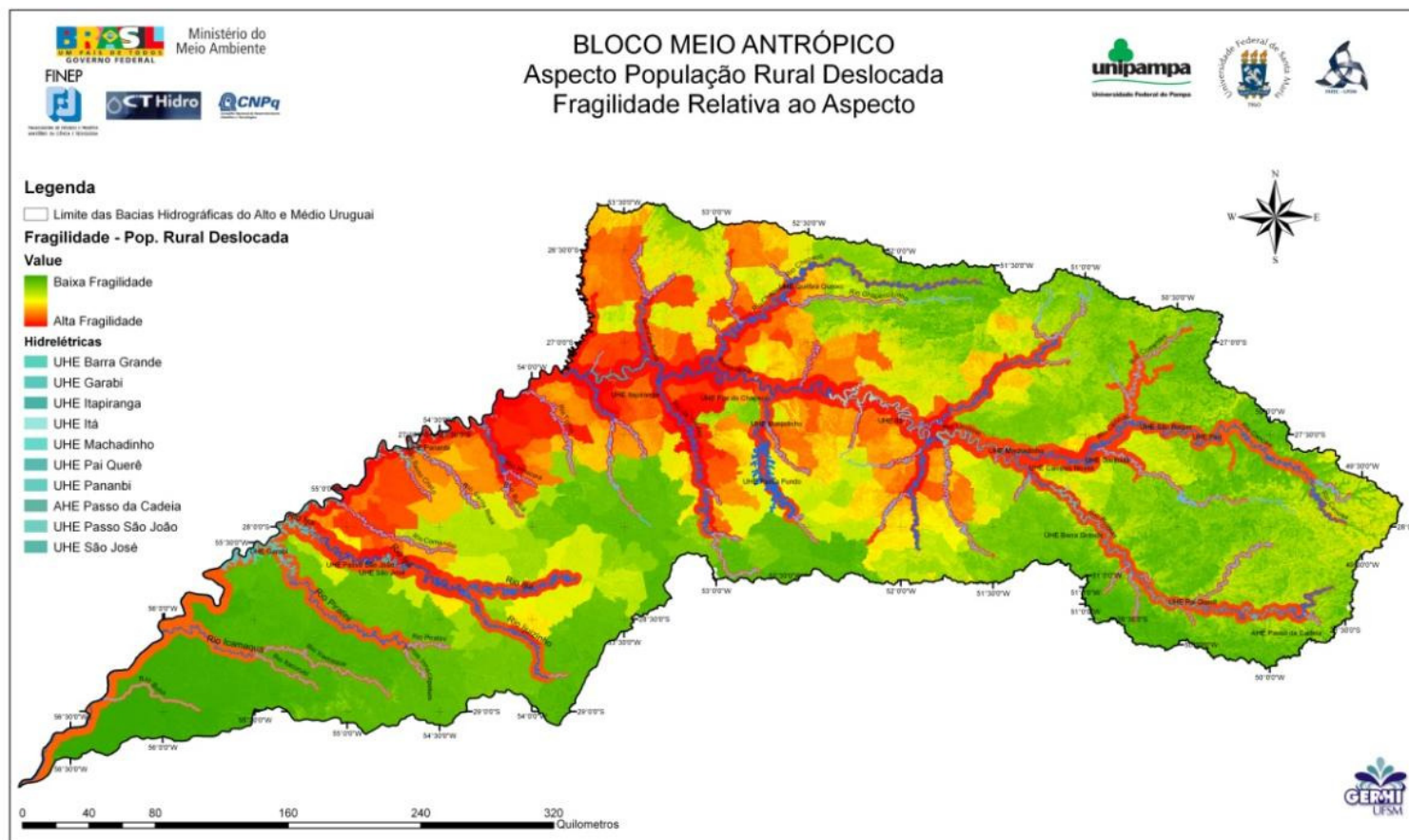


Figura 5-42 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto População Rural Deslocada

5.2.2 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 de seus artigos 215 e 231, e nos termos do artigo 68 do ADCT, e também pela Convenção 169 da Organização Internacional do Trabalho - OIT sobre Povos Indígenas e Tribais.

A construção do Aspecto 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 5-43 apresenta o fluxograma para obtenção do mapa de fragilidades do Aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas.

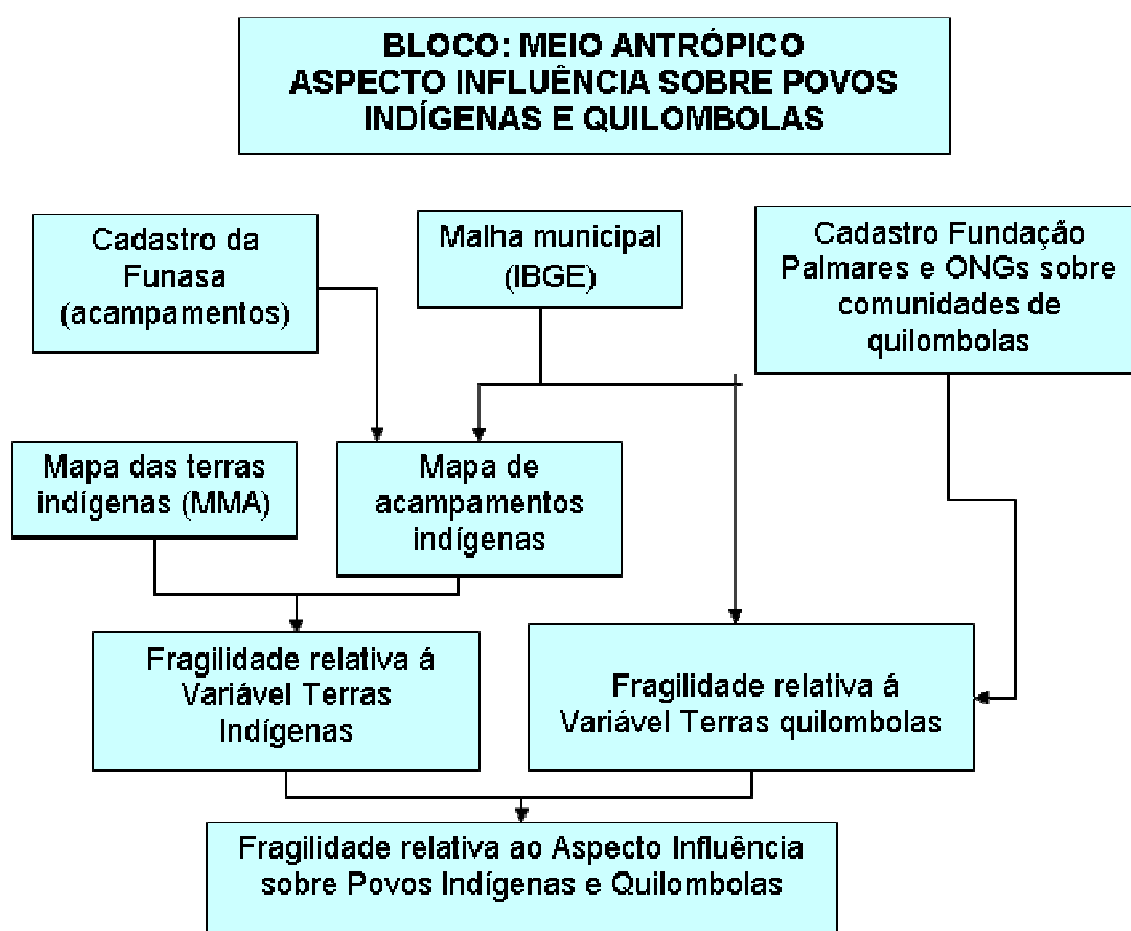


Figura 5-43 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas

5.2.2.1 Variáveis 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;
- da Fundação Nacional do Índio (Funai), obtidos junto aos escritórios regionais; e
- da Fundação Cultural Palmares, disponíveis no seu sítio da internet (<http://www.palmares.gov.br/>), que apresentam as comunidades quilombolas certificadas por município.

Como nem todas as comunidades quilombolas auto-declaradas optam pela certificação¹², 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.

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 nele 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 de que a “terra demarcada” é elemento essencial para a existência física e cultural da população indígena, mas não exclusivo. Deste modo, o Parâmetro Populações Indígenas por Município, estimado 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 Quilombolas 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/ou 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 da interferência inundação não significa que não possam ser identificados impactos altamente significativos decorrentes dos projetos propostos.

O mapa do Parâmetro Distribuição das Terras Indígenas foi reclassificado para atribuir fragilidade 1 para as áreas contidas pelas poligonais e 255 para as áreas externas.

¹² 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.

O mapa de fragilidades relativo ao Parâmetro Populações Indígenas por Município 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 na escala de fragilidades em *bytes*. Procedimento similar foi efetuado com o mapa do Parâmetro Comunidades Remanescentes de Quilombolas por Município. 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 fragilidades.

O mapa de fragilidades da Variável Terras Indígenas foi obtido através da soma ponderada dos mapas dos Parâmetros Distribuição das Terras Indígenas e Populações Indígenas por Município, utilizando-se pesos iguais (a diferença foi internalizada na escala: máximos de fragilidade de 1 para as Terras Indígenas ou 135 para Populações Indígenas por Município).

5.2.2.2 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 das Variáveis Terras Indígenas e Terras Quilombolas Comunidades Remanescentes de Quilombolas por Município. O resultado está apresentado na Figura 5-44 (p.189).

Da observação dos padrões espaciais de distribuição das fragilidades 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 a 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 a 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 próxima 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 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. Já no trecho compartilhado

com a Argentina, não existem interferências em relação aos empreendimentos previstos para as UHEs Panambi e Garabi.

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 propaguem 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.

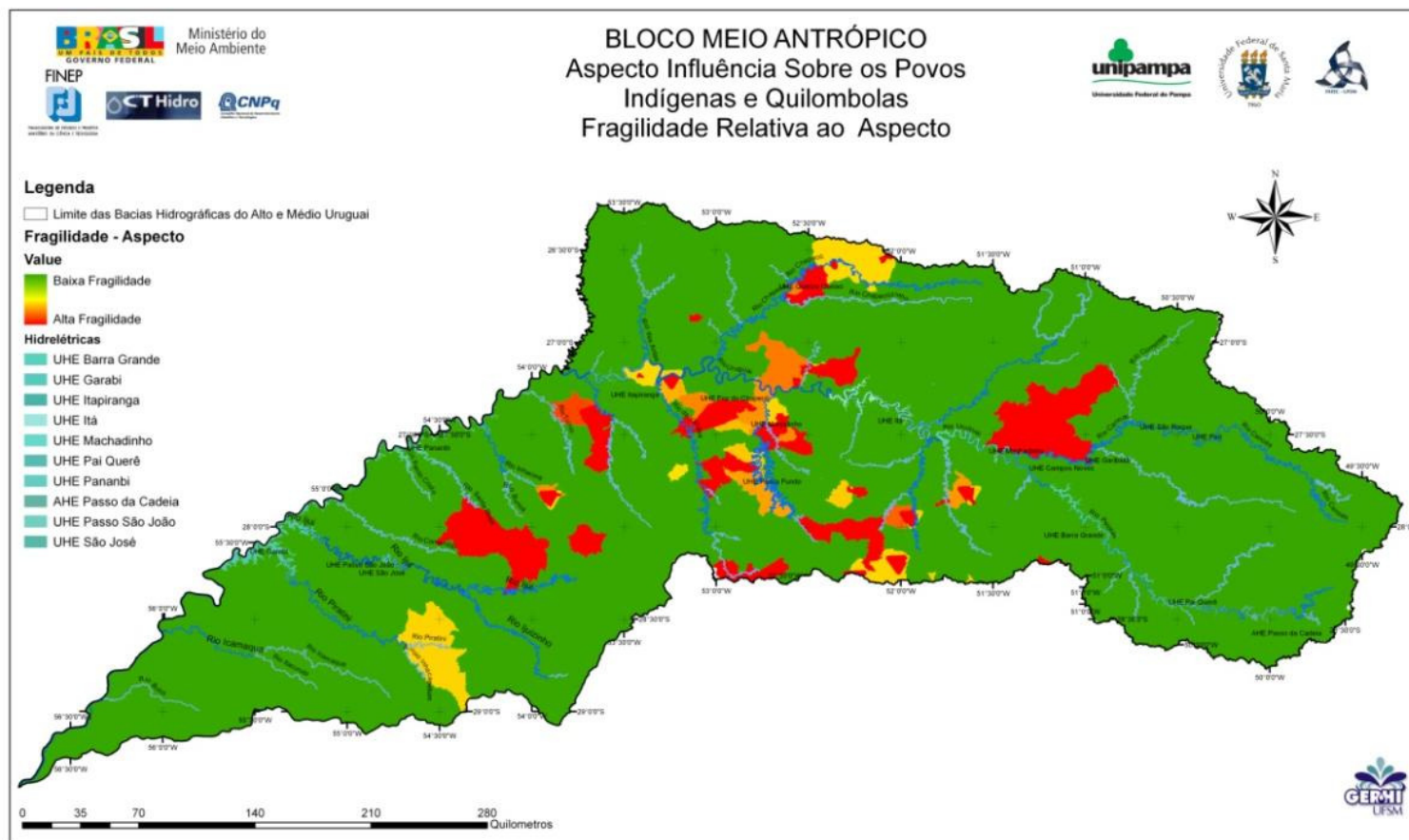


Figura 5-44 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas

5.2.3 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 & 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 a 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 a 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 5-45 apresenta o fluxograma para obtenção do mapa de fragilidades referente ao Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais-Artesanais.

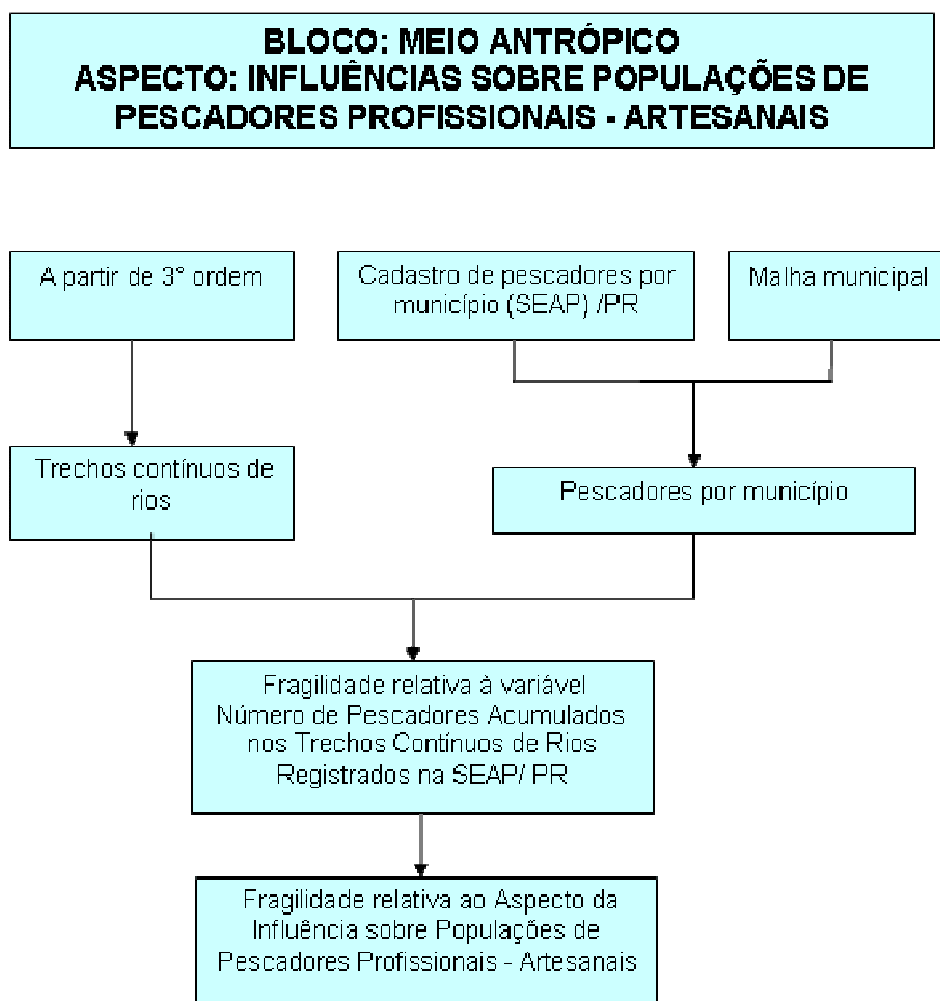


Figura 5-45 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais-Artesanais

5.2.3.1 Variável Número de Pescadores Acumulados nos Trechos Contínuos de Rios Registrados no MPA

O mapa da variável Número de Pescadores Acumulados nos Trechos Contínuos de Rios registrados no MPA 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 obtida do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) em fevereiro de 2011¹³.

Redes que acumulam mais pescadores têm seu valor mais elevado que redes que acumulam menos pescadores, o que confere discriminância ao critério. 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 (UNIJUÍ, 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 no cenário alternativo (com as UHEs Garabi e Panambi).

A Figura 5-46 (p.195) apresenta a distribuição dos pescadores considerando o compartilhamento na rede situada no trecho da bacia situado a jusante da confluência do rio Ibicuí.

A Figura -5-47 (p.196) apresenta a distribuição de pescadores por município em relação à drenagem, considerando o contexto de compartilhamento com o trecho do Uruguai Médio.

O Quadro 5-7 Cenários modelados. expressa a composição de cenários que foi avaliada.

Quadro 5-7 Cenários modelados.

Cenário	Trechos afetados	Com ou Sem UHEs Garabi e Panambi Garabi	Redes
Atual	Jusante UHE Foz do Chapecó	Sem	Rede a jusante de Foz do Chapecó; Ijuí Médio.
Alternativo	Jusante UHE Foz do Chapecó	Com	Rede a jusante de Garabi; Ijuí Médio; Rede a jusante de Foz do Chapecó e montante de Panambi; rede do Piratinim (isolada pelo reservatório de Garabi).

As Figura 5-48 (p.197) e Figura 5-49 (p.198) apresentam, respectivamente, as configurações de redes para o Cenário Atual e o Cenário Alternativo (com UHEs Garabi e Panambi).

¹³ http://www.mpa.gov.br/#planos_e_politicas/territorios

5.2.3.2 Análise Parcial dos Resultados

A Tabela 5-16 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 (UHEs Garabi e Panambi).

Tabela 5-16 Comprimento da rede na área de estudo e número de pescadores acumulados no trecho contínuo.

Rede	Descrição	comprimento da rede (km dentro da área de estudo)	número acumulado de pescadores *	Km/Pescador
Rede a jusante de Foz do Chapecó	Rede conectada ao Trecho Médio do Uruguai, desde a UHE Foz do Chapecó	8.350	2.532	3,3
Rede do Ijuí Médio	Rede situada a montante da UHE São José e a jusante da PCH José Barasuol (ex-Linha 3 Leste)	1.223	42	29,1
Rede a jusante de Garabi	Rede conectada ao Trecho Médio do Uruguai, a jusante da UHE Garabi	2.206	1.407	1,6
Rede a jusante de Foz do Chapecó e montante de Panambi	Rede situada a montante da UHE Panambi e a jusante da UHE Foz do Chapecó	3.201	455	7,0
Rede do Piratinim	Rede do rio Piratinim formada pelo isolamento provocado pelo reservatório da UHE Garabi	1.024	190	5,4

* considera pescadores brasileiros cadastrados no MPA no trecho brasileiro e internacional contínuo, desde a UHE Salto Grande para as redes conectadas ao trecho Médio do Uruguai.

A análise da Tabela 5-16 demonstra que a implantação das UHEs Garabi e Panambi vão afetar o trecho a jusante de Foz do Chapecó de forma significativa. A Rede a jusante de Foz do Chapecó, atual, 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 a Argentina. Com a implantação do Complexo Garabi, a rede é reduzida de 8.350km de extensão para 2.206km, o que representa somente 26,42% da rede atual. Ou seja, uma redução muito grande de área disponível para a manutenção de estoques pesqueiros. O número de pescadores que compartilham os estoques deste trecho é reduzido em 44,43%, ou seja, 44,43% dos pescadores deixarão de partilhar o potencial do habitat fragmentado. Estes pescadores passarão a ficar dependentes de uma rede de cerca de 2.206 km de rio principal contínuo situado entre a UHE Garabi e a UHE Salto Grande. Se estes pescadores se deslocarem para o trecho remanescente de jusante, haverá um acréscimo de 1.125 pescadores, os quais somados aos 1.407 já existentes na região, elevará a densidade de pescadores nesta rede de 3,3 km/pescador para 0,87 km/pescador, o que poderá causar uma grande sobre-pesca e, com isto, a inviabilização da pesca profissional na rede remanescente.

O Cenário Atual possui uma rede que não é atingida pelo Cenário Alternativo. Devido à implantação das UHEs Passo São João e São José, no rio Ijuí, criou-se uma rede não conectada ao rio principal entre o remanso da UHE São José e a PCH José Barasuol (ex-Linha 3 Leste). Este trecho foi mantido livre pelo estudo da análise de fragilidades ambientais da Bacia 75 (Ijuí, Piratinim, Icamaguã e Butuí) efetuado pela

FEPAM, que negociou a definição de trechos livres de barramentos nesta bacia hidrográfica. De acordo com o estudo (FEPAM, 2004), estas UHEs, embora fossem muito impactantes, e de baixa eficiência energética, comparada a outras alternativas, interessavam aos empreendedores em função da quantidade total de energia. Como existe registro de peixes migradores a montante destes empreendimentos, optou-se por manter trechos de rios com dimensão esperada para ter a capacidade de sustentar, pelo menos, populações de peixes migradores de médio porte. Cabe realçar que este trecho já está com uma densidade de pescadores muito alta. Uma diminuição ainda maior desta rede poderá resultar na inviabilidade da pesca profissional artesanal.

Com a implantação do Cenário Alternativo, ou seja, com a implantação das UHEs Garabi e Panambi, há uma grande fragmentação no médio Uruguai. Entre os trechos de rios que foram declarados imunes à barragens no estudo da FEPAM (2004), está o trecho principal do rio Piratinim, dada a sua conservação e importância como representante de uma fisionomia de transição. Este trecho será isolado do rio principal pelo reservatório da UHE Garabi, com conseqüente perda de capacidade de manutenção de estoques pesqueiros.

A montante da UHE Panambi e a jusante da UHE Foz do Chapecó forma-se uma rede por fragmentação do grande trecho inicial contínuo do médio/alto Uruguai. Esta rede tem como importância a existência do Parque Estadual do Turvo na sua porção mais a jusante, conectada ao trecho de rio principal do Peperi-Guaçu e de significativos trechos de rios livres de barramentos ao longo dos rios da Várzea e Chapecó. Este trecho ainda possui populações exploradas de grandes migradores, muito exigentes em disponibilidade de longos trechos de rios livres de barramentos e, entre eles, a brancanjuva, cuja população está restrita ao trecho de rio que acompanha a floresta do Parque Estadual do Turvo e é espécie ameaçada de extinção. Embora não cause uma inundação muito expressiva em área no Parque, a UHE Panambi avança muito sobre o trecho de rio do Parque, mudando o regime do rio de lótico para lântico e reduzindo a disponibilidade de habitat para esta espécie.

A Figura 5-50 (p.199) e Figura 5-51 (p.200) apresentam os resultados para os 2 cenários, com os valores das redes expressos em fragilidades (alta frag. = 1; baixa frag. = 255).

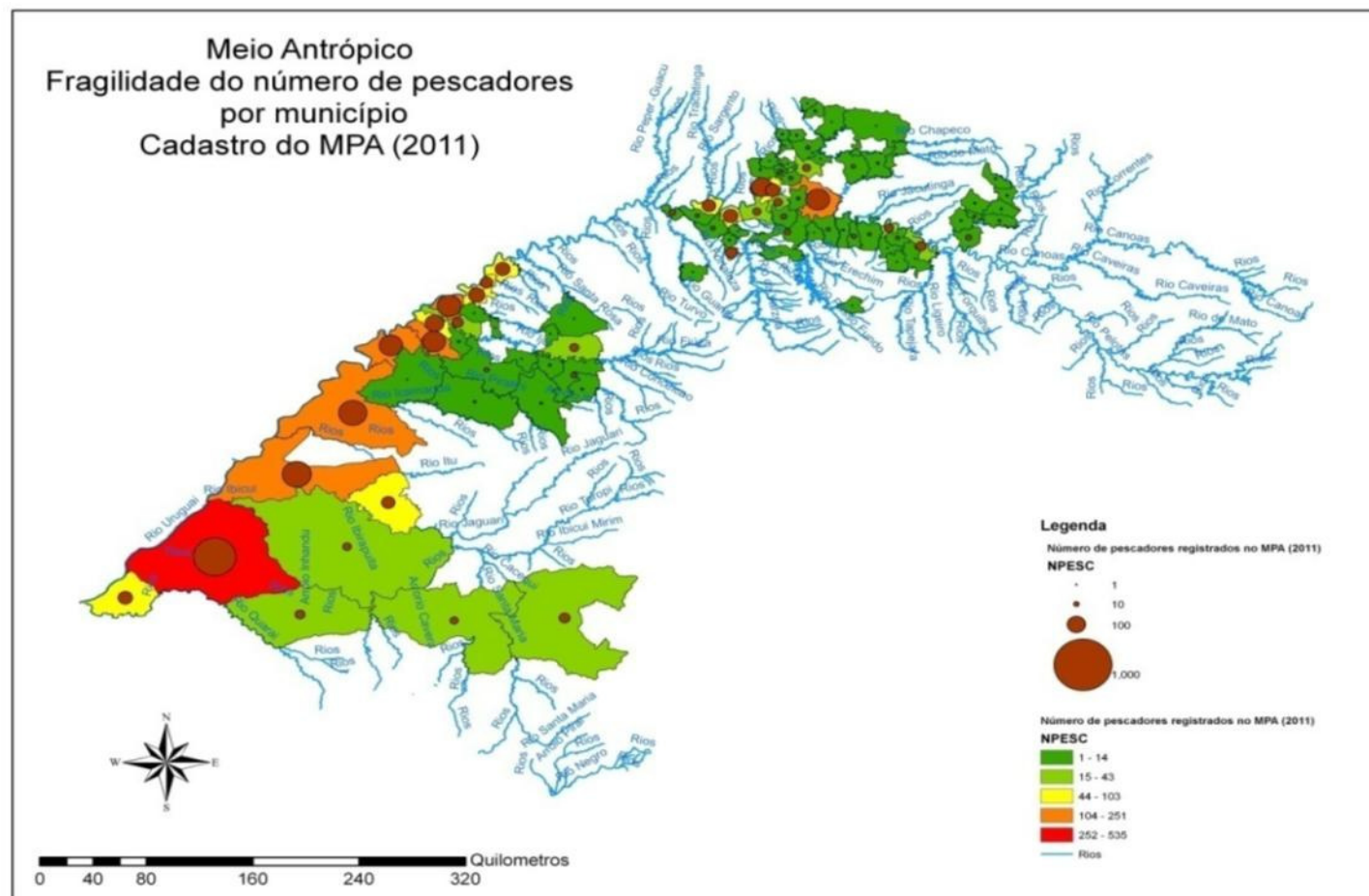


Figura 5-46 Número de pescadores profissionais artesanais cadastrados no Ministério da Pesca e Aquicultura (2011) na bacia do Rio Uruguai em território brasileiro.

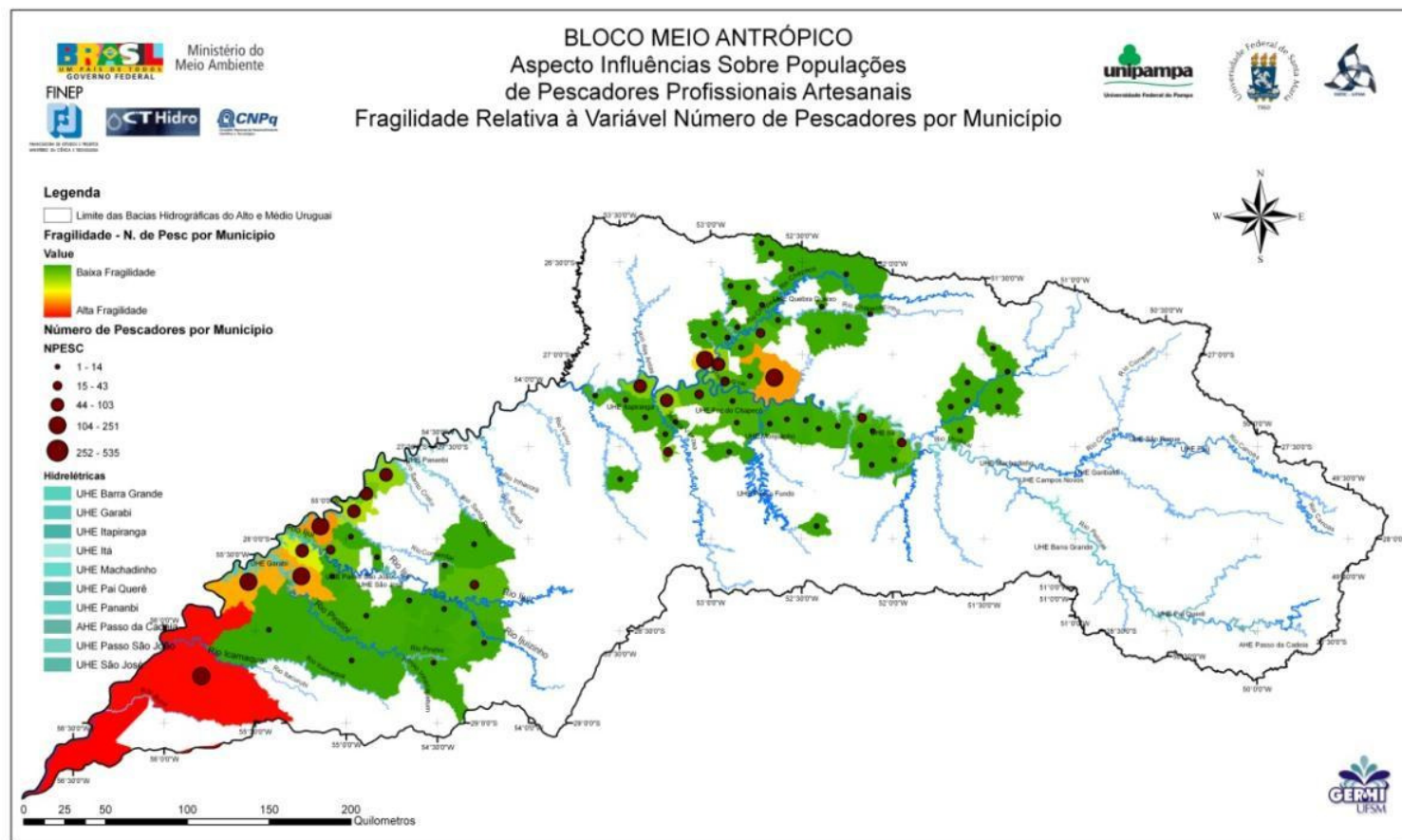


Figura -5-47 Mapa de Fragilidades Relativo a Variável Número de Pescadores Acumulados nos Trechos Contínuos de Rios por Município

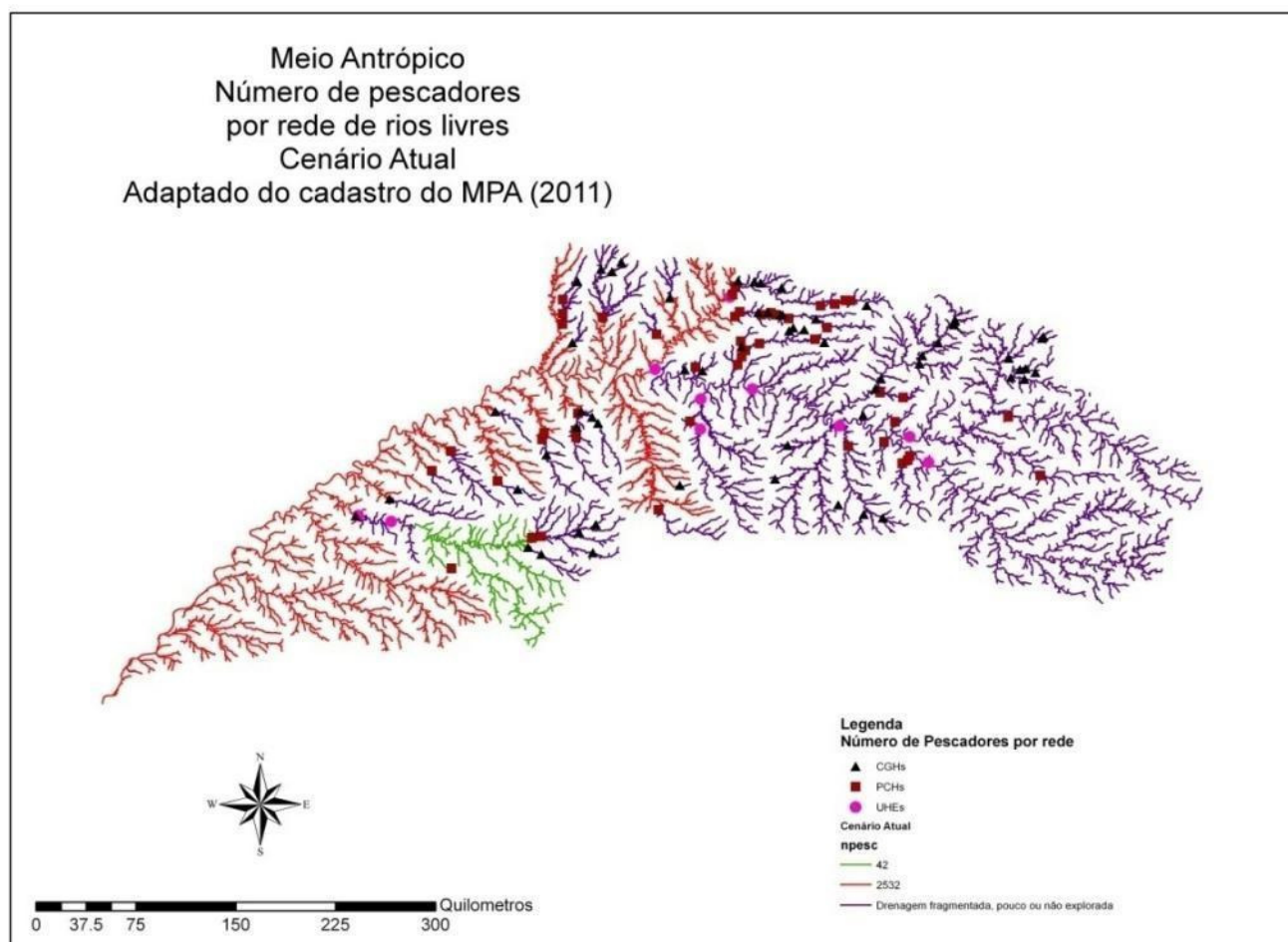


Figura 5-48 Cenário Atual. Redes de trechos de rios contínuos identificadas para a bacia do rio Uruguai, considerando os trechos de rios não fragmentados explorados por número significativo de pescadores.

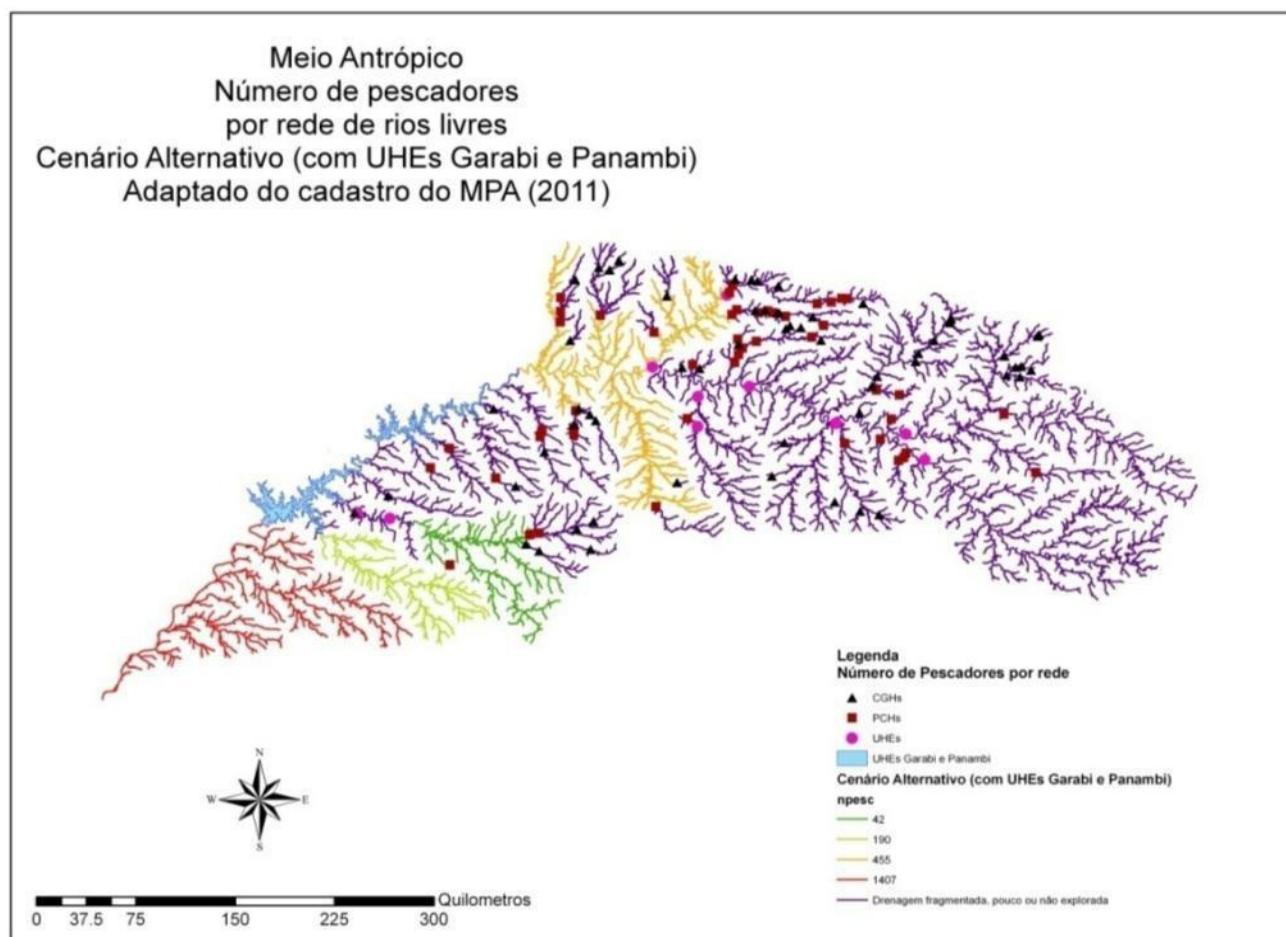


Figura 5-49 Cenário Alternativo (com UHEs Garabi e Panambi). Redes de trechos de rios contínuos identificadas para a bacia do rio Uruguai, considerando os trechos de rios não fragmentados explorados por número significativo de pescadores.

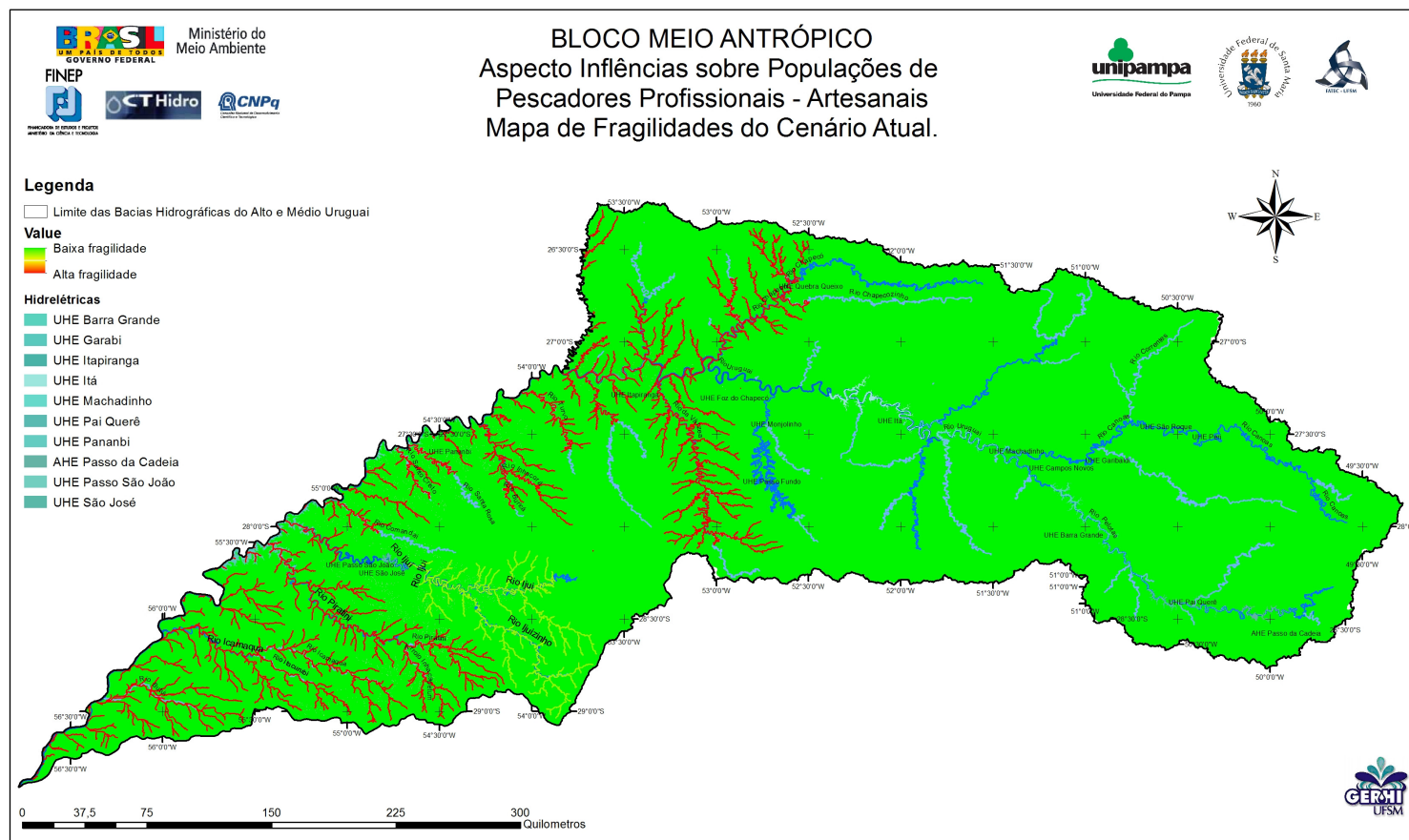


Figura 5-50 Mapa de Fragilidades do Cenário Atual para o Aspecto Influência sobre Populações de Pescadores Profissionais-Artesanais

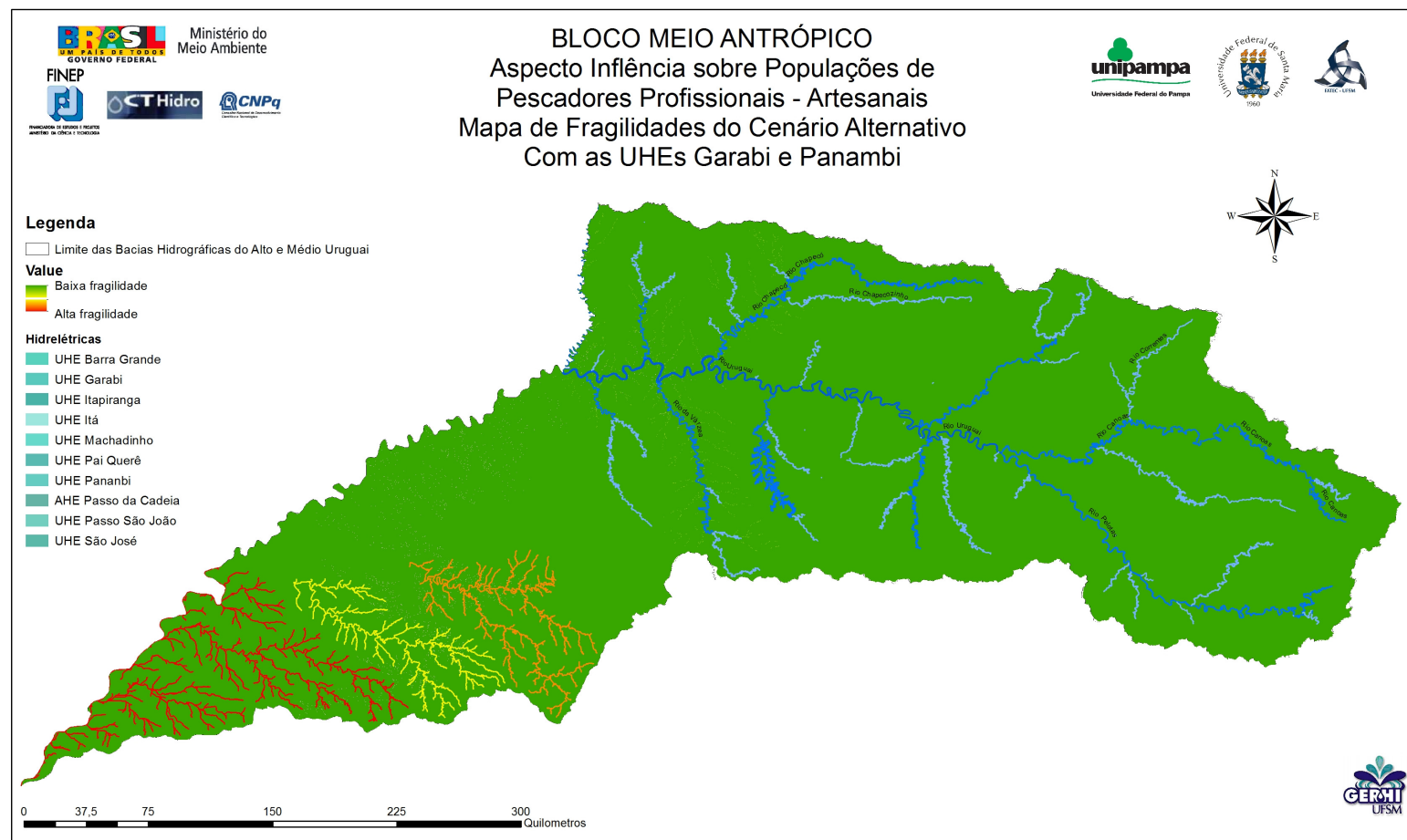


Figura 5-51 Mapas de Fragilidades do Cenário Alternativo para o Aspecto Influência sobre Populações de Pescadores Profissionais-Artesanais

5.2.4 Aspecto Patrimônio Cultural

O Aspecto Patrimônio Cultural, cujo Mapa de Fragilidades resultante é apresentado na Figura 5-56, p.209) 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, 2009a).

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, 2009b).

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. A Figura 5-52 (p.203) mostra o fluxograma para a obtenção da fragilidade do aspecto.

Segundo o IPHAN (2009b, 2009c), 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, 2009c).

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/UFSC, 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 estabelece rotas turísticas e cavalgadas ao longo das rotas de tropeiros (Santos *et al.*, 1995, Santos *et al.*, 2000; Flores, 1998).

5.2.4.1 Variável Rota dos Tropeiros

A digitalização da rota dos tropeiros foi realizada tomando por base os relatos históricos contidos na literatura (Santos *et al.*, 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 (RS), Barracão (RS), Vacaria (RS), Lagoa Vermelha (RS), Lages (SC), Campos Novos (SC), entre outras. Destas, Vacaria e Lages estão próximas das áreas de interesse situadas a montante da UHE Barra Grande, no rio Pelotas.

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 o 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 (por isso denominados Passos), O Passo do Goio-En, o Passo do Pontão e por fim o Passo de Santa Vitória.

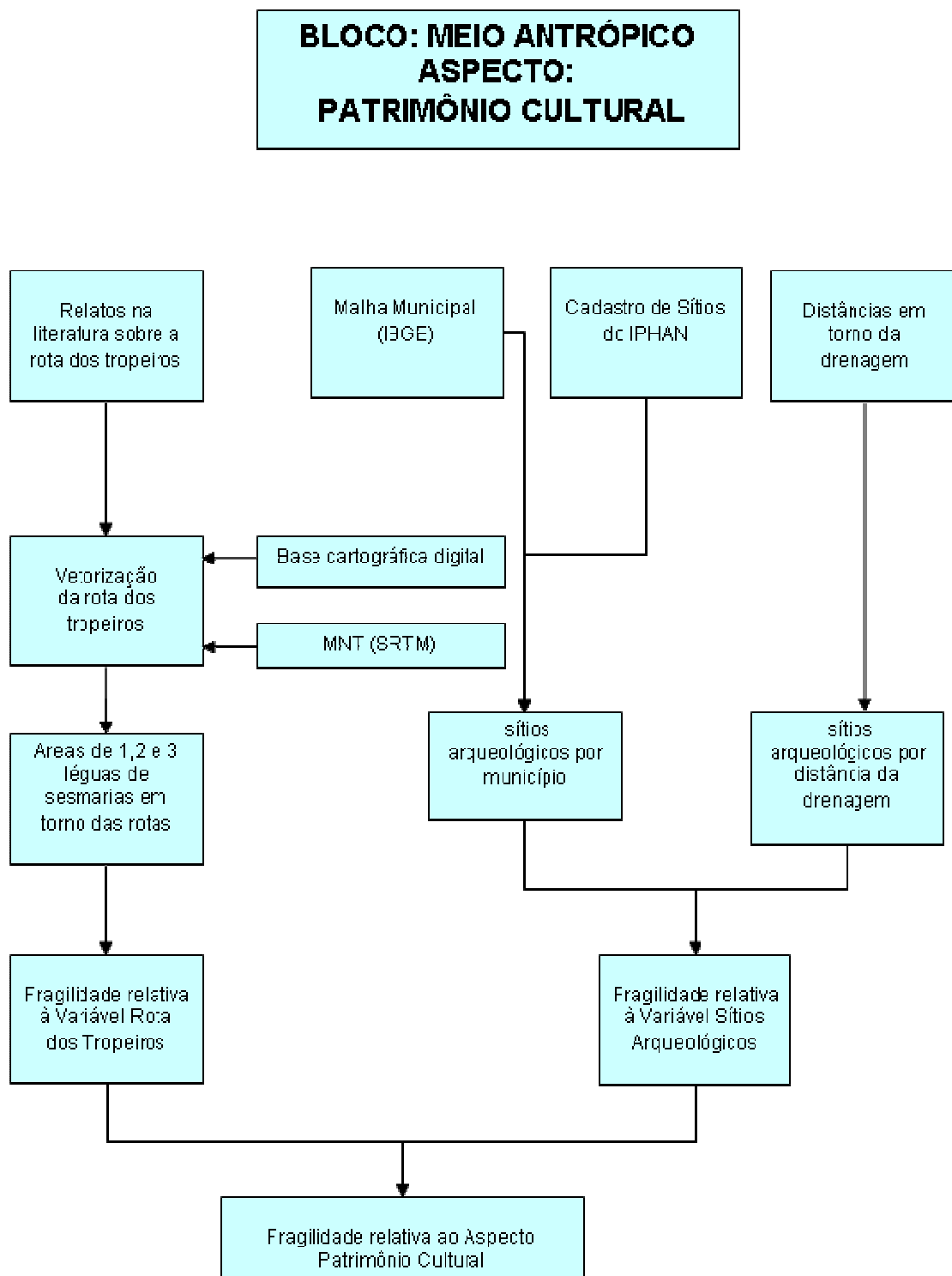


Figura 5-52 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Patrimônio Cultural

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 ocorrem 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 as 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 = 1.650 m). 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 valores de fragilidades considerando a divisão de uma sesmaria em três partes iguais de uma légua. A Tabela 5-17 apresenta as notas estabelecidas para as faixas de léguas no entorno da rota dos tropeiros.

Tabela 5-17 Fragilidades associadas à Rota dos Tropeiros.

Distância do eixo da rota dos tropeiros	Fragilidade
≤ 1.650 m (menor ou igual a uma légua)	1
1.651 m – 3.300 m (entre uma e duas léguas)	50
3.301 m – 6.600 m (entre duas e três léguas)	150
≥ 6.601 m (maior que três léguas)	255

A Figura 5-54 (p. 203) apresenta o mapa de fragilidades da Variável Rota dos Tropeiros.

5.2.4.2 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 ao 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 e via de transporte, dentre 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 registros de sítios arqueológicos dos estados envolvidos e feito um estudo de frequência acumulada de registros dos mesmos. Os resultados foram convertidos para escala de fragilidades. A Figura 5-53 apresenta a relação entre distância do rio mais próximo e frequência acumulada de registros de sítios arqueológicos. A Tabela 5-18 apresenta a conversão desta frequência em uma escala de fragilidades.

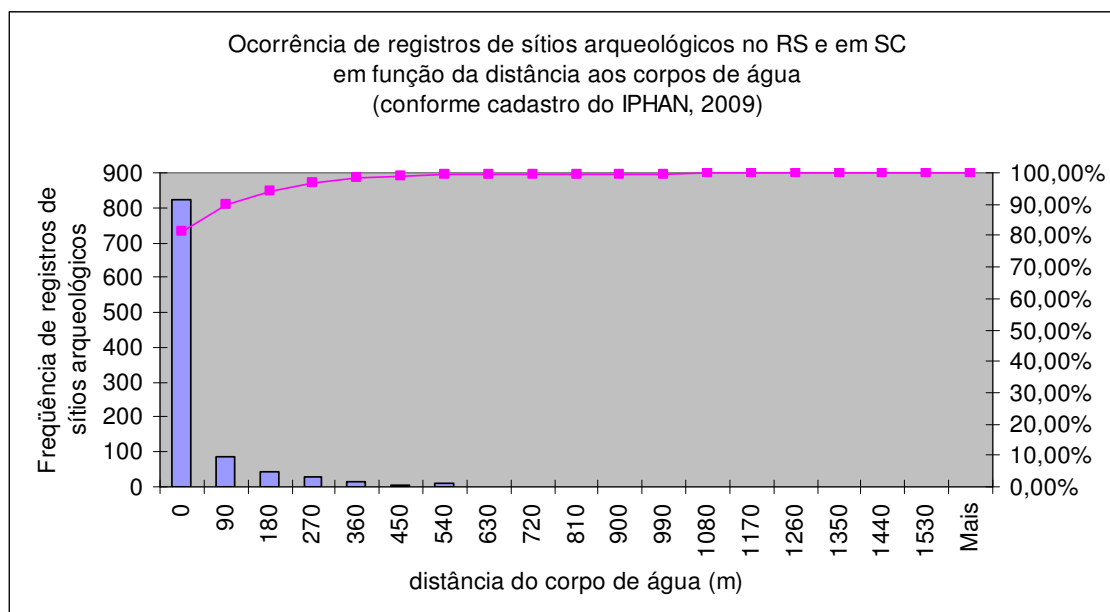


Figura 5-53 Ocorrência de registros de sítios arqueológicos em função da distância dos rios

Tabela 5-18 Frequência de registros de sítios arqueológicos e fragilidades associadas à distância ao rio mais próximo

Distância do corpo de água (m)	Frequência (total = 1016)	% 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

Distância do corpo de água (m)	Frequência (total = 1016)	% cumulativa	Fragilidade ajustada
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 (Figura 5-55, p.208) 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).

5.2.4.3 Análise Parcial dos Resultados

A Figura 5-56 (p.209) apresenta o mapa de fragilidades relativo ao Aspecto Patrimônio Cultural, obtido da soma ponderada com pesos iguais dos mapas de fragilidade das variáveis deste aspecto.

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 e das Missões. Três fatores contribuem para este padrão. O primeiro é o papel dos rios 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 a montante da UHE Barra Grande no rio Pelotas. Tanto a UHE Pai Querê quanto o 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 a jusante da UHE Foz do Chapecó apresenta uma alta fragilidade quanto a este Aspecto, em especial na área que pode ser afetada pela implantação da UHE Itapiranga.

No trecho a ser afetado pelas UHEs Garabi e Panambi não são verificadas interferências significativas quanto a este Aspecto. No entanto, na parte mais a montante do reservatório da UHE Garabi existe uma interferência mediana que deve induzir maiores cuidados no processo de licenciamento.

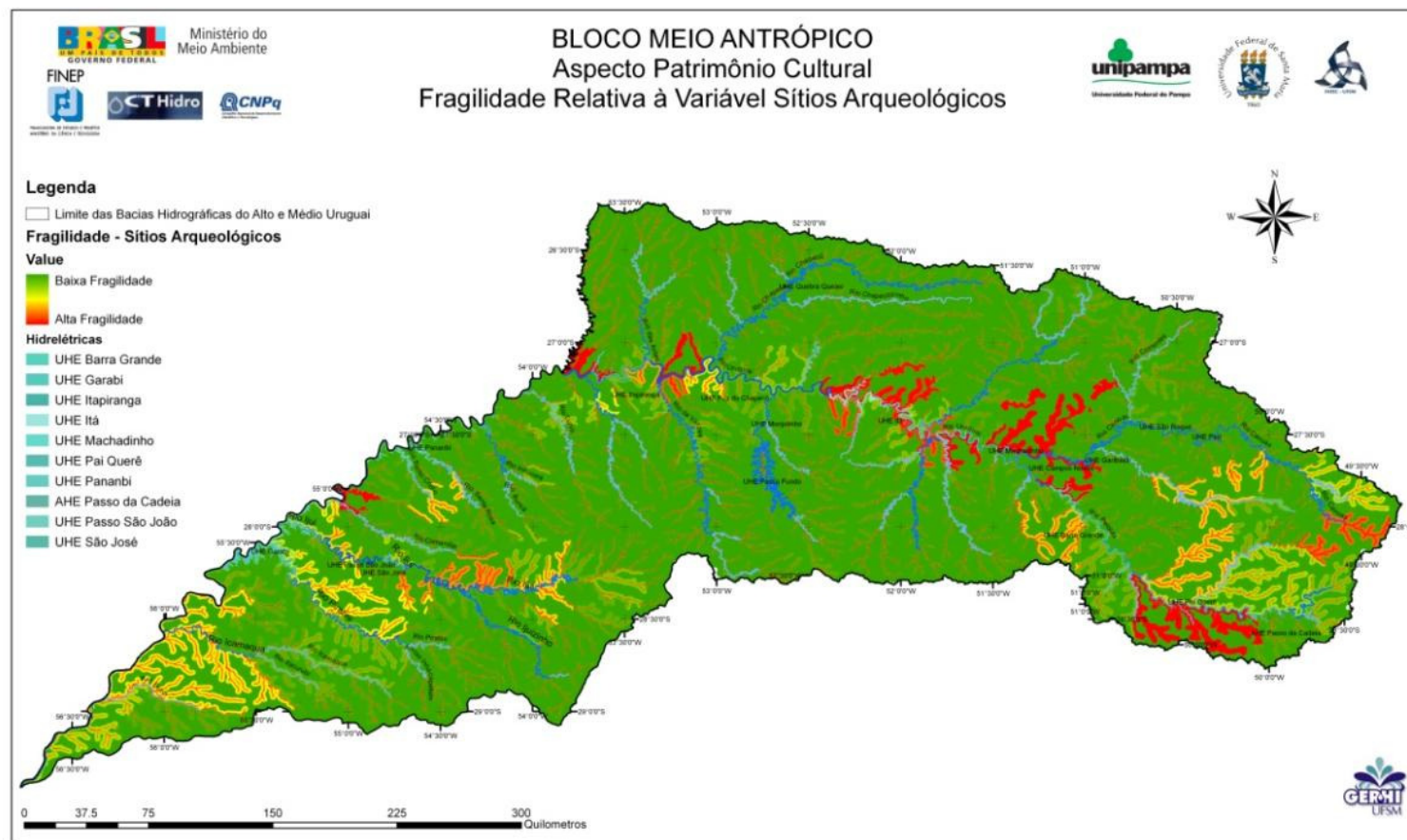


Figura 5-55 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Sítios Arqueológicos

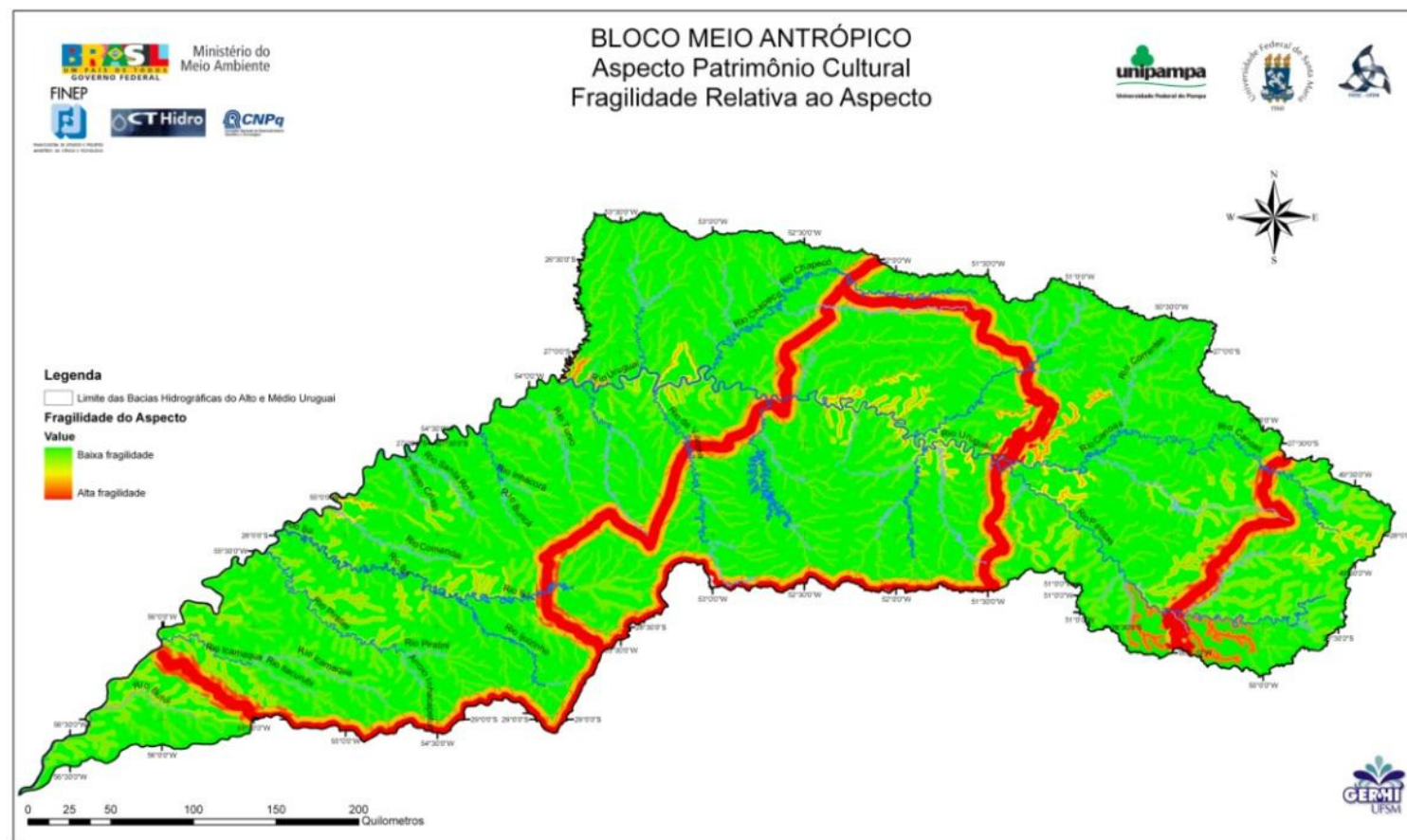


Figura 5-56 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Patrimônio Cultural

5.2.5 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-alocações, 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.

5.2.5.1 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 5-19 apresenta as fragilidades associadas a cada faixa de distância das áreas urbanas.

Tabela 5-19 Valores de fragilidade associados às faixas de distância das áreas urbanas ou urbanizadas.

Distância da área urbana ou urbanizada	fragilidade
0 – 500 m	1
501 – 1.000 m	51
1.001 – 1.500 m	127
1.501 – 2.000 m	204
> 2.001 m	255

5.2.5.2 Análise Parcial dos Resultados

A Figura 5-57 (p.211) 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, e na parte sudoeste, nos Campos das Missões e Campanha, 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 situado a montante da UHE Barra Grande, não se verificou fragilidades associadas a este aspecto. Já no trecho do rio Uruguai, situado a jusante da UHE Foz do Chapecó, existe forte presença de fragilidades associadas a áreas urbanas junto à calha do rio principal. Por exemplo, nos trechos afetados pelas UHEs Garabi e Panambi, cinco áreas urbanas serão afetadas diretamente e outras 4 possivelmente serão afetadas indiretamente.

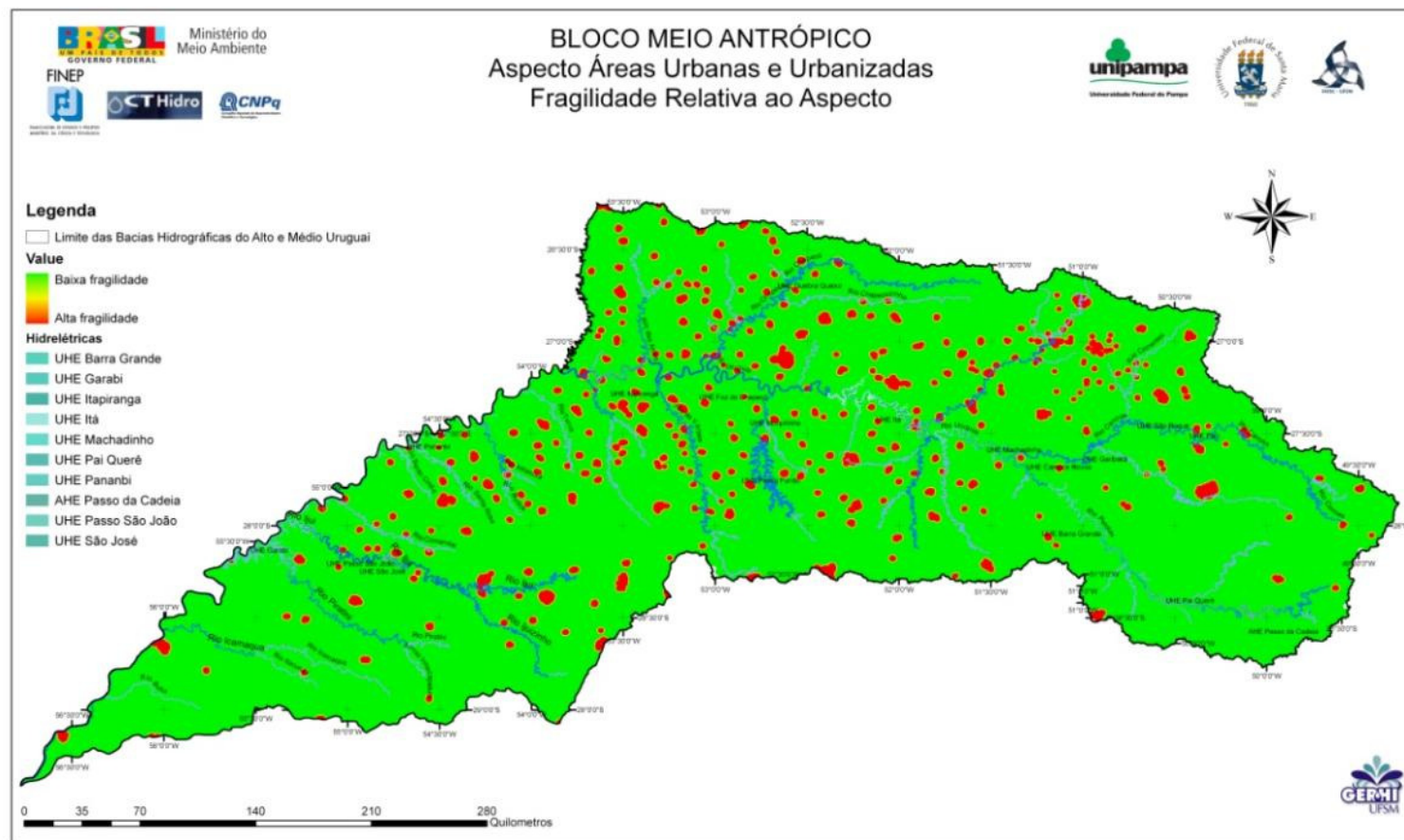


Figura 5-57 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Áreas Urbanas ou Urbanizadas

5.2.6 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 processos de negociação com desvantagem para as partes atingidas, dada a sua menor capacidade de pressão (dado que os impactos são geralmente 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 pelo 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.

5.2.6.1 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). Os valores de fragilidade atribuídos estão expressos na Tabela 5-20.

Tabela 5-20 Valores de Fragilidade atribuídos à Variável Estradas e Ferrovias.

Via	Fragilidade
Rodovia municipal	1
Rodovia estadual	128
Rodovia federal	204
Ferrovia	51

5.2.6.2 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.

5.2.6.3 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 5-58 (p.215) apresenta o resultado das fragilidades para o aspecto. As Figuras 5-59 (p.216), Figura 5-60 (p.217) e Figuras 5-61 (p.218) e 5-62 (p.219) apresentam detalhes deste mapa com a sobreposição das áreas de inundação das UHEs Itapiranga e Pai Querê, do AHE Passo da Cadeia e das UHEs Garabi e Panambi.

A análise dos resultados demonstra que o trecho de rio que apresenta maior fragilidade quanto a este aspecto é o trecho situado a jusante da UHE Foz do Chapecó, no rio Uruguai, como pode ser visto nos detalhes referentes às UHEs Itapiranga, Panambi e Garabi. 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. Este padrão se mantém ao longo do trecho médio no trecho internacional, com uma série de estradas que acompanham a margem do rio, ligando uma série de localidades que se desenvolveram como portos, tanto para fins de travessia, como de apoio para os balseiros. Este padrão perde intensidade quando se aproxima da região da Campanha, mais ao sul, quando a ocupação mais ligada à Rota dos Tropeiros, as sesmarias e as missões jesuíticas moldaram uma menor densidade de ocupação da terra e outro padrão espacial de vias de comunicação.

Já no trecho situado a montante da UHE Barra Grande, no rio Pelotas, observa-se uma menor densidade de vias na área de alague da UHE Pai Querê e do 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 deste aspecto demonstra, portanto, uma maior fragilidade para o trecho situado a jusante da UHE Foz do Chapecó, incluindo todos os trechos propostos (UHES Itapiranga, Panambi e Garabi) seguindo ao longo do rio Uruguai até a parte mais a jusante da bacia.

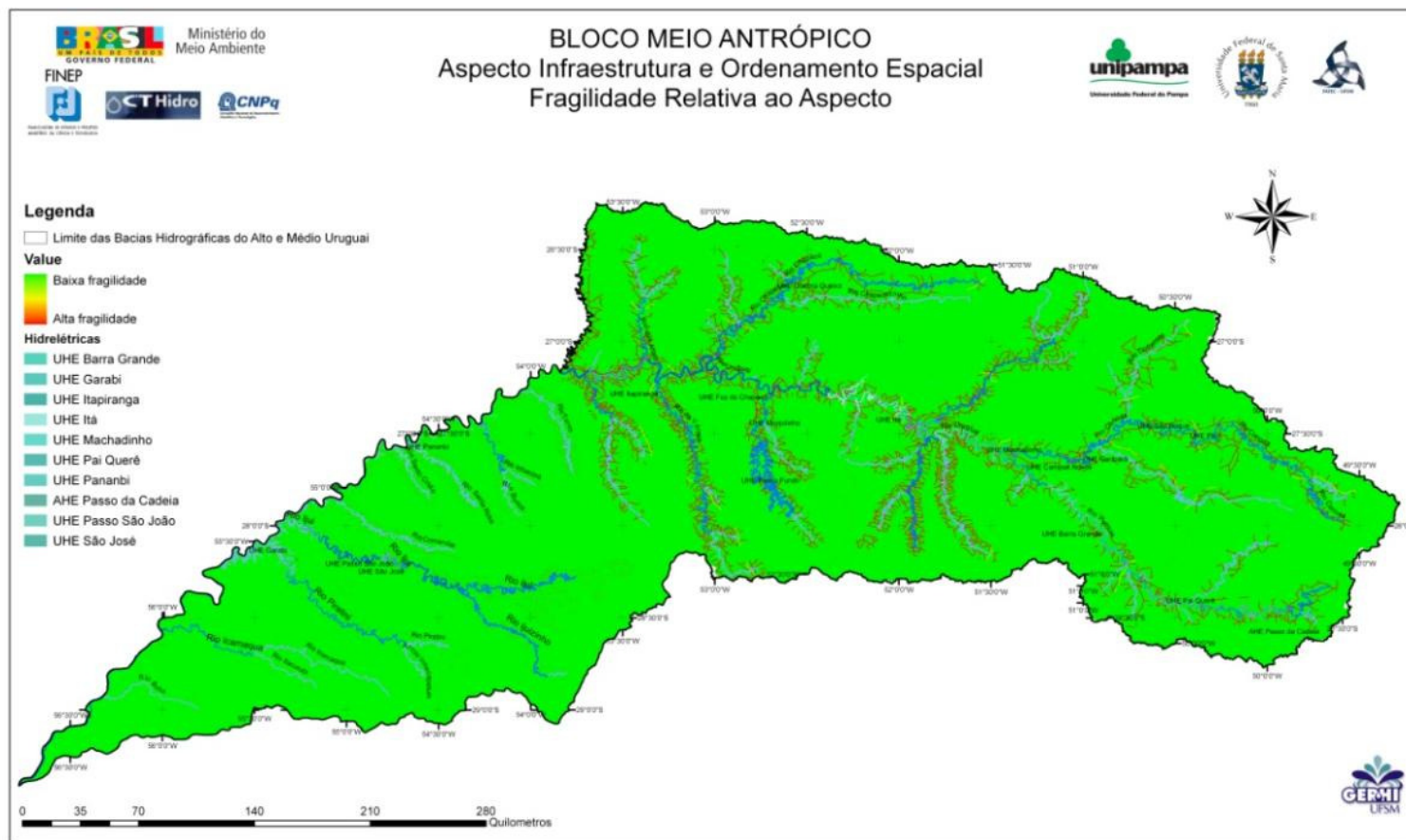


Figura 5-58 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial



Figura 5-59 Detalhe do Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial com sobreposição da área de inundação da UHE Itaipiranga

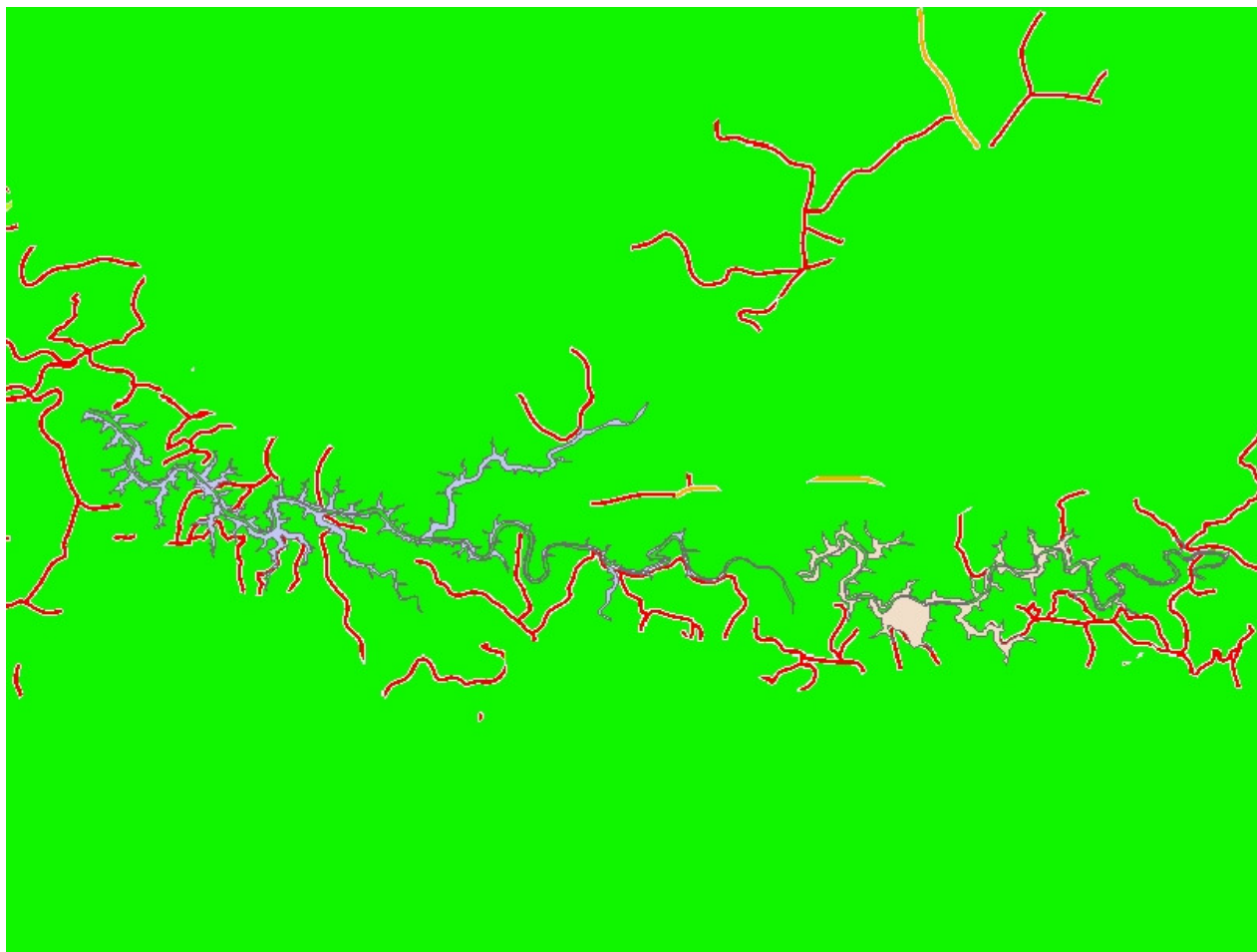


Figura 5-60 Detalhe do Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial com sobreposição da área de inundação da UHE Pai Querê e do AHE Passo da Cadeia



Figura 5-61 Detalhe do Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial com sobreposição da área de inundação da UHE Garabi.

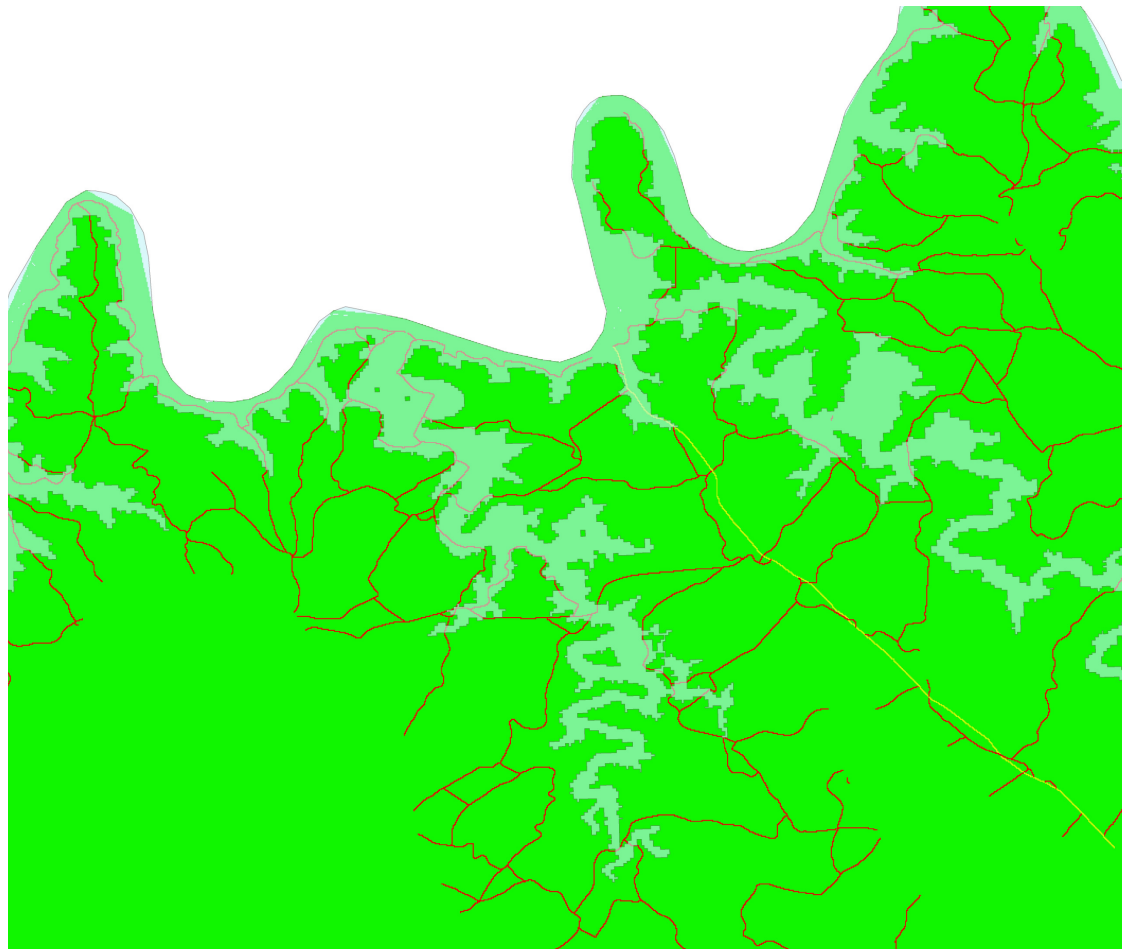


Figura 5-62 Detalhe do Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Infraestrutura e Ordenamento Espacial com sobreposição da área de inundação da UHE Panambi.

5.2.7 Resultados do Bloco Meio Antrópico

Os resultados do Bloco Meio Antrópico são dependentes dos cenários estabelecidos, uma vez que o Aspecto Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais-Artesanais 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 cultural esta tendência é invertida. Dada a riqueza de sítios arqueológicos e da rota dos tropeiros, o trecho situado a montante da UHE Barra Grande apresenta uma maior fragilidade que o trecho situado a jusante da UHE Foz do Chapecó para este aspecto.

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 Hidráulicas, 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 5-21, abaixo, apresenta os pesos estipulados.

Tabela 5-21 Pesos dos aspectos para composição do Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco do Meio Antrópico.

Aspecto	Peso
População Rural Deslocada	0,25
Influência sobre Povos Indígenas e Quilombolas	0,20
Influências sobre Populações de Pescadores Profissionais-Artesanais	0,25
Patrimônio Cultural	0,10
Áreas Urbanas ou Urbanizadas	0,10
Infraestrutura e Ordenamento Espacial	0,10

A Figura 5-63 (p.223) apresenta o mapa de fragilidades do Bloco Antrópico para os cenários considerados, na escala em que o mapa é apresentado, não é possível perceber as diferenças entre os cenários simulados, pois as mesmas são somente sobre a rede de drenagem. Portanto, a análise integrada será realizada com a extração dos valores da rede de drenagem.

A análise dos resultados permite dividir a área de estudo desta etapa em três grandes áreas: a leste, a oeste e sudoeste, as duas primeiras 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. Além disso, 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 Farrapos¹⁴, em que os riograndenses infligiram relevante derrota aos imperiais, mesmo com efetivos menores. Este local está também 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 europeia, ligada ao interesse do Império em combater o “bugre”¹⁵ através da obrigação contratual

¹⁴ Guerra dos Farrapos (1835-1845) - No Passo Santa Vitória, localizado na confluência do rio dos Touro 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 cavaleiros 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>).

¹⁵ **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

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 povoadamentos 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 maior uso 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 realizá-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 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.

A região sudoeste é caracterizada pela transição da região de encostas para o Planalto da Campanha, região onde ocorrem formações vegetais relacionadas ao bioma Pampa: os campos das Missões e da Campanha. Esta região tem sua história de ocupação vinculada aos povoadamentos implantados pelas Missões Jesuíticas, que ali fundaram reduções e organizaram a exploração do gado reíuno através de uma rede de estâncias. Após a derrocada jesuítica, houve distribuição das terras das estâncias através de sesmarias, as quais seguiram com a exploração do gado de forma extensiva. Foi através desta região que se deu a passagem das tropas de burros da Argentina para o Brasil, através do passo em São Borja. Deste modo, a jusante do rio Ijuí, configura-se uma mudança de fisionomia, resultando em uma rede viária mais afastada do rio e na presença de uma estrutura fundiária mais parecida com a dos Campos de Cima da Serra, com a diferença de que as principais cidades estão junto ao rio, dado o relevo mais plano.

heréticos, e o emprego do vocábulo para denotar a pessoa indígena liga-se à i(<http://pt.wikipedia.org/wiki/Bugre>).

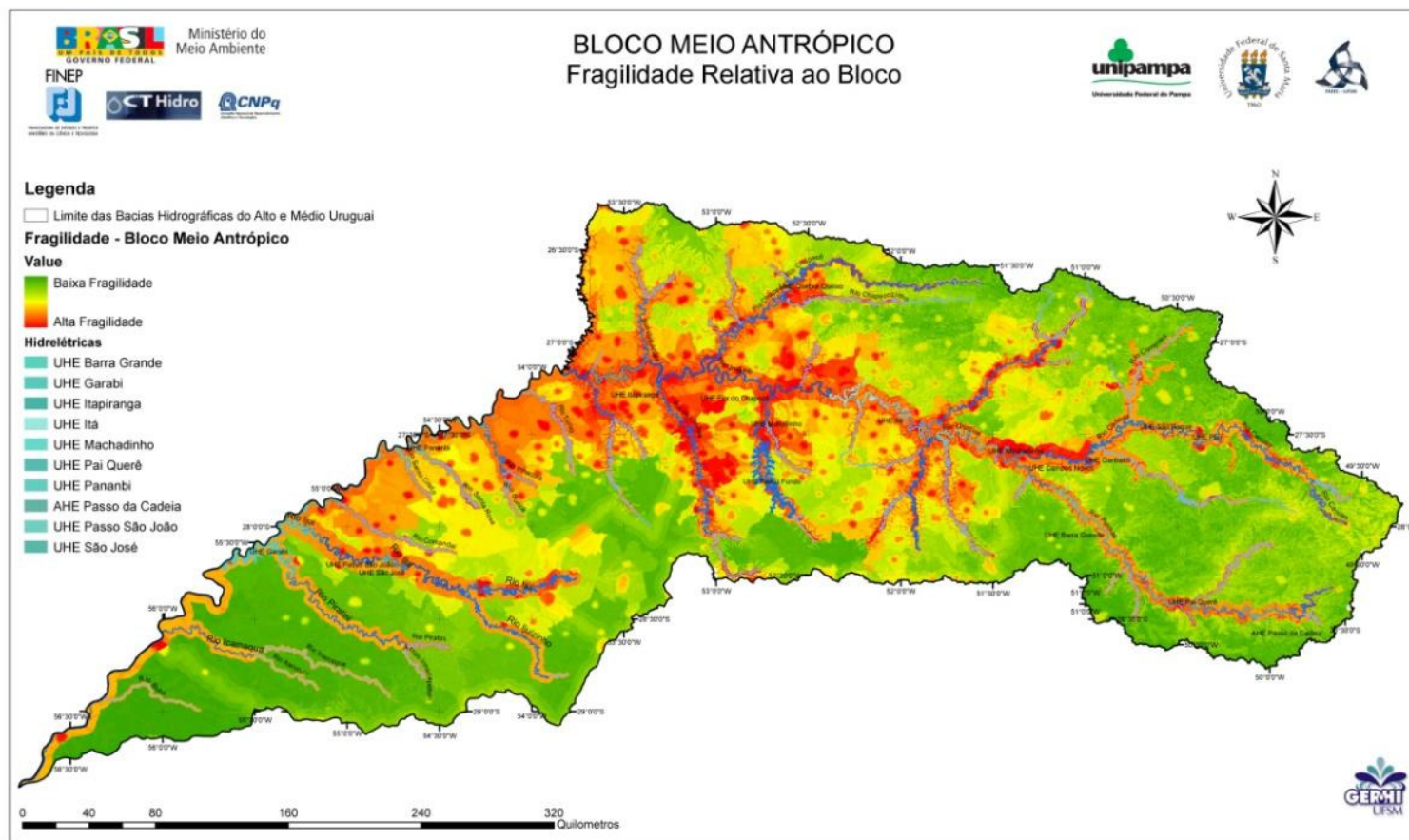


Figura 5-63 Mapa de fragilidades relativo ao Bloco Antrópico, Cenário Alternativo (com as UHEs Garabi e Panambi).

5.3 Bloco Meio Biótico

A construção do Bloco Meio 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: Fauna e Flora Terrestres; Áreas Prioritárias para a Conservação e de Proteção Ambiental; Meio Biótico Aquático e Unidades de Conservação de Proteção Integral.

No Quadro 5-8 estão representados os Aspectos do Meio Biótico, as Variáveis associadas a cada um deles e sua importância no contexto deste estudo.

Quadro 5-8 Aspectos avaliados no Meio Biótico, Pesos, Variáveis associadas e sua importância

Aspecto	Variável (is) associada (s) Valores de 1 a 255 1 = máxima fragilidade 255 = fragilidade mínima	Importância
Fauna e Flora Terrestres PESO 0,3	▪ Ocorrência potencial das espécies da fauna terrestre; ▪ Ocorrência potencial das espécies da flora terrestre; ▪ Remanescentes de formações vegetais naturais ponderados inversamente pela declividade.	Indicar áreas regionalmente mais frágeis do ambiente terrestre.
Áreas Prioritárias para Conservação e de Proteção Ambiental PESO 0,2	▪ 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 PESO 0,5	▪ Ocorrência potencial de espécies de peixes migradores, ameaçados e sensíveis à fragmentação do rio; ▪ Potencial de ocorrência de espécies endêmicas de peixes.	Indicar de áreas sensíveis à fragmentação do rio por barramentos.
Unidades de Conservação de Proteção Integral / Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica	▪ Localização e identificação das UCs de proteção integral; ▪ Localização e identificação da Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.	Indicar áreas restritivas à implantação de barramentos.

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

5.3.1 Aspecto Fauna e Flora Terrestres

A Figura 5-64 (p.226) apresenta o fluxograma das variáveis envolvidas na avaliação do Aspecto Fauna e Flora Terrestres indicando os cruzamentos realizados entre elas obtendo como resultado a fragilidade deste Aspecto.

5.3.1.1 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 brasileira (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 conservativo¹⁶. 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 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 (p.283).

O valor conservativo de cada espécie foi obtido através da ponderação do *status* de conservação e do grau de endemismo da espécie (Tabela 5-22).

Tabela 5-22 Valores de Fragilidade (1: muito alta; 255: muito baixa) relativos das espécies da fauna ameaçada de extinção

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

¹⁶ 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.

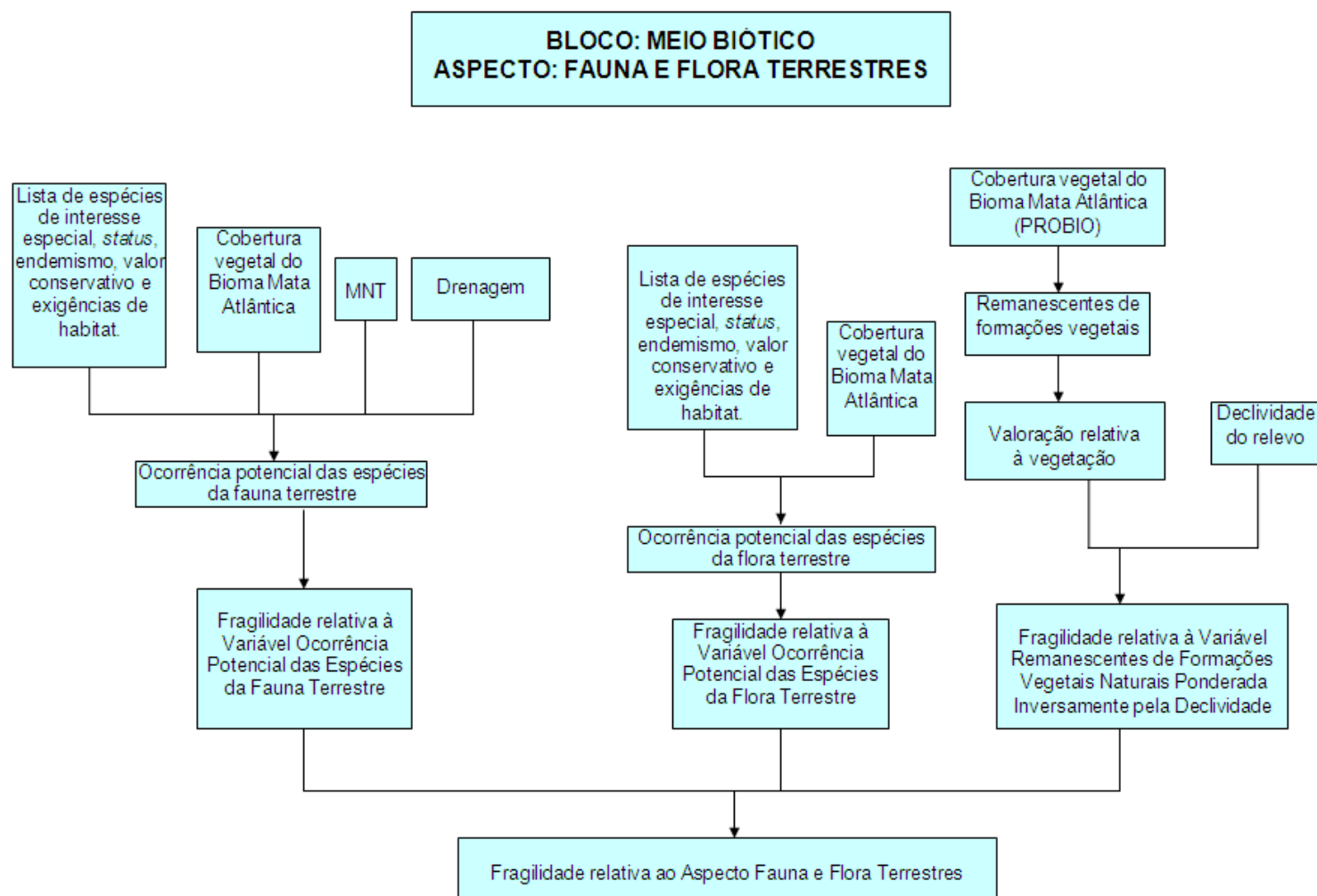


Figura 5-64 Fluxograma para obtenção das Fragilidades do Aspecto Fauna e Flora Terrestre

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 remanescente 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 uma espécie. Para répteis, obtiveram-se informações de cinco espécies. Foram produzidos mapas de habitat potencial de 103 aves e de 29 mamíferos, totalizando 138 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 escalonada para a faixa entre 1 e 255, representando as áreas de maior e menor fragilidade, proporcionais ao valor conservativo dos habitats para a fauna ameaçada de extinção. O mapa de fragilidades para esta variável é mostrada na Figura 5-68 (p.232).

5.3.1.2 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 brasileira (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 relativo à proposta de implantação do Refúgio 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 (p.286).

O valor conservativo de cada espécie foi obtido através da ponderação do status de conservação e do grau de endemismo da espécie (Tabela 5-23).

Tabela 5-23 Valores de Fragilidade (1: muito alta; 255: muito baixa) atribuídos às espécies de interesse especial (ameaçadas e endêmicas) da flora

Status de Conservação	Não endêmica	Endêmica do Alto e Médio Uruguai
Em Perigo	115	1
Vulnerável	178	64
Sem <i>status</i> 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 Decidua 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-escalado inversamente para escala de 1-255, representando as áreas de maior e menor fragilidade. O mapa resultante é mostrado na Figura 5-69 (p.233).

5.3.1.3 Variável Remanescentes de Formações Vegetais Naturais Ponderada Inversamente pela Declividade

De acordo com o mapa da cobertura vegetal do Bioma Mata Atlântica (MMA, 2007c) e Bioma Pampa (MMA, 2007e) existem remanescentes das seguintes formações vegetais na área de estudo: Savana (Campos das Missões), Estepe (Campos de Cima da Serra e das Missões), 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 1 e 128, e de 255 para as áreas antrópicas, com exceção das áreas urbanas, consideradas de alta fragilidade. A Tabela 5-24 apresenta os valores de fragilidade atribuídos para as diversas classes de cobertura.

Tabela 5-24 Valores de Fragilidade (1: muito alta; 255: muito baixa) atribuídos às classes de cobertura vegetal (remanescentes, áreas de recuperação e áreas antropizadas). Classificação com base no PROBIO.

<i>Classe Cobertura</i>	<i>fragilidade</i>
Não classificado	1
Influência urbana	1
Estepe	1
Savana-estépica	1
Floresta estacional decidual	1
Floresta ombrófila mista	1
Floresta ombrófila densa	1
Formações pioneiras	113
Vegetação secundária	128
Reflorestamento	156
Pecuária	170
Agropecuária/agricultura	213
Água	255

As classes de mapeamento são aquelas utilizadas nos mapeamentos dos Biomas Mata Atlântica e Pampa 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 m x 30 m, 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 de 0 (zero) m². A Figura 5-65 apresenta a relação entre declividade e área de um pixel. Esta curva foi ajustada para a escala de *bytes* para compor um mapa ponderador para a vegetação.

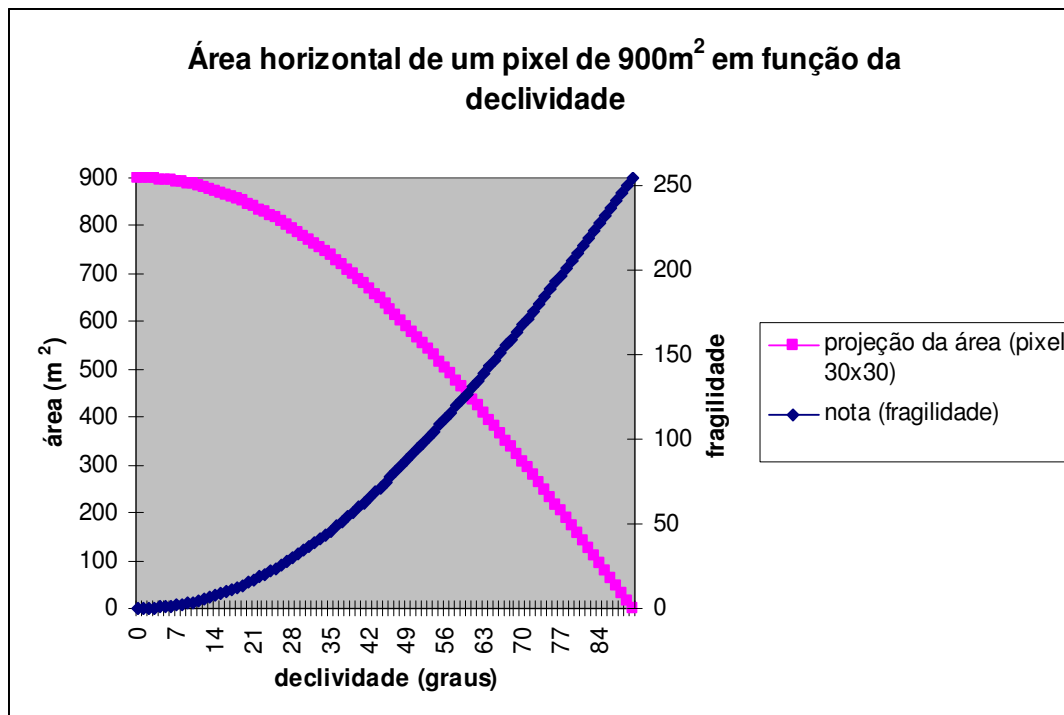


Figura 5-65 Relação entre a área e a declividade.

A Figura 5-70 (p.234) apresenta o mapa de fragilidades da Variável Remanescentes de Formações Vegetais Naturais Ponderada Inversamente pela Declividade.

5.3.1.4 Análise Parcial dos Resultados

A análise parcial dos resultados do Aspecto Fauna e Flora Terrestres mostra uma compartimentação do espaço da área de estudo muito clara (Figura 5-71, p.235). 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 5-66 p.230). 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 5-67 p.231). 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 Terrestres (Figura 5-69, p.233) e o mapa das Unidades de Conservação (Figura 5-77, p. 251). 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.

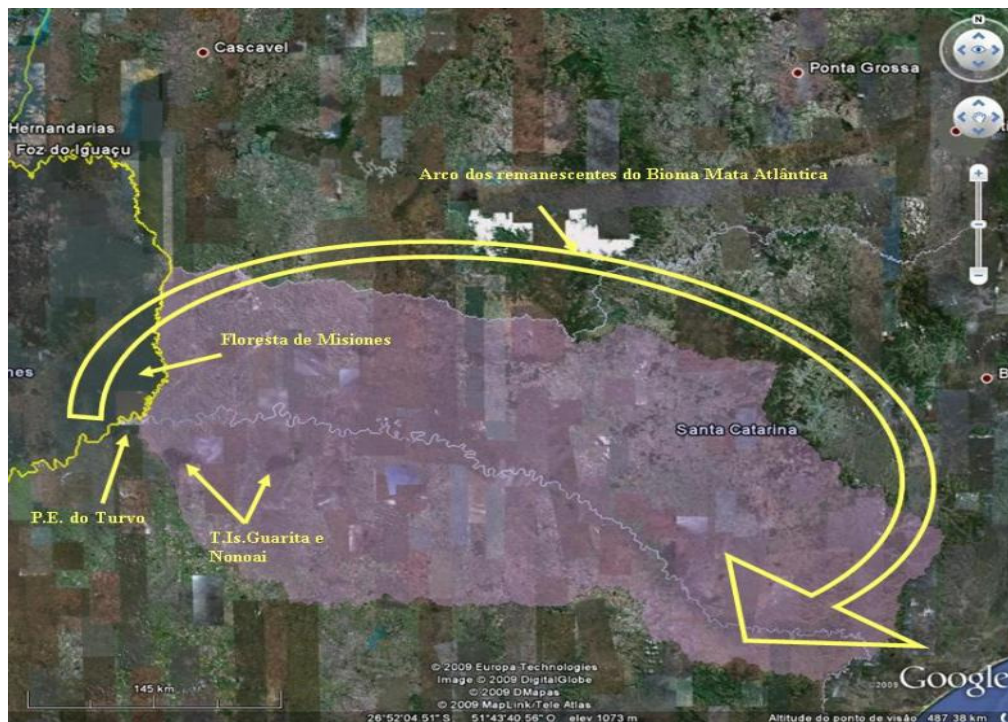


Figura 5-66 Caracterização do arco de remanescentes entre as áreas litorâneas e internas do Bioma Mata Atlântica na região do Alto Uruguai.



Figura 5-67 Mapa da área de ocorrência da onça-pintada e classificação dos corredores nas Américas

(fonte: <http://ngm.nationalgeographic.com/2009/03/jaguars/photo-map-interactive>, acesso em 22/03/2009).

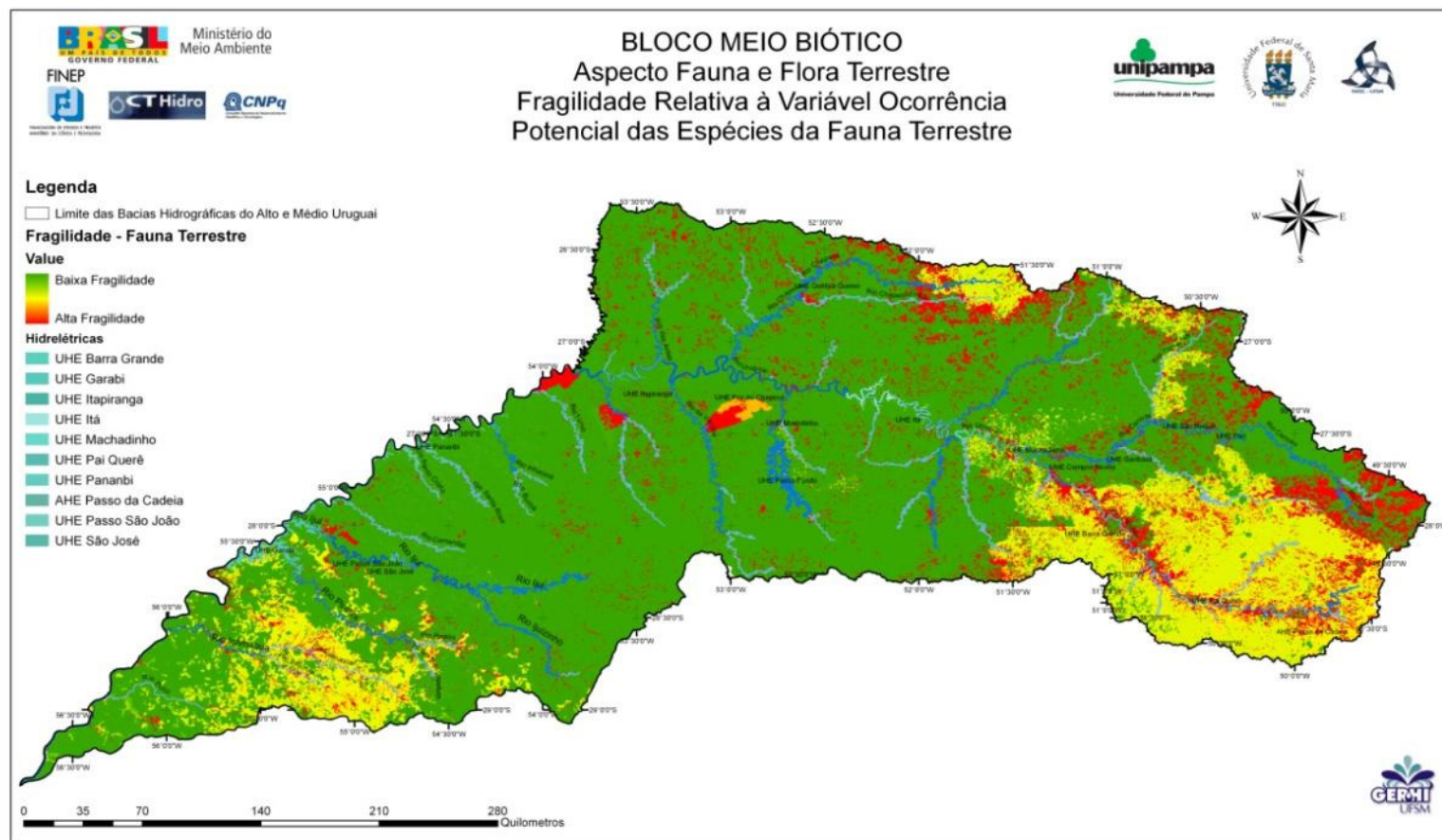


Figura 5-68 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Ocorrência Potencial das Espécies de Fauna Terrestre

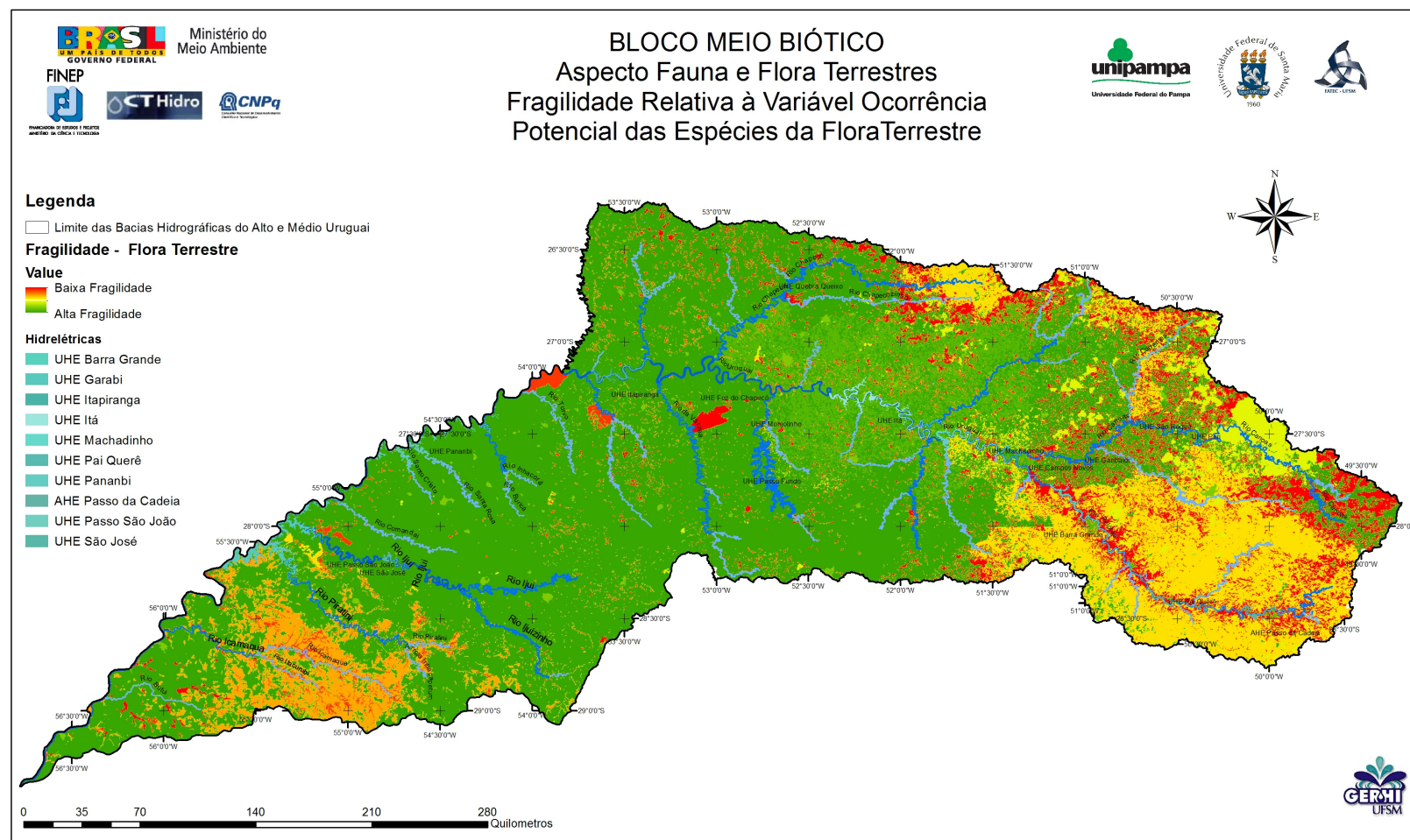


Figura 5-69 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Ocorrência Potencial das Espécies de Flora Terrestre

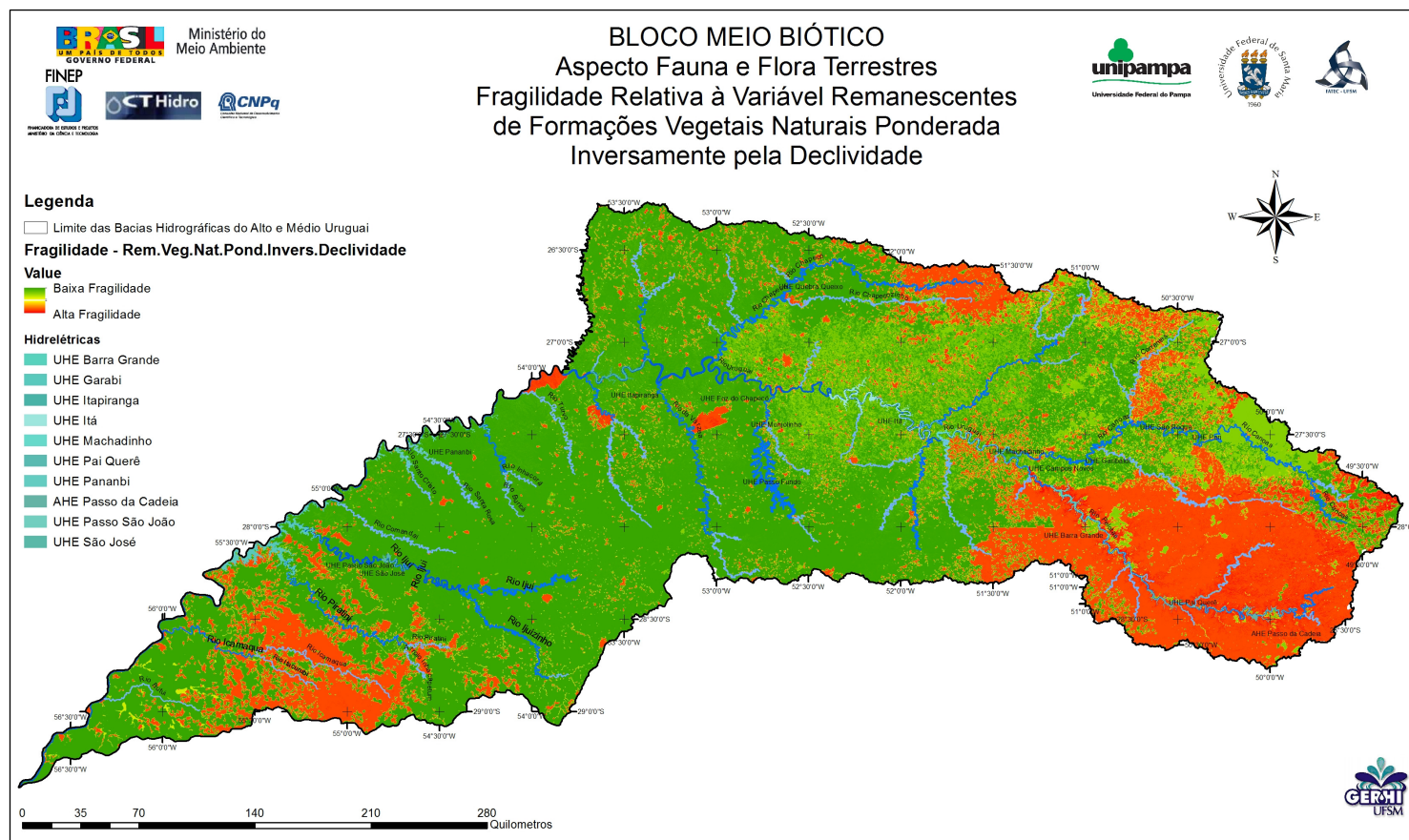


Figura 5-70 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Remanescentes de Formações Vegetais Naturais Ponderada Inversamente pela Declividade

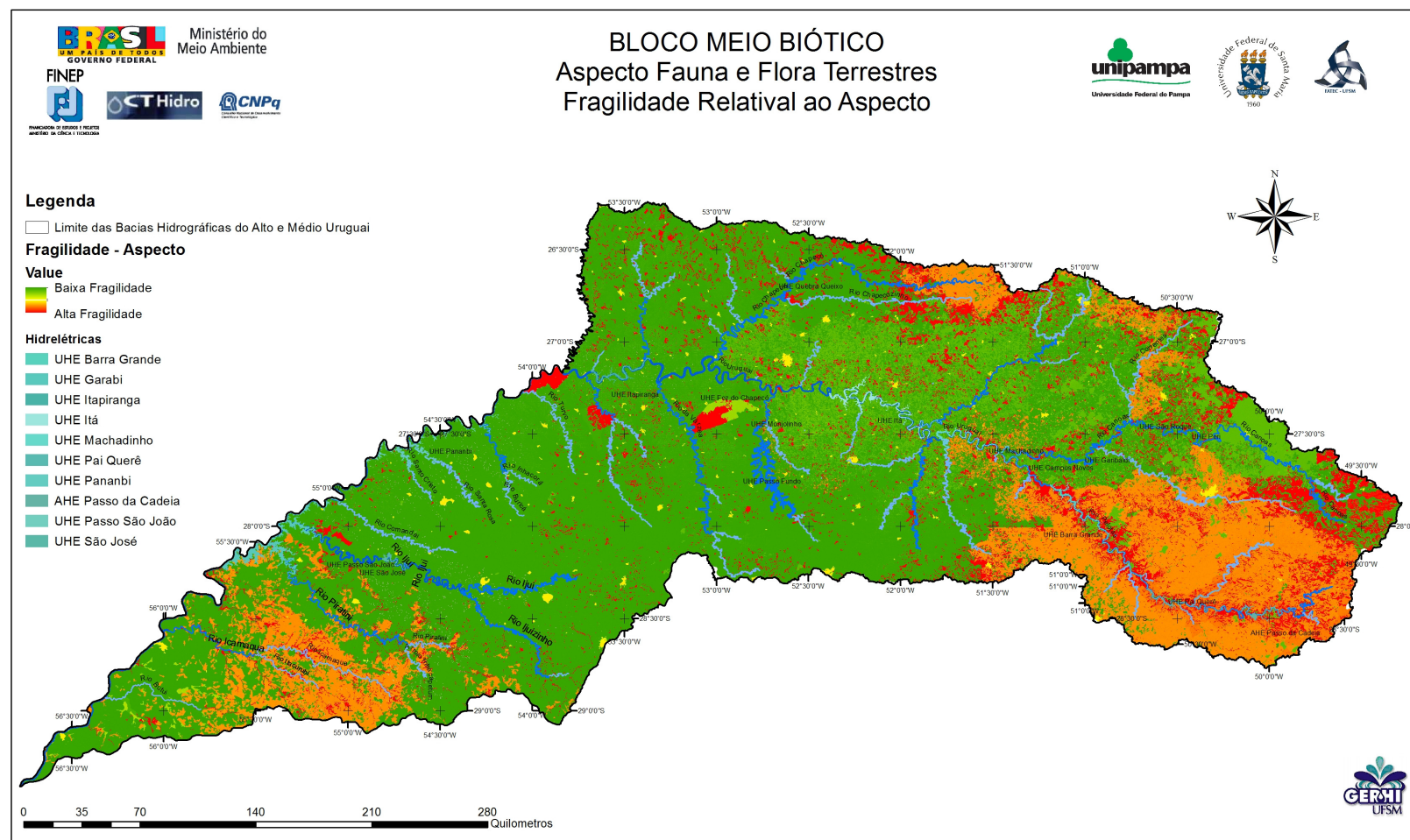


Figura 5-71 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Fauna e Flora Terrestres

5.3.2 Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e Proteção Ambiental

A Figura 5-72 apresenta o fluxograma das variáveis envolvidas na avaliação do Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e de Proteção Ambiental indicando os cruzamentos realizados entre elas, obtendo como resultado a fragilidade deste Aspecto.

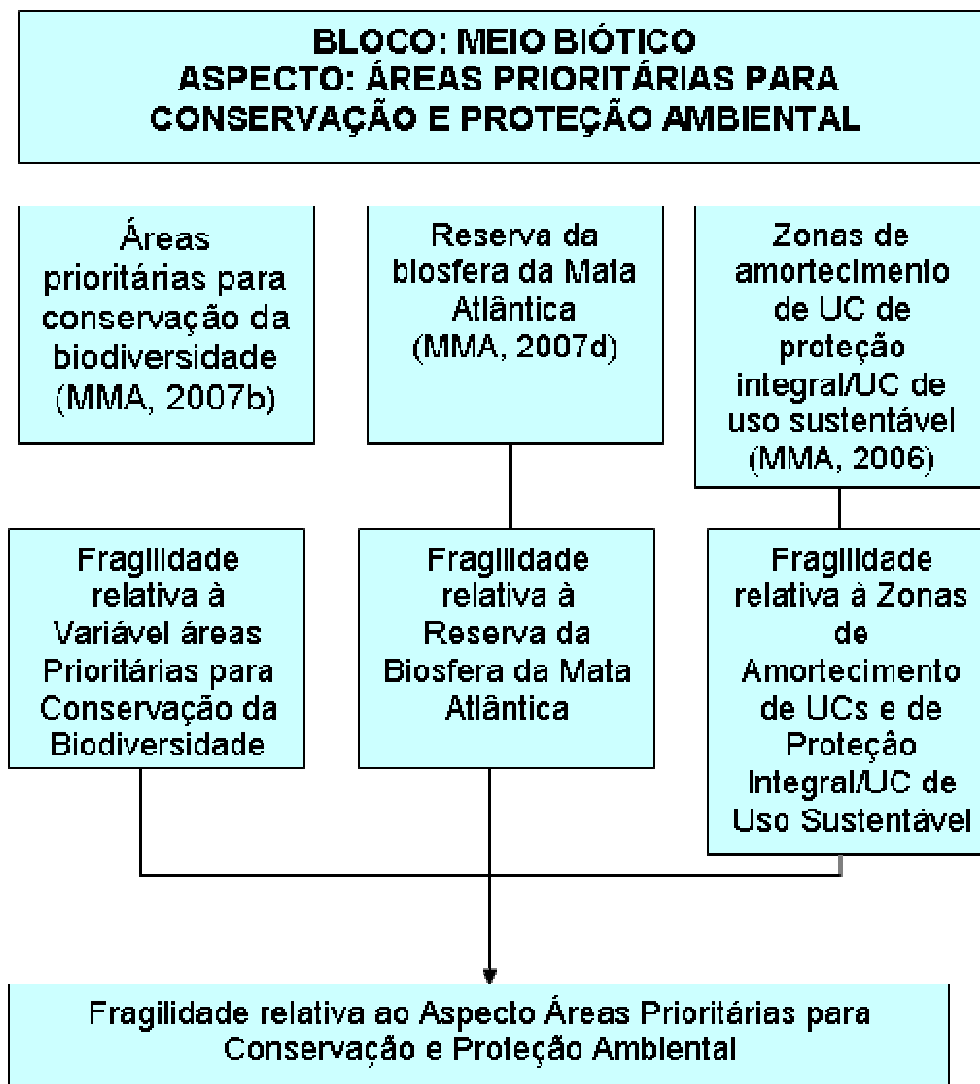


Figura 5-72 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e de Proteção Ambiental

5.3.2.1 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 valores 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 5-25 apresenta os valores de fragilidade atribuídos nesta variável.

Tabela 5-25 Valores de Fragilidade (1: muito alta; 255: muito baixa) relativa das Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade.

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

A Figura 5-73 (p.240) 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.

5.3.2.2 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 disponibilizado¹⁷.

A Tabela 5-26 apresenta os valores de fragilidade assumidos para estes mapas.

Tabela 5-26 Valores de Fragilidade (1: muito alta; 255: muito baixa) atribuídos à Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA).

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

A Figura 5-74 (p.241) apresenta o mapa de fragilidades da Variável Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Pode-se observar que existem dois sistemas conectados que apresentam alta fragilidade para a variável: um trecho situado junto à encosta leste, conectada ao vale principal do rio Pelotas e um trecho que conecta os remanescentes gaúchos de Mata Atlântica na porção oeste do Uruguai Alto, incluindo o Parque Estadual do Turvo e várias Terras Indígenas. 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 5-28), fazendo com que espécies que ocorrem no fundo do vale estejam adaptadas a um microclima 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

¹⁷ Mapas digitais na forma de arquivos do tipo "shape file" da Esri - Environmental Systems Research Institute

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 5-28 Vale do rio Pelotas. Observe-se a zonação altitudinal da vegetação.

5.3.2.3 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 do Refúgio 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, observa-se o mapa resultante, o qual foi reclassificado para atribuir fragilidades (Figura

5-75, p.242). A Tabela 5-27 apresenta as fragilidades que foram atribuídas às áreas respectivas de cada categoria.

Tabela 5-27 Valores de Fragilidade (1: muito alta; 255: muito baixa) relativa das Zonas de Amortecimento de UC de Proteção Integral e UC de Uso Sustentável.

Categoria	Fragilidade
UC de Uso Sustentável	128
Zona de Amortecimento de UC de Proteção Integral	140
Fora das UCs de US e ZA de UCs de PI	255

5.3.2.4 Análise Parcial dos Resultados

A Tabela 5-28 apresenta a estrutura de pesos utilizada para obtenção do mapa de fragilidades do Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e de Proteção Ambiental. A Figura 5-73 (p.240) apresenta o mapa do Aspecto.

Tabela 5-28 Pesos utilizados.

Variável	Pesos
Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade	0,33
Reserva da Biosfera da Mata Atlântica	0,33
Zona de Amortecimento de UCs de Proteção Integral e UCs de Uso Sustentável	0,33

Observa-se que existem três regiões de alta fragilidade. A primeira se refere aos ambientes relacionados às encostas da Serra na parte leste da bacia, associada ao corredor do rio Pelotas. A segunda, refere-se ao sistema conectado ao Parque Estadual do Turvo e ambientes próximos, como as Terras Indígenas de Guarita e Nonoai e os fragmentos de matas ciliares dos rios Chapecó, Antas, Peperi-Guaçú, Várzea e Turvo. A terceira está relacionada aos ambientes do Bioma Pampa associados às bacias dos rios Icamaguã, Butuí e Piratinim, com destaque para a Reserva Biológica do São Donato.

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 do 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, p.293). 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 as três 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), assim como a Reserva Biológica do São Donato, representante de área do Bioma Pampa, muito pouco representado nas Unidades de Conservação de Proteção Integral.

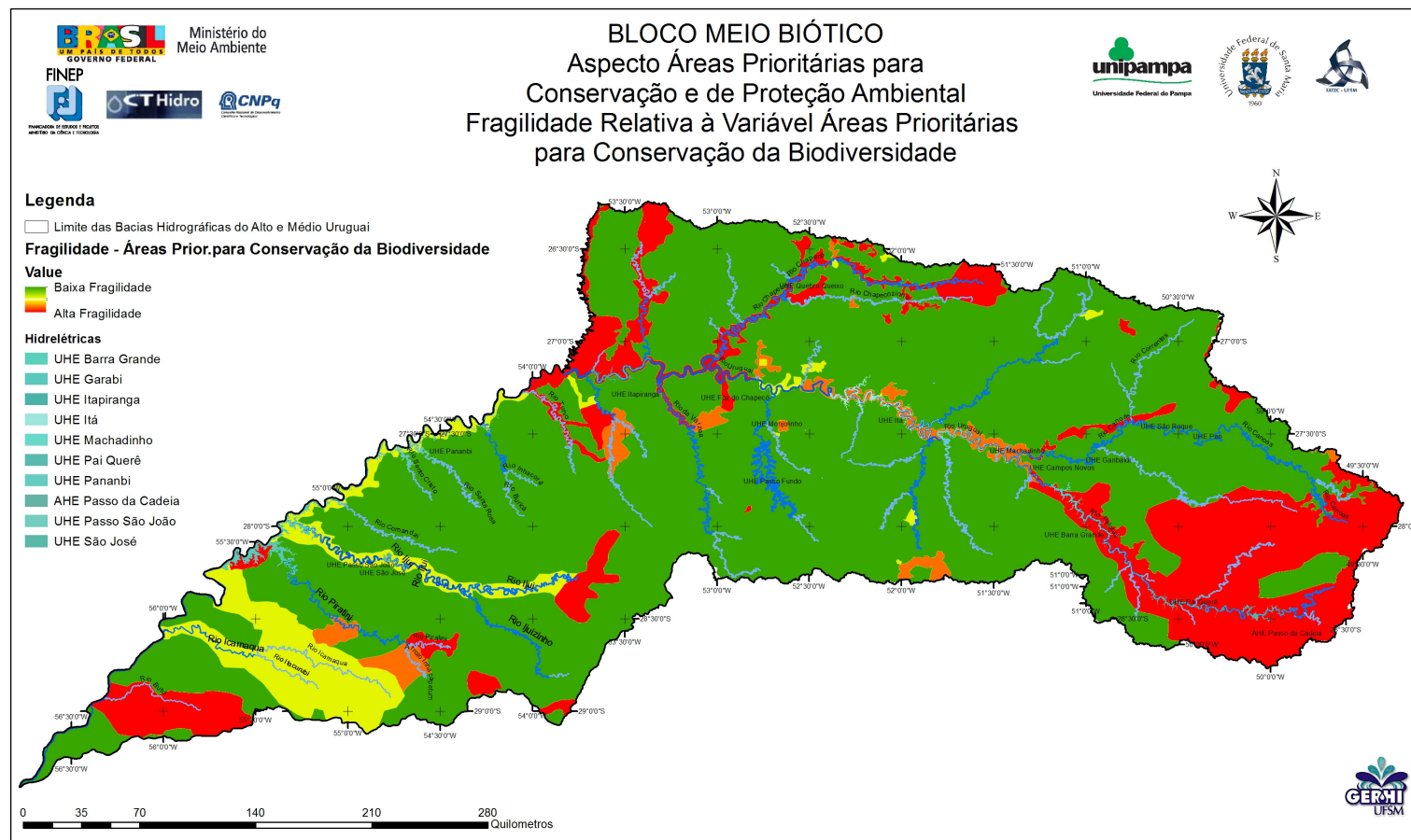


Figura 5-73 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade

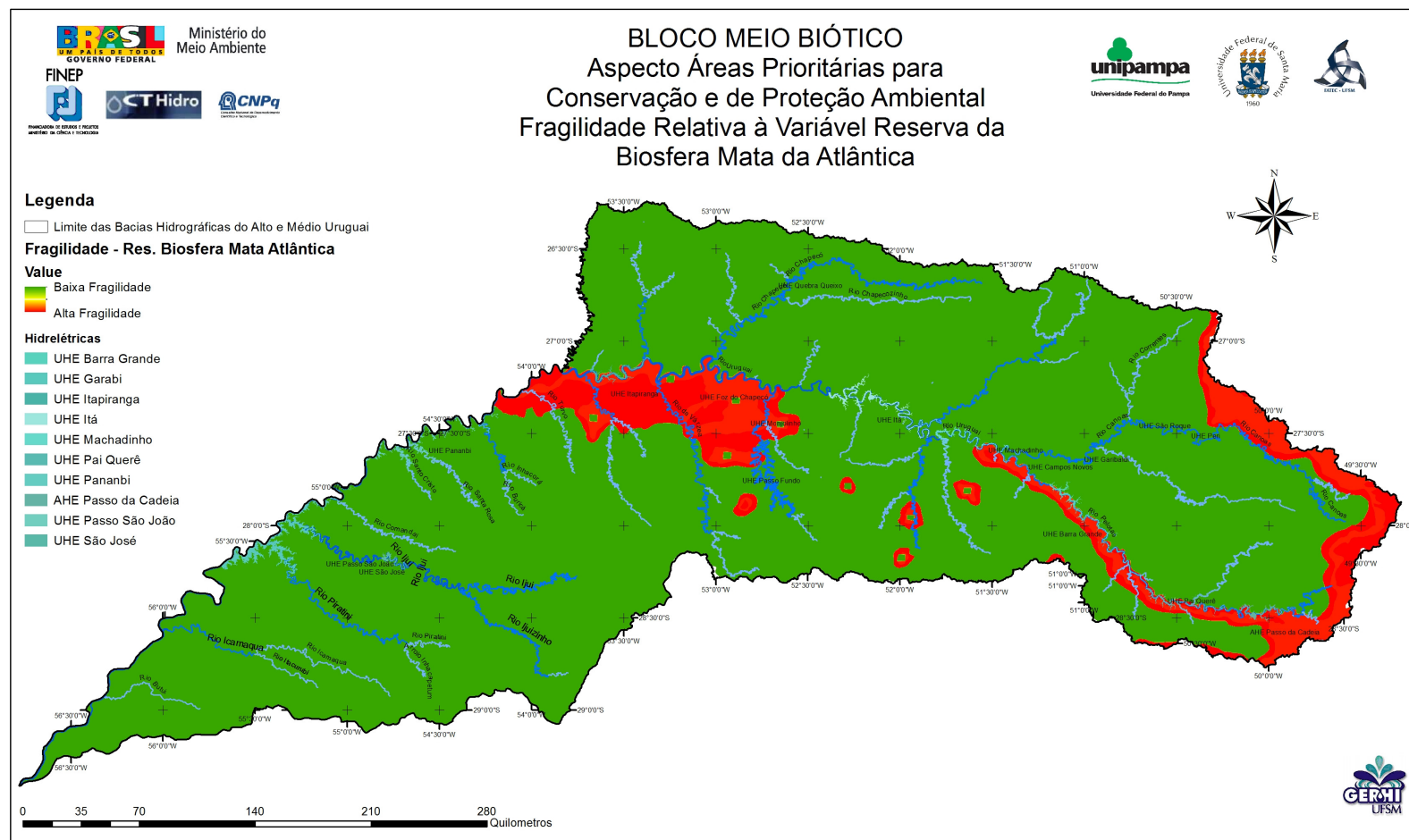


Figura 5-74 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Reserva da Biosfera da Mata Atlântica

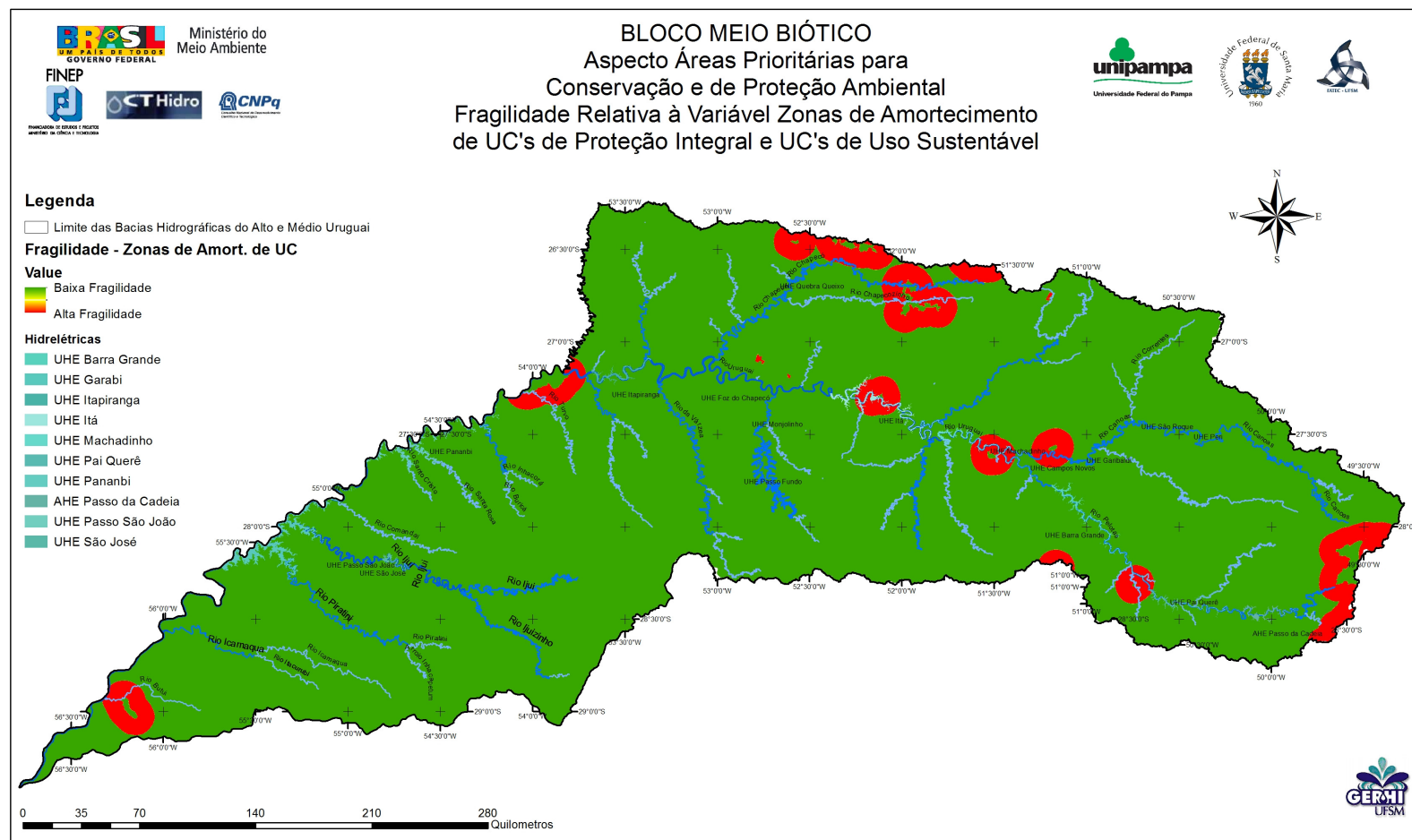


Figura 5-75 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Zonas de Amortecimento de UCs de Proteção Integral e UCs de Uso Sustentável

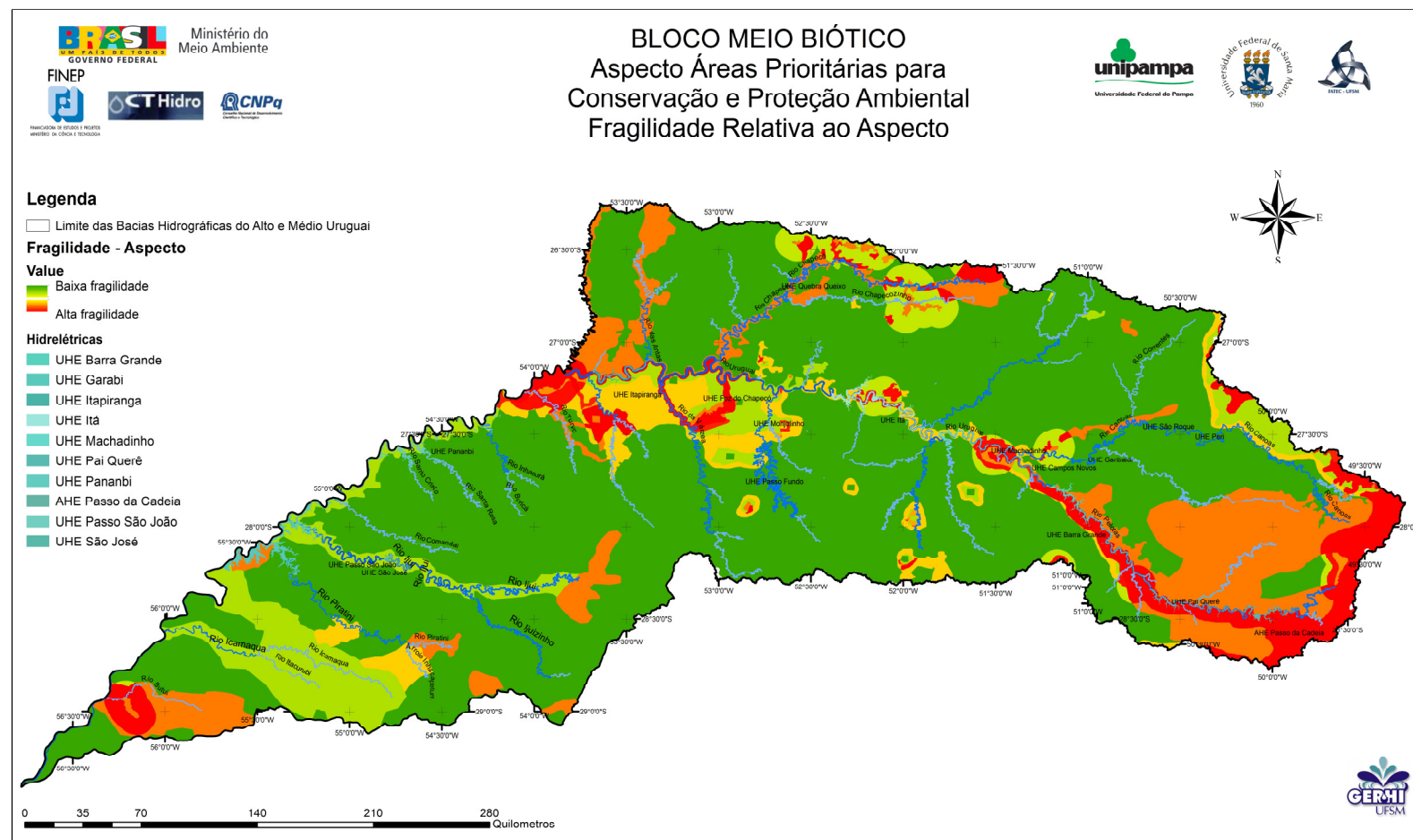


Figura 5-76 Mapa de Fragilidades Relativo ao Aspecto Áreas Prioritárias para Conservação e Proteção Ambiental

5.3.3 Aspecto Meio Biótico Aquático

A Figura 5-77 apresenta o fluxograma das variáveis envolvidas na avaliação do Aspecto Meio Biótico Aquático, indicando os cruzamentos realizados entre elas obtendo como resultado a fragilidade deste Aspecto.

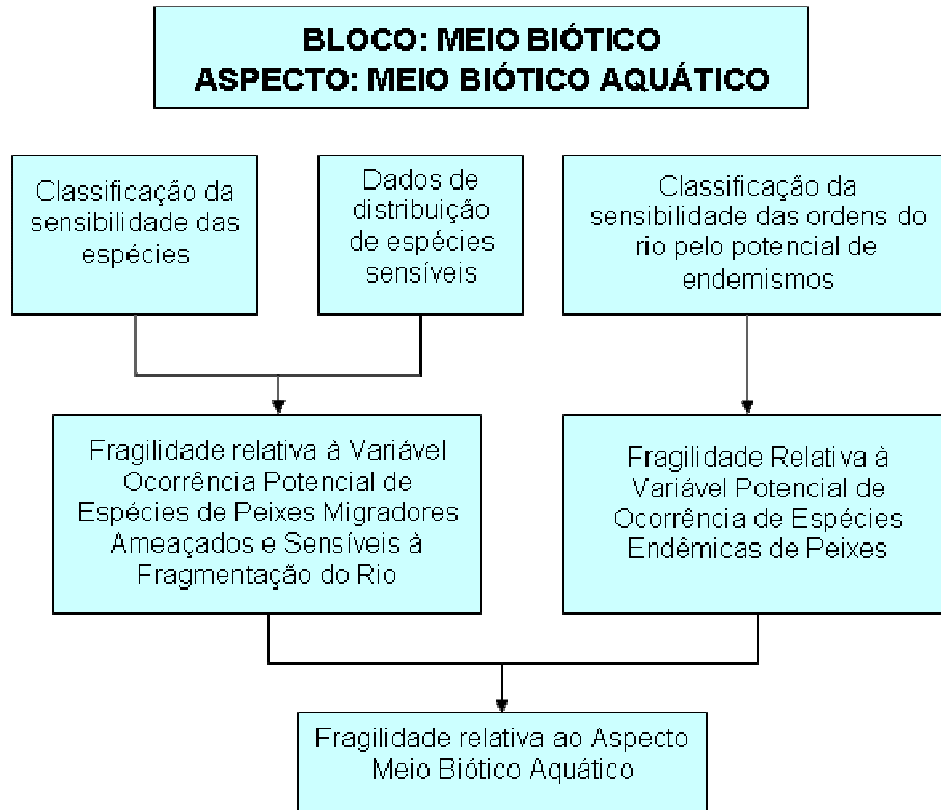


Figura 5-77 Fluxograma para obtenção da Fragilidade do Aspecto Meio Biótico Aquático

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 embasado 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, da fragmentação do ecossistema aquático.

5.3.3.1 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 etapa do trabalho a base utilizada foi aquela empregada na avaliação de fragilidades feita sobre a Bacia U10 (Bacia dos Rios Apuaê-Inhandava) (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 (Bacias Hidrográficas dos Rios Ijuí, Piratinim,

Icamaquã e Butuí, de acordo com a Classificação da Agência Nacional de Águas) 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 táxons 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 o conjunto de peixes de uma determinada biorregião. Assim, nessa etapa da avaliação integrada foi considerado como critério viável de análise da sensibilidade das espécies o hábito de realizar migração reprodutiva em longos trechos de rio. Para complementar a avaliação do sistema, foi ainda ponderado 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 etapa do trabalho a ênfase da avaliação recai sobre as interferências diretas sobre a calha principal do rio Uruguai/Pelotas e seus principais afluentes, 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.

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, tais como a brancanjuva (*Brycon orbignianus*), foram enquadradas nesse critério com base em informações disponíveis na literatura e através da discussão com especialistas.

A matriz de fragilidades, gerada a partir desses quatro critérios, pode ser observada na Tabela 5-29. 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 vulnerável 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:

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

em que:

V_s - pontuação atribuída à fragilidade da espécie em análise; **C** - pontos obtidos de acordo com o critério de análise; **Y** - resultado da soma de pontos

Tabela 5-29 Matriz de avaliação da fragilidade das espécies de peixes das bacias dos rios Ijuí, Piratinim, Icamaquã e Butuí e do 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 5-30.

Tabela 5-30 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 ao critério de confiabilidade (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.

Mapeamento das espécies segundo sua fragilidade

Para a efetiva construção dos mapas de distribuição das espécies adotou-se como pressuposto a inexistência 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 a 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:

$$Vt = Vs * Fi$$

onde:

Vt - valor atribuído ao trecho de rio; **Vs** - fragilidade atribuída à espécie;

Fi - 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 48 espécies indicadoras de fragilidade do meio aquático (Anexo 4, p.295) para as quais foi possível confeccionar mapas de distribuição (Figura 5-78, p.251).

5.3.3.2 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 Grande, 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 (Tabela 5-31).

Tabela 5-31 Pontuação atribuída às zonas de endemismo do rio Uruguai.

ZONA	PONTOS
MÉDIO URUGUAI	1
ALTO URUGUAI	2

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 5-32.

Tabela 5-32 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:

$$Vze = ZE * y$$

onde:

Vze - fragilidade da zona de endemismo; **ZE** - pontuação da zona de endemismo;

y - pontuação atribuída à ordem de rio

Os resultados foram, posteriormente, transformados para escala de 1 – 255 (bytes), considerando o valor da maior fragilidade como 1 e da menor como 255.

5.3.3.3 Análise Parcial dos Resultados

As espécies de piracema mostraram sua importância como descritores de fragilidade do sistema. As fontes de dados consultadas viabilizaram a confecção de mapa de distribuição de 47 espécies de peixes. Dentre elas, as características da história de vida da brancanhuva (*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 AHE Passo da Cadeia), estudadas na Etapa 1, 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 análise dos peixes de piracema, efetuada para o rio principal na Etapa 1 resultou em uma maior riqueza destas espécies para o trecho situado a jusante da UHE Foz do Chapecó, no trecho interligado com o Uruguai Médio, e menor, relativamente, no trecho situado a montante da UHE Barra Grande. Este fato está de acordo com o isolamento existente neste trecho próximo às cabeceiras, causado pela cascata das UHEs de Itá, Machadinho e Barra Grande, em relação ao maior habitat e estoque destas espécies situados no trecho oeste. Esta menor importância do trecho para os grandes migradores também 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 a montante da UHE Barra Grande. No entanto, com a implantação da UHE e do AHE previstos para o trecho, essa possibilidade é extinta.

Nesta etapa, com a inclusão da análise de trecho do Uruguai Médio e dos afluentes, o quadro geral não foi modificado. Observa-se que a maior parte da bacia já está fragmentada também nos afluentes, restando poucos trechos significativos de rios livres de barramentos. O maior trecho remanescente de rio livre de barramentos, situado a jusante da UHE Foz do Chapecó, em termos de rio principal, encontra barreiras antrópicas em grande parte dos afluentes. Somente encontram-se trechos disponíveis para as espécies migradoras, fora do rio principal, nos rios Butuí, Içamaquã e Piratinim, em fisionomia de transição para o Planalto da Campanha, e no Peperi-Guaçu e trechos significativos do Rio da Várzea e Chapecó. Os demais afluentes já se encontram fragmentados.

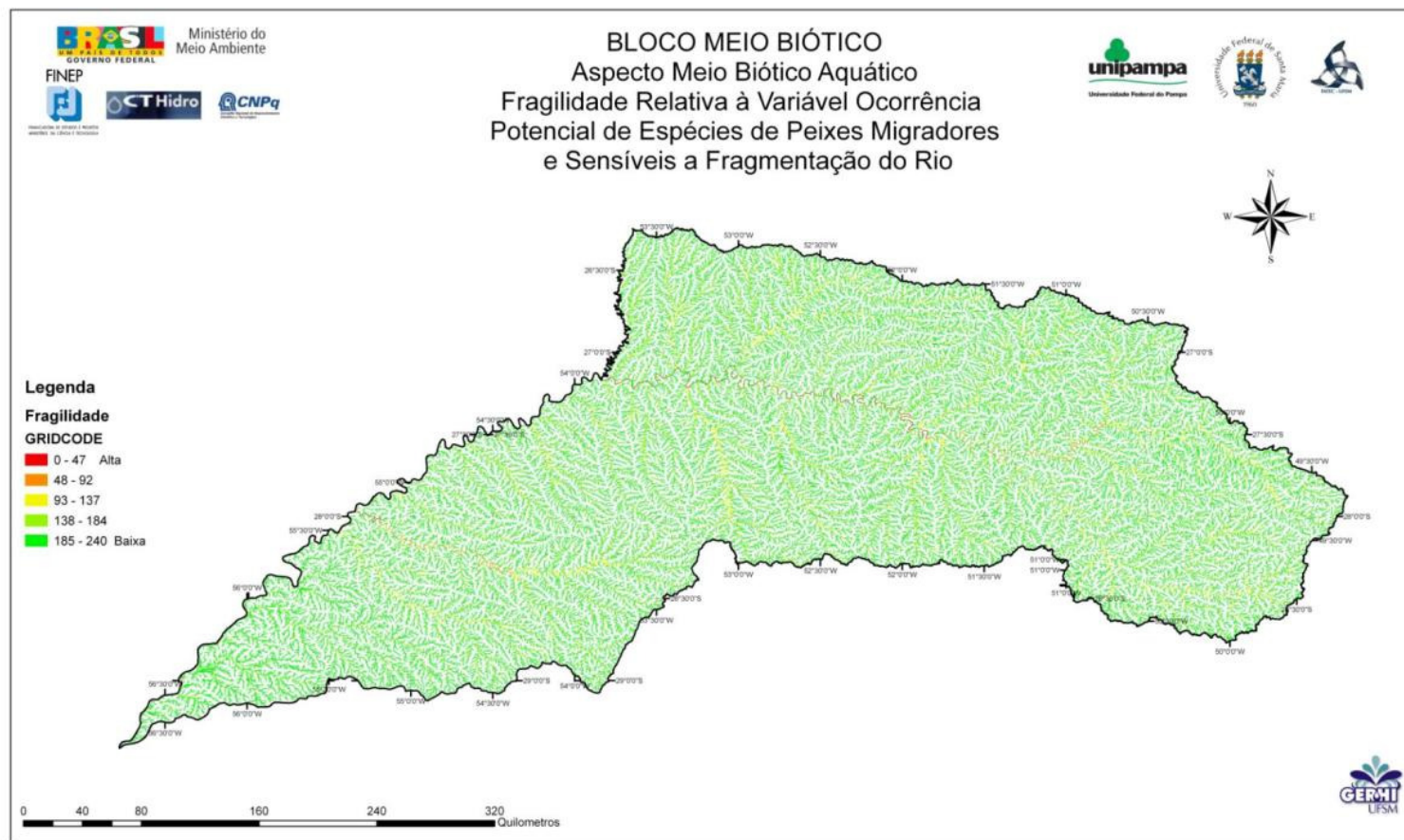


Figura 5-78 Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Ocorrência Potencial de Espécies de Peixes Migradores e Sensíveis a Fragmentação do Rio.

5.3.4 Aspecto (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 estudo, 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.

5.3.4.1 Variável Localização e Identificação das UCs de Proteção Integral

O mapa da Variável Localização e Identificação das UCs 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.

5.3.4.2 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.

5.3.4.3 Análise Parcial dos Resultados

A Figura 5-79 (p.253) apresenta o mapa de restrições.

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. No entanto, os resultados obtidos para a Etapa 1 demonstraram que as fragilidades dos trechos afetados da Zona Núcleo são grandes, independentemente do critério. No entanto, também demonstraram que a inclusão do critério inviabiliza aproveitamentos no trecho de rio principal a montante da UHE Barra Grande (UHE Pai Querê e o AHE Passo da Cadeia).

Embora o modelo tenha sido efetuado considerando a Zona Núcleo como áreas de grande fragilidade e não de restrição total, o seu efeito sobre os aproveitamentos do Alto Pelotas é considerado na análise desagregada e nas recomendações.

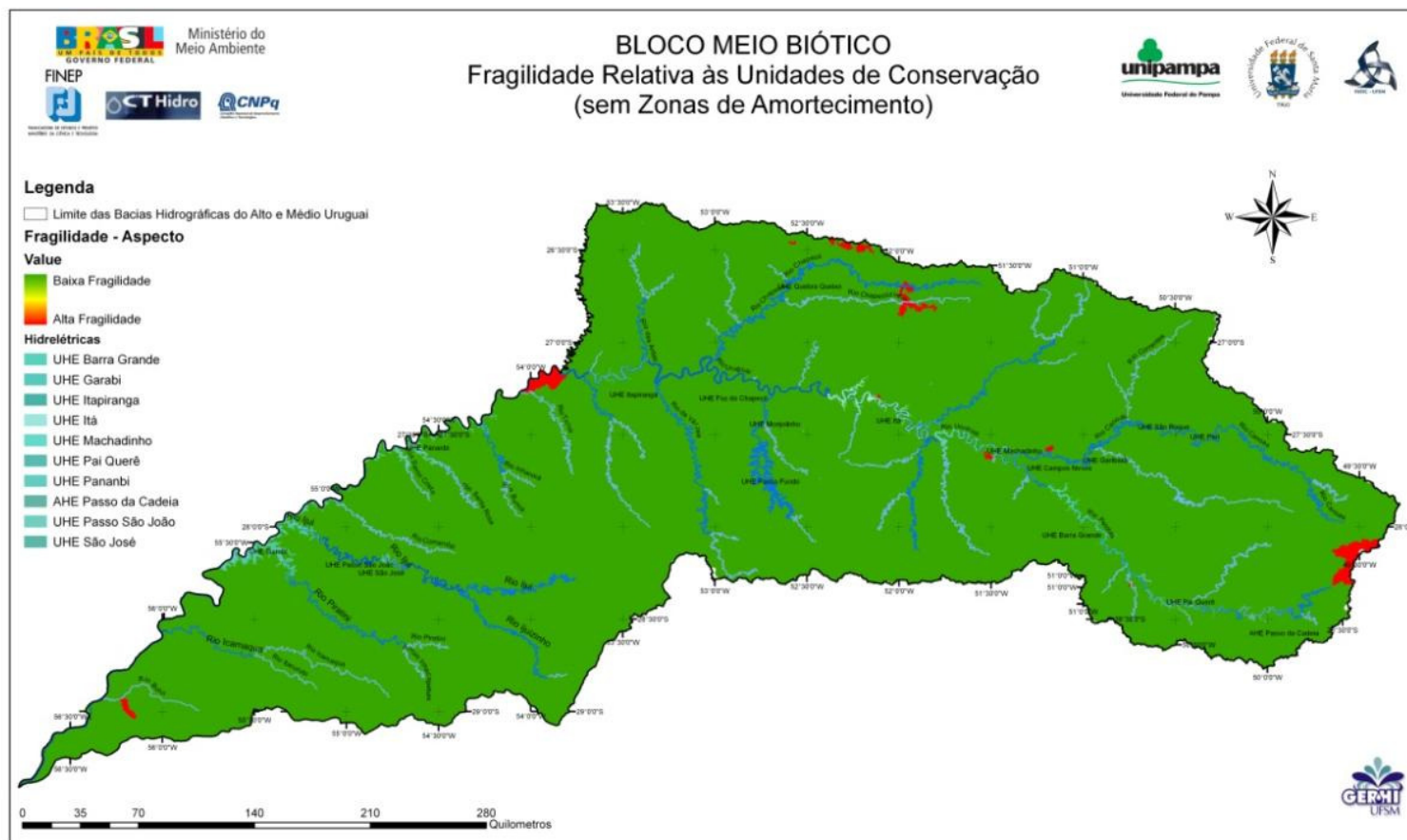


Figura 5-79 Mapa de Restrições do Meio Biótico, não incluindo a Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da mata Atlântica

5.3.5 Resultados do Bloco Meio Biótico

A Figura 5-80 (p.257) apresenta o resultado 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.

A análise dos resultados mostra que, do ponto de vista do meio ambiente terrestre, não existe variação na fragilidade do meio biótico na bacia, concentrando-se os trechos mais frágeis junto à borda leste, e ao longo do vale do rio Pelotas. Algumas áreas de média a alta fragilidade ocorrem nos Campos de Cima da Serra e em regiões próximas das Unidades de Conservação, como no extremo oeste da bacia, onde o estudo das Áreas Prioritárias Para a Conservação da Biodiversidade propõe a criação de um corredor, envolvendo o Parque Estadual do Turvo e as Terras Indígenas Nonoai e Guarita, e na porção sudoeste da bacia, em especial na área de ocorrência do bioma Pampa.

No rio Pelotas existe o mapeamento da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, que incluiu o vale do Pelotas como Zona Núcleo. No entanto, do ponto de vista de implantação imediata, o corredor do rio Pelotas encontra-se em área de mais baixa intensidade de impacto das atividades antrópicas, em comparação com o que ocorre na região oeste da bacia.

O vale do Uruguai, a jusante da UHE Foz do Chapecó apresenta alta densidade humana, com pequenas propriedades exploradas com base na agricultura familiar, que ocupam e fragmentam quase todas as formações ciliares, restando muito pouco destas formações ainda em boas condições. A implantação de corredores através de criação de Refúgios da Vida Silvestre na região é muito difícil, dada a grande quantidade de famílias a serem desapropriadas. Neste caso, pode ser mais efetiva a implantação de programas de longo prazo, que envolvam apoio para restauração de matas ciliares, acompanhados de algum tipo de compensação por serviços prestados ao ambiente para as famílias que diminuam suas rendas para esta recuperação. A realidade é diferente a montante da UHE Barra Grande, onde a integridade remanescente é grande e a população não se concentra nos vales, garantindo uma maior viabilidade para uma implantação de um corredor através da criação de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral.

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 vistoriado, 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 a 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 Foz do Chapecó, Itá, Machadinho e, Barra Grande e Campos Novos, pouco resta de rio principal para manter populações de peixes migradores. Caso estes ocorram no trecho do rio Pelotas a 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.

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 no trecho em que está previsto o AHE 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 instituição de áreas protegidas com tamanho suficiente para preservar a diversidade da fauna florestal associada ao ambiente 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 à do 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 e 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, a jusante do trecho contido na divisa brasileira com a Argentina.

Dos afluentes do Alto Uruguai, a montante do Parque Estadual do Turvo e da fronteira com a Argentina (confluência do Peperi-Guaçu), apenas 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 lhes 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.

Dos afluentes do Médio Uruguai, somente os rios da Bacia 75 (Ijuí, Piratinim, Icamaquã e Butuí) apresentam trechos livres significativos, resultantes de estudo de fragilidades ambientais desenvolvido pela FEPAM e que tornou imunes de barramentos a bacia dos rios Butuí e Icamaquã e o trecho principal do Piratinim, além de um trecho no Ijuí Médio. Os demais já estão fragmentados no Cenário Atual.

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 se 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 das UHEs Garabi e Panambi, ao isolar as populações do Planalto do trecho médio do rio Uruguai, onde ocorrem rios de planície, acabe por inviabilizar o sucesso do recrutamento. Estudos da Comissão de Administração do Rio Uruguai, binacional argentina e uruguaia, demonstram que embora exista a presença de ovos e larvas de peixes migradores em todos os anos, espécies como o grumatã (*Prochilodus lineatus*) somente apresentam *coortes* significativas coincidentes com anos de ocorrência do fenômeno El Niño, sugerindo dependência da espécie nas grandes inundações para que ovos e larvas alcancem os berçários da espécie (CARU, 2009a e 2009b).

Os demais trechos de rios já pertencem às áreas de captação laterais das UHEs que seguem de Foz do Chapecó até Barra Grande. Observa-se, portanto, que a obra prevista para este trecho (UHE Itapiranga), apresenta um potencial impacto de fragmentação muito grande, pois isola 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 do 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.

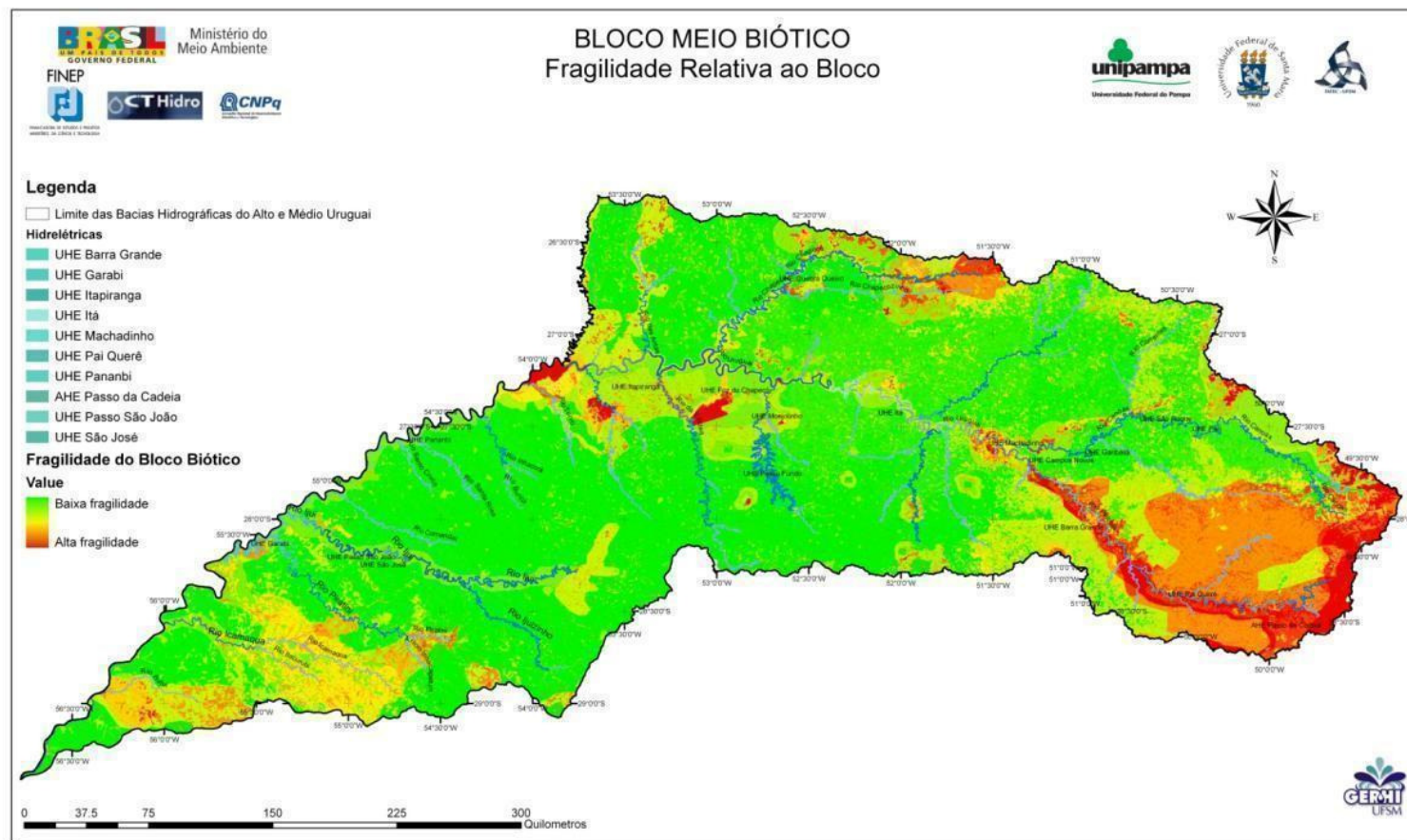


Figura 5-80 Mapa de Fragilidades Relativo ao Bloco Meio Biótico

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. A análise de sensibilidade é uma das ferramentas que se utilizam para 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 serem atenuadas ou potencializadas 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, executadas na sequência, onde se verifica 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). Este estudo foi realizado em duas grandes etapas, cujos cenários avaliados são discutidos a seguir.

6.1 Cenários

6.1.1 Cenários da Etapa 1

Para definição dos cenários, foram consideradas as demandas do Ministério do Meio Ambiente, os cenários apresentados no estudo da EPE (2007), 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 (Quadro 6-1).

Quadro 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
Passo da Cadeia	104	2,28 MW/km ²	Não	-	-
Pai Querê	291,9	4,75 MW/km ²	Sim	Projeto Básico	2012
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 operação	-
Itapiranga	580 (724,6 EPE)	9,53 MW/km ² (11,92 MW/km ²)	Sim	Viabilidade	2013

A análise do Quadro 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, 2/3 está na UHE Itapiranga.

O índice de eficiência energética, utilizado por FEPAM/UFRGS(2004) e FEPAM/UFMS(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). O Quadro 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 o 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 maiores (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 a jusante do trecho estudado, em comparação com a baixa eficiência energética do trecho situado mais a 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 lânticos. 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 a Etapa 1, ao rio principal (Uruguai/Pelotas):

- Cenário Atual. Inclui todas as barragens existentes no rio principal: UHEs Foz do Chapecó, Itá, Machadinho e Barra Grande, delimitando dois trechos significativos a jusante de Foz do Chapecó e a montante de Barra Grande.
- Cenário Somente Itapiranga. Inclui na configuração do Cenário Atual a UHE Itapiranga no trecho situado a 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 a montante da UHE Barra Grande.

- Cenário Somente Pai Querê e Passo da Cadeia. Acrescenta ao cenário anterior o AHE imediatamente a 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 do AHE Passo da Cadeia.

Como o trecho situado a 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 (Quadro 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.

Quadro 6-2 Composição dos cenários

Cenários espaciais analisados	Configuração espacial da bacia hidrográfica do rio Uruguai, considerando a previsão de novos aproveitamentos hidrelétricos
1 Atual	Todas as UHEs existentes, sem inclusão de novas UHEs
2	Atual + Complexo Garabi
3	Atual + Itapiranga
4	Atual + Complexo Garabi + Itapiranga
5	Atual + Pai Querê
6	Atual + Complexo Garabi + Pai Querê
7	Atual + Pai Querê + Passo da Cadeia
8	Atual + Complexo Garabi + Pai Querê + Passo da Cadeia
9	Atual + Itapiranga + Pai Querê + Passo da Cadeia
10	Atual + Complexo Garabi + Itapiranga + Pai Querê + Passo da Cadeia

6.1.2 Cenários da Etapa 2

Na Etapa 2, de acordo com o Plano de Trabalho, a área de análise englobou o trecho nacional do Uruguai Médio, entre a confluência do rio Uruguai com o Peperi-Guaçu e a confluência com o rio Ibicuí e os afluentes em toda a área do Uruguai Alto e Médio.

Tendo em vista a grande quantidade de empreendimentos já implantados ou em implantação (Cenário Atual), tanto de UHEs, como de PCHs e CGHs, levantadas no SIGEL (ANEEL¹⁸), optou-se por simular somente dois cenários: o Atual e um cenário alternativo, que equivale ao cenário atual somado aos empreendimentos UHE Garabi e UHE Panambi. A não inclusão de empreendimentos em fase de licenciamento ou

¹⁸ <http://sigel.aneel.gov.br/>

inventário, presentes nos diversos cenários temporais da ANEEL, não será efetuada em função da rapidez com que os inventários são atualizados e com a necessidade de se focar no ambiente, os trechos de rios, não nos empreendimentos. Hierarquizar trechos de rios torna-se uma informação mais duradoura para os responsáveis pela tomada de decisão no processo de licenciamento. Diferentes empreendimentos ou inventários podem ser sobrepostos a uma hierarquia de trechos, permitindo que a avaliação ambiental integrada não seja exclusiva de um determinado conjunto de obras tomadas como referência. Uma análise de hierarquização, restrita ao trecho de rio principal da área estudo, efetuada a pedido do MMA, é apresentada no Anexo 5 (p.297).

O Cenário Alternativo tem referência nas UHEs Garabi e Panambi em função da questão da governabilidade destes empreendimentos ultrapassar os limites federais. As decisões são bilaterais sobre um trecho do rio Uruguai que é compartilhado entre Argentina e Brasil. Deste modo, com a implantação possível destes empreendimentos, a partir de uma instância hierarquicamente superior, devem-se propagar diretrizes para as instâncias federais e estaduais, onde existe domínio para o SISNAMA e respectivos sistemas estaduais de meio ambiente. O Quadro 6-3 apresenta os cenários trabalhados nesta Etapa 2. O Quadro 6-4 apresenta informações sobre a eficiência energética das UHEs consideradas na Etapa 2 e do AHE Passa da Cadeia.

Quadro 6-3 Composição dos cenários da Etapa 2

Cenários espaciais analisados	Configuração espacial da bacia hidrográfica do rio Uruguai, considerando a previsão de novos aproveitamentos hidrelétricos
1 Atual	Todas as UHEs, PCHs e CGHs existentes e em implantação
2	Atual + UHEs Garabi e Panambi

Quadro 6-4 Aproveitamentos considerados na segunda etapa do projeto FRAG-RIO para fins de extração de índices ambientais relativos¹⁹.

UHE/AHE	Potência (MW)	Índice de Eficiência Energética	Presença no Plano Decenal (MME, 2011)	Estágio do projeto	Previsão para geração
Passo da Cadeia	104	2,12 MW/km ²	Não	-	-
Pai Querê	291,9	4,34 MW/km ²	Sim	Projeto Básico	2020
Itapiranga	725	12,02 MW/km ²	Sim	Viabilidade	2019
Peri	47	0,97 MW/km ²	Não	-	-
São Roque	145	1,38 MW/km ²	Sim	Planejada	2016
Garibaldi	175	5,86 MW/km ²	Sim	LP	2014
Panambi*	524	2,69 MW/km ²	Não	Viabilidade	2016
Garabi*	576	1,55 MW/km ²	Não	Viabilidade	2016

* Como se tratam de empreendimentos binacionais foi considerada a área do reservatório em território brasileiro e 50% da energia para cada país. As datas de previsão foram retiradas de <http://www.nuca.ie.ufrj.br/blogs/gesel->

¹⁹ As PCHs e CGHs não foram incluídas por falta dos polígonos com os reservatórios, os quais foram solicitados pelo MMA aos órgãos responsáveis e não houve retorno. Estas somente foram incluídas nas análises de fragmentação.

ufri/index.php/?archives/7284-Argentina-quer-acelerar-construco-de-UHE-Garabi-com-Elektrobras.html.

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.

Nesta etapa optou-se por atribuir pesos iguais para os três blocos temáticos, uma vez que na modelagem da Etapa 1 houve compensação espacial de diferenças que acabou por reduzir a discriminância da análise multicritério. O equacionamento é apresentado a seguir:

$$\text{Frag}_{\text{int}} = ((\text{Peso}_{\text{antr}} * \text{Frag}_{\text{antr}}) + (\text{Peso}_{\text{bio}} * \text{Frag}_{\text{bio}}) + (\text{Peso}_{\text{fis}} * \text{Frag}_{\text{fis}})) * \Pi_{\text{restrições}}$$

Onde:

Frag_{int} é a fragilidade da análise integrada do modelo.

$\text{Peso}_{\text{antr}}$ é o peso atribuído para o mapa do bloco do meio antrópico.

$\text{Frag}_{\text{antr}}$ 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.

$\Pi_{\text{restrições}}$ é o produtório dos mapas de restrições (booleanos: 0 e 1).

As Figura 6-1 e a Figura 6-2 apresentam os resultados da análise multicritério com pesos iguais para os 2 cenários (Atual e Alternativo).

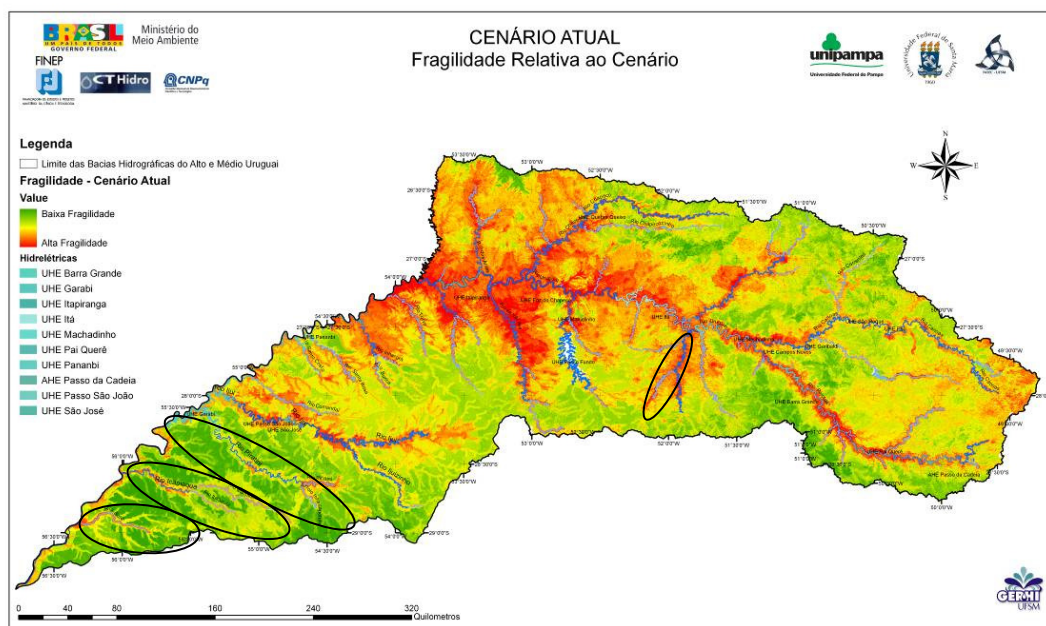


Figura 6-1 Mapa de fragilidades da análise integrada. Cenário Atual. Nas elipses, trechos já protegidos pela FEPAM.

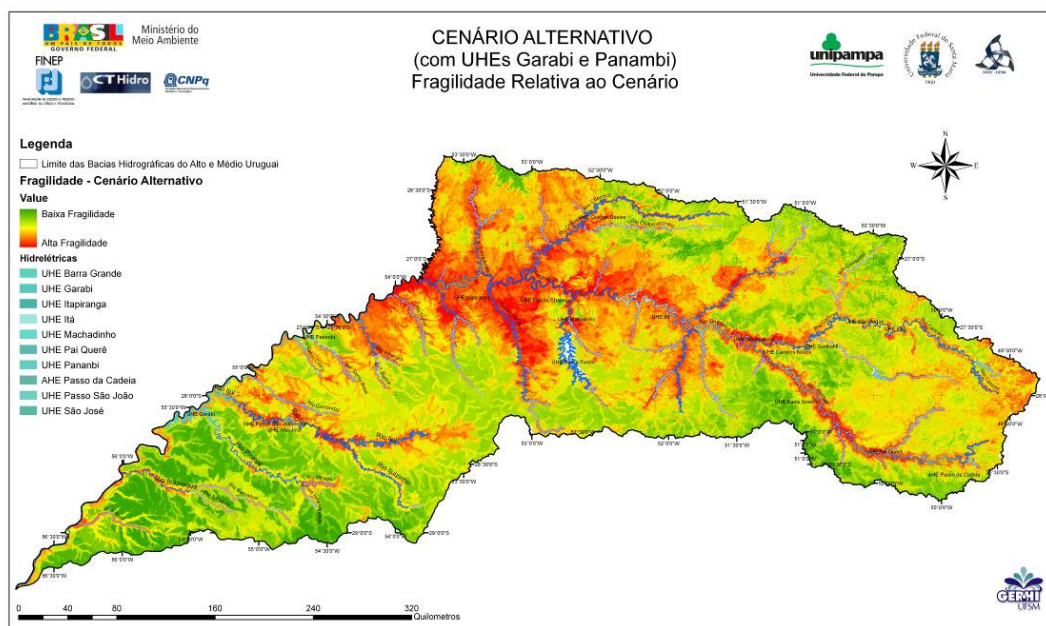


Figura 6-2 Mapa de fragilidades da análise integrada. Cenário Alternativo (com as UHEs Garabi e Panambi).

A observação da Figura 6-2 nos demonstra que as poucas áreas que ainda estariam com uma fragilidade integrada menor, considerando pesos iguais para os blocos físico, antrópico e biótico, excluídas as áreas demarcadas com elipses, que representam os trechos de rios protegidos pela FEPAM, estão situadas nas regiões de cabeceiras, ao longo dos divisores norte da bacia, no vale do rio da Várzea e ao longo da bacia do Apuaê-Inhandava. Esta espacialização demonstra a importância da análise

desagregada de fragmentação e dos blocos individualmente. As áreas dos divisores norte representam áreas de alto valor para a biodiversidade, assim como a região dos rios Butuí, Icamapuã e Piratinim, que representam uma reserva de biodiversidade para o que ainda resta a preservar de Bioma Pampa na Região. Observa-se que os componentes físico e antrópico são dominantes, determinando uma alta fragilidade para a maior parte dos empreendimentos que estão apresentados no SIGEL como cenários futuros.

De modo geral, observa-se que as UHEs Garabi e Panambi possuem a maior parte de seus reservatórios sobre áreas de alta fragilidade, assim como outras UHEs propostas como cenários futuros para o trecho de rio principal, como as UHEs Itapiranga, Pai Querê e o AHE Passo da Cadeia.

6.3 Avaliação Desagregada de Fragmentação

A fim de analisar a complexidade das redes hidrográficas formadas por tributários brasileiros do rio Uruguai e do rio Peperi-Guassu, afluente do rio Uruguai que faz a divisa entre a Argentina e o Brasil em Santa Catarina, foram calculados o comprimento total da rede hidrográfica até a terceira ordem (*sensu* STRHALER, 1952) excluindo os trechos transformados em reservatório de Usinas Hidrelétricas (UHE). Nos locais em que a projeção do reservatório não estava disponível, caso de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) e de Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH) seus reservatórios não foram excluídos.

Também como forma de avaliar a complexidade da rede hidrográfica foi calculado o número de formadores da rede hidrográfica do afluente do rio Uruguai.

O cenário atual da bacia do rio Uruguai em seus trechos médio e superior evidencia um grande efeito de fragmentação provocada especialmente pelas UHEs já implantadas na calha principal do rio.

Nesse contexto, ao invés de termos um único sistema hidrográfico ecologicamente integrado onde os fluxos energéticos rio abaixo e rio acima estão livres de impedimentos, passamos a ter diversos sistemas distintos, delimitados por estruturas de concreto e rocha manipulados pelo homem para formar barragens.

Como resultado, identificamos os seguintes blocos na área da bacia estudada:

- Porção superior do rio Uruguai/Pelotas e seus afluentes delimitados pela UHE Barra Grande;
- Porção superior do rio Uruguai a partir da UHE Foz do Chapecó até a UHE Barra Grande onde os afluentes desaguam em reservatórios (UHE Foz do Chapecó, UHE Itá, UHE Machadinho e UHE Barra Grande);
- Rio Uruguai e seus afluentes a jusante da UHE Foz do Chapecó.

Bloco 1 - Porção superior do rio Uruguai/Pelotas

Formado pelo rio Pelotas e seus afluentes, essa é a região remanescente da fisionomia da bacia com vales profundos em V e encostas florestadas. O sistema fluvial é caracterizado por uma grande dinâmica da água devido às grandes declividades, a marcada sazonalidade do regime de chuvas e a alta densidade de cachoeiras e cascatas como acidentes geográficos de grande beleza cênica e importância biológica.

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.

A porção do Rio Grande do Sul da bacia foi alvo de uma Análise de Fragilidades Ambientais concluída em 2005 através do Contrato FEPAM/FATEC/UFSM. Nesse estudo foi recomendada a manutenção dos rios Ligeiro ou Apuaê e Piracuce como livres de barragens.

Nesse cenário a ictiofauna em especial é representada por um grande número de endemismos, mas devido a pouca exploração científica da área é muito provável que guarde um grande número de espécies ainda não descritas pela ciência.

Bloco 2 – Afluentes isolados

A partir da barragem da UHE Foz do Chapecó até o limite do reservatório da UHE Barra Grande, uma sequência de afluentes catarinenses (rios Irani, Peixe, Lajeado Santa Cruz e Canoas) e riograndenses (Passo Fundo, Apuaê, Forquilha e Inhandava, Marmeleiro e Bernardo José) encontram-se isolados pelos reservatórios formados por esses barramentos. A condição de fragmentação desses rios é variável e depende principalmente da diversidade natural do número de afluentes, de sua extensão, do número de empreendimentos instalados até o presente e do porte desses empreendimentos.

Os afluentes de Santa Catarina são mais extensos devido às características topográficas do terreno e destacam-se entre eles, por sua complexidade, o rio Canoas com 2.661 Km e 384 formadores e o Rio do Peixe com 1.117Km e 152 tributários.

O rio Canoas está inserido na bacia do rio Uruguai onde atualmente está o corpo do reservatório da UHE Machadinho, porém, já na sequência desse reservatório, existe instalada a UHE Campos Novos. Além disso, na bacia encontra-se com LP e em busca de LI a UHE Garibaldi. Além desses empreendimentos de grande porte, atualmente existem instaladas duas PCH's e oito CGH's.

A presença de espécies migradoras de grandes distâncias nessa bacia como *Steindachneridion scriptum* (suruvi) (ameaçada nacionalmente) é conhecida e registrada no EIA da UHE Garibaldi. A manutenção de populações viáveis dessa e de outras espécies conhecidas de peixes migradores nessa bacia implica no conhecimento de aspectos do seu ciclo de vida e na conservação de ambientes que são importantes para as mesmas. Esse conhecimento ainda não está disponível, o que implica que qualquer tomada de decisão sobre a implantação de novos empreendimentos na bacia inclui o risco de extinção dessa e das demais espécies de peixes migradores.

O Rio do Peixe, por outro lado é um sistema menor, mas que conta com o mesmo número de PCHs (2) e CGHs (8) que o rio Canoas, o que aumenta o potencial de fragmentação sobre esse sistema fluvial.

Com menos extensão e uma condição mais severa de fragmentação segue o rio Irani, com 304 Km de extensão e 47 formadores, onde já encontram-se instaladas seis PCHs e cinco CGHs, muitas das quais instaladas em sua calha principal.

Os afluentes do Rio Grande do Sul são menos extensos e compostos por uma rede menor de tributários. Nesse contexto, o rio Apuaê, com 771 Km de rede hidrográfica e 113 tributários, é o sistema mais complexo no qual encontram-se instaladas três CGHs. A seguir, tem-se o rio Forquilha ou Inhandava com uma rede composta por 471 Km de extensão e 59 tributários, no qual encontra-se instalada uma PCH e duas CGHs. A seguir tem-se o rio Bernardo José com 175 Km e 29 tributários sobre o qual encontram-se instaladas três PCHs e, por fim, o rio Marmeleiro com apenas 71 Km e 11 tributários no qual encontra-se instalada uma PCH.

Bloco 3 – Afluentes conectados ao rio Uruguai a jusante da UHE Foz do Chapecó

Nesse terceiro bloco está contida a porção mais íntegra da rede hidrográfica o que é bastante significativo do ponto de vista da manutenção de processos, populações e usos tradicionais sobre o sistema fluvial. A maior parte do sistema está contida no estado do Rio Grande do Sul (rios Butuí, Santa Luzia, Icamaquã, Urucutas, Piratinim, Ijuí, Comandá, Santo Cristo, Santa Rosa Buricá, Lajeado Grande, Turvo, Guarita e Várzea). Uma porção menor, mas não menos importante, encontra-se em Santa Catarina (rios Maria Preta, Antas, e Chapecó). Além desses, tem-se, ainda, o rio Peperi-Guaçu, que estabelece a divisa entre o Brasil e a Argentina.

Nessa porção do sistema rege a legislação que o poder para a tomada de decisão sobre a implantação de empreendimentos na calha principal do rio Uruguai cabe a esfera Federal (IBAMA), por tratar-se de divisa entre estados e fronteira internacional. Nesse caso, o histórico tem demonstrado que cabe aos estados considerar em suas decisões o cenário em que a implantação de empreendimentos na calha principal do rio Uruguai pode vir a isolar totalmente um sistema fluvial de seu território e trazer maior severidade aos cenários de fragmentação planejados para esses tributários.

Nesse contexto, tem-se em Santa Catarina destaque para o rio Chapecó, pela complexidade de sua rede hidrográfica que conta 1.830 Km e 278 tributários. Não obstante o grande impacto de fragmentação já existente em decorrência da implantação de uma UHE, 14 PCHs e 11 CGHs, especialmente em sua porção superior, a porção médio e inferior do rio ainda guarda uma grande extensão, mas influenciada pela alterações impostas pelos empreendimentos de montante. Outro destaque deve ser feito ao rio Antas com 646 km e 80 tributários no qual encontra-se implantada uma PCH e três CGHs. O rio Maria Preta é um sistema menor composto por 133 Km e sete tributários onde encontra-se implantada apenas uma CGH.

No Rio Grande do Sul, o histórico do desenvolvimento de Avaliações Integradas tem garantido um certo avanço no Planejamento do uso das bacias hidrográficas. Exemplo disso é a garantia de manutenção das calhas principais de rios de diferentes tipologias livres de barramentos, tais como os rios Butuí, Icamaquã, Piratinim e Inhandava e os afluentes de primeira e segunda ordem da bacia U10 (bacias dos rios Apuaê-Inhandava). Dessa forma o Rio Grande do Sul garante a conservação dos sistemas do rio Butuí e Icamaquã livres e conectados ao rio Uruguai, já que o

reinventário de aproveitamento da bacia do rio Uruguai coloca o eixo de instalação da UHE Garabi a montante da foz do rio Icamauã.

Dessa forma, resta o rio Piratinim com 1.151 Km de rede hidrográfica e 165 tributários. A calha principal do rio está livre de barramentos a partir dos resultados obtidos pela Avaliação Integrada (FEPAM/UFRGS, 2004) e pela sua incorporação pela FEPAM²⁰. Em relação ao rio Ijuí, as diretrizes da Avaliação Integrada tem sido seguidas na implantação das UHE Passo São João e UHE São José. Mas as diretrizes não tem sido integradas na condução dos outros empreendimentos na bacia, gerando certo descompasso entre a gestão dos diferentes empreendimentos.

A porção do território do Rio Grande do Sul localizada entre o rio Ijuí e o rio Apuã não foi alvo de um estudo de avaliação integrada pela FEPAM. Nesse sentido, os empreendimentos instalados nesses afluentes tem seguido a avaliação tradicional, feita ponto a ponto e não integrando os potenciais impactos sinérgicos dos empreendimentos.

Nesse sentido, em função de sua tipologia e importância, podemos considerar o segmento localizado entre o rio Ijuí e o Salto do Iucumã localizado no rio Uruguai no Parque Estadual do Turvo. Nesse trecho os afluentes do rio Uruguai são pouco extensos como o rio Comandá com 309 Km e 45 tributários, o rio Santo Cristo com 174 Km e 17 tributários, o rio Santa Rosa com 327 Km e 64 tributários, o rio Buricá com 497 km e 56 tributários, o rio Lajeado Grande com 111 Km e 10 tributários e o rio Turvo com 377 Km e 47 tributários. Todos esses afluentes possuem empreendimentos instalados e serão influenciados em um cenário de implantação da UHE Garabi e da UHE Panambi. A montante do salto do Iucumã tem-se o rio Guarita com 467 Km e 49 tributários tendo em sua área implantadas três PCHs e três CGHs em seu trecho médio. A seguir encontra-se o rio da Várzea, um sistema bastante complexo com 1.258 Km e 143 tributários formadores. Apesar de existir uma PCH implantada em sua calha na porção superior e uma CGH em um afluente, a bacia representa um exemplar fisionômico do rio Uruguai em vias de extinção, se considerarmos que os demais de porte aproximado já se encontram mais severamente fragmentados. Nesse sentido, o rio da Várzea torna-se o melhor remanescente de um sistema fluvial nessa região do rio Uruguai. A gestão dessa bacia pelo Rio Grande do Sul deve considerar ainda que sobre a calha do rio Uruguai existe o inventário do aproveitamento de Itapiranga que, em caso de sua instalação, tornaria a situação desse trecho do rio Uruguai ainda mais crítica, aumentando a importância do rio da Várzea na conservação de espécies ameaçadas como o dourado e o surubim e na manutenção de uma tipologia de rio como recomendado pela Comissão Mundial de Barragens.

As barragens que estruturam o sistema atualmente foram definidas e implantadas sobre um grande vazio de informações a respeito do rio Uruguai, seu funcionamento, seu comportamento hidrológico, sua biota, seu fluxo de nutrientes entre outras questões fundamentais para seu entendimento. Essa situação construiu-se com base no arcabouço legal brasileiro que institui o licenciamento ambiental e sobre a fragilidade institucional na qual esse sistema é aplicado.

Os processos de licenciamento de empreendimentos hidrelétricos na bacia do rio Uruguai, tanto na esfera Federal quanto nas esferas estaduais de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, e em suas diferentes fases que podemos considerar desde o registro dos inventários de aproveitamentos hidrelétrico até as renovações de Licença de Operação,

²⁰ De acordo com informação da FEPAM (João Carlos Pladella Dotto, com. pess.), a FEPAM adotou os resultados apresentados nos relatórios da Bacia 75 e da U-10 como diretrizes para licenciamento, tendo sido reconhecido este procedimento pela ANEEL, de acordo com ofícios apresentados no Anexo 6 (p.

são uma prova viva dos equívocos da condução desses processos através da análise pontual do impacto ambiental e de seu distanciamento dos conhecimentos teóricos a respeito do funcionamento dos ecossistemas fluviais.

A elaboração de análises de fragilidades ambientais passa a ser, nesse contexto, uma mudança de paradigma e um resgate importante da necessidade de aproximar o conhecimento científico e a gestão dos recursos naturais, em especial dos sistemas fluviais. Não obstante esse avanço, o processo de incorporação dos resultados desses estudos ainda tem se mostrado distantes da rotina de condução da gestão dos barramentos pós-processo de decisão sobre sua implantação. Nesse aspecto chamamos a atenção para que a avaliação de fragilidades ambientais é uma ferramenta ainda pouco manuseada pelas instituições de licenciamento e gestão, o que demanda, por parte de seu corpo técnico, mais contato com a teoria de seu desenvolvimento para que seu conceito possa ser realmente incorporado em suas rotinas de decisão, gestão e planejamento.

7. CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que os trechos remanescentes significativos de rios, como o trecho do rio Pelotas situado a montante da UHE Barra Grande e o trecho situado a 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 UHEs Garabi e Panambi. Os indicadores de fragmentação foram sensíveis ao valor do trecho remanescente situado a jusante da UHE Itapiranga para a implantação das UHEs Garabi e Panambi, 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 Panambi, 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 as UHEs Garabi e Panambi, recomenda-se que a decisão de implantar a UHE Itapiranga seja tomada após a decisão de implantar estas UHEs binacionais.

Já no trecho referente ao remanescente situado a 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 do 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 no nível de agregação de blocos (meios físico, biótico e antrópico) mostrou a discriminância entre os empreendimentos, permitindo a sua hierarquização. Os resultados são apresentados no Anexo Os valores de fragilidades, ponderados pela área inundada, demonstram fragilidades altas e médias, sendo que as médias fragilidades ocorrem próximas do limite para a faixa de valores que caracterizam as altas fragilidades. Os trechos possuem razões diferentes para suas fragilidades.

No caso do trecho situado a montante da UHE Barra Grande, 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 estas fragilidades 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, como já manifestado no Relatório da Etapa 1.

A análise do índice ambiental relativo do meio biótico demonstrou que a hierarquia fica assim determinada, em ordem decrescente de fragilidade: UHE Garabi, UHE Pai Querê, UHE Panambi, UHE Garibaldi, UHE Itapiranga, UHE São Roque,

UHE Peri e AHE Passo da Cadeia. Para o meio antrópico, a hierarquia produzida foi, também em ordem decrescente: UHE Garabi, UHE Panambi, UHE São Roque, UHE Itapiranga, UHE Pai Querê, AHE Passo da Cadeia, UHE Peri e UHE Garibaldi. Para o meio físico, da mesma forma: UHE Garabi, UHE Panambi, UHE Itapiranga, UHE São Roque, UHE Pai Querê, AHE Passo da Cadeia, UHE Peri e UHE Garibaldi.

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). Por sua vez, os empreendimentos UHE Garabi e UHE Panambi possuem uma muito baixa eficiência energética, uma vez que se apresentam no trecho médio do Uruguai, onde as declividades são menores, provocando uma inundação muito maior para produzir a queda necessária, quando se compara com os indicadores da UHE Itapiranga. Pode-se dizer que os aproveitamentos eficientes, com retorno adequado no balanço entre impactos sócio-ambientais e geração de energia, já foram implementados, com exceção da UHE Itapiranga. No entanto, esta possui impacto sinérgico com as UHEs Garabi e Panambi. Caso sejam todas implantadas, o impacto sobre as populações de peixes migradores que frequentam o Parque Estadual do Turvo será irreversível e deverá provocar extinção local de espécies. Além do mais, A UHE Itapiranga apresenta fragilidades altas nos meios físico e antrópico.

O trecho situado a 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 Meio Antrópico, Aspecto Influência sobre Populações de Pescadores Profissionais-Artesanais). Esta maior fragilidade atinge, principalmente, a fragmentação do Uruguai Médio.

O estudo recomenda que trechos remanescentes dos rios Canoas e do Peixe, embora desconectados do rio principal, ainda possuem potencial para manter espécies de peixes migradores, incluindo espécies ameaçadas. Estes trechos possuem suas nascentes sobre uma fisionomia diferente daquela já preservada pela FEPAM (Ligeiro-Piracuce), assim como o próprio trecho do Pelotas, a montante da UHE Barra Grande também representa uma fisionomia única na região, recomendando a implantação do RVS do rio Pelotas integrado ao Corredor da Mata Atlântica.

Na região central da bacia, se destacam os remanescentes de rios livres que formam uma rede muito conectada e que contém o Parque Estadual do Turvo, principalmente nos rios Peperi-Guaçu, que é compartilhado (fronteira nacional), e os rios da Várzea e Chapecó. Estes rios possuem fragilidades referentes aos Meios Físico e Antrópico muito significativa, em especial sobre as comunidades de pescadores, mas ainda possuem capacidade para manter populações viáveis de grandes migradores. Neste trecho, recomenda-se que o rio da Várzea seja protegido e mantido livre de barragens, em especial, caso sejam implantadas as UHEs Panambi e Garabi, que reduzirão de forma muito significativa o trecho de rio livre.

Na porção sudoeste da bacia, recomenda-se que as medidas tomadas pela FEPAM sejam mantidas para proteção destes rios que cruzam o bioma Pampa.

7 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: .
- ANGELINI, R. Ciência, Matemática e Ecologia. In: ANGELINI, R. & GOMES, L.C. (orgs.) *O Artesão de Ecossistemas: construindo modelos com dados*. Maringá: Ed. UEM, 2008, p. 1-12.
- 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.
- BONETTO, A., PIGNALBERI, C. 1964. Nuevos aportes al conocimiento de las migraciones de los peces en los ríos mesopotámicos de la República Argentina. *Comunicaciones Instituto Nacional Limnología*, Santo Tomé, 1:1-14.

- 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. 60p.
- 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. 345p.
- 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.
- C.A.R.U. Comisión Administradora del Río Uruguay. Ictioplancton de peces migratorios. *Investigaciones sobre ictioplancton en el río Uruguay (1990-2008)*. Publicações. 2009a. Disponível em: <http://www.caru.org.uy/Fuentes.pdf>. Acesso em: 29 de abril de 2010.
- C.A.R.U. Comisión Administradora del Río Uruguay. Ictioplancton de peces migratorios. *Programa de Conservación de La Fauna Íctica y los Recursos Pesqueros del Río Uruguay*. Publicações. 2009b. Disponível em: <http://www.caru.org.uy/pdf2005.pdf>. Acesso em: 29 de abril de 2010.
- CAVALLI-SFORZA, L.; CAVALLI-SFORZA, F.. *Quem Somos? História da Diversidade Humana*. São Paulo: Editora da UNESP, 2002. 383p.
- 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).
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS, CPRM. *Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas*, RIMAS. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=35&inoid=1463> Acessado em: 27 maio 2011.

- CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, CNRH, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO, CONJUNTO DE NORMAS LEGAIS. RECURSOS HÍDRICOS. 7ª edição, Brasília - DF, 2011. Acessado em 20 maio de 2011.
- CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988.
- COSTA, A.F.U. & RAMGRAB, G.E.. *Lineamento Jaguarão – Caracterização aeromagnética. Revista Brasileira de Geofísica*. Rio de Janeiro, v. 7, p. 41 – 45. 1989.
- CPRM. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. *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. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. *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. 100p.
- CPRM. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. *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.
- CRAMÉR, H., **V de Cramér**, Mathematical methods of statistics, Princeton University Press, 1999. Disponível em: <<http://planetmath.org/encyclopedia/CramersV.html>> Acesso em 17 jan. 2011.
- DELFINO, R., BAIGUN, C. 1985. Marcaciones de peces em el embalse de Salto Grande, rio Uruguay (Argentina – Uruguay). *Rev. Assoc. Cienc. Nat. Litor.*, St. Tome, 16(1):85–93.
- DI PERSIA, D. H., Neiff, J.J. 1986. The Uruguay River System. In: DAVIES, B. R., Walker, W. F. (Eds.). *The ecology of river systems*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 599–621 p.
- DIEGUES, A.C.S. *Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar*. São Paulo: Ática, 1983. p. 173-202.
- EASTMAN, R.J.. IDRISI32: Guide to GIS and Image Processing. Vol 1. Worcester: Clark Labs. 1999. 193p.
- ELETROBRAS/EBISA. Estudos de Inventário Hidroelétrico da Bacia do Rio Uruguai no trecho compartilhado entre Argentina e Brasil. Consórcio CNEC/ESIN/PROA. Relatório Final julho/2010. Disponível em <http://www.eletronbras.com/elb/main.asp>.
- ELETROBRAS/EBISA. Estudo de Inventário do Rio Uruguai no Trecho Compartilhado entre Argentina e Brasil. Informativo Novembro de 2010. Disponível em www.eletronbras.com/elb/services.
- ELETROBRAS/A y E. Estudo do Aproveitamento do trecho Limítrofe do Rio Uruguai e de seu Afluente o Rio Pepirí-Guaçu, entre Argentina e Brasil, Relatório de Inventário e Viabilidade Etapas 1 e 2, Hidroservice – Hidrened, maio 1980.

- ELETRORBRÁS/EBISA. Estudos de Inventário Hidroelétrico da Bacia do Rio Uruguai no trecho compartilhado entre Argentina e Brasil. Consórcio CNEC/ESIN/PROA. Relatório Final julho/2010. Disponível em <http://www.eletrorbras.com/elb/main.asp>.
- ELETRORBRÁS. *Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas*. Disponível em <http://www.eletrorbras.gov.br/atuacao/recursos/default.asp>. 1997.
- ELLENBERG, H. & MUELLER-DOMBOIS, D. A. 1965/66. Tentative physiognomic-ecological classification of plant formations of the earth. *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. 437p.
- ESPINACH-ROS, A., RIOS, P. C.. 1997. *Conservación de la fauna ictica en el Embalse de Salto Grande. Comision Administradora del Rio Uruguay (CARU) / Comision Tecnica Mixta de Salto Grande (CTMSG)*. Julio, 37 p.
- FEE. Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. *Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: FEE. CD-ROM. 2001.
- FEITOSA, F.A.C.[et al.]. *HIDROGEOLOGIA: Conceitos e Aplicações. Organização e coordenação científica: -3. ed. ver. e ampl. - Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. 812 p.*
- 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. 40p.
- 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-Piratinim-Icamaguã, Região Hidrográfica do Rio Uruguai - RS*. Porto Alegre: FEPAM/UFRGS, 2004. 138p.
- 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. 86p.
- FLORES, M. *Tropeirismo no Brasil*. Porto Alegre: Nova Dimensão, 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.
- 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.
- 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.
- GERY, J. 1969. The freshwater fishes of South America. In: Fitkau, E.J. et al. (Eds.) *Biogeography and Ecology of South America*. Monographiae Biologicae no. 9. The Hague: Dr. W. Junk. p. 828-48.
- GIASSOM, E.; INDA JR, A.V.; NASCIMENTO, P.C. *Relatorio final de consultoria para classificação taxonomica dos solos do estado do Rio Grande do Sul segundo o sistema brasileiro de classificação de solos e avaliação da classe de resistência à impactos ambientais*. Porto Alegre: FEPAM, 2005, 11p.
- 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. 126p. (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 do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2009). *Estação Ecológica de Aracuri - Esmeralda*. Disponível em: <http://www.IBAMA.gov.br/siucweb/mostraUc.php?seqUc=101>. Acesso em 26 de abril de 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário 1996*. Disponível em ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Agropecuario_1995_96/. Acesso em 28/10/2008.
- 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. 154p.
- 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.
- IMAIZUMI, H. & SARDINHA A. E. Planejamento e Projeto da Barragem de Entroncamento com Face de Concreto de Machadinho. XV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Rio de Janeiro, 1983.

- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2008 *TOPODATA: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil*. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em 28/10/2008.
- IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. *Patrimônio material*. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/montarPaginaSecao.do?id=12297&retorno=paginaIphan>. Acesso em 20/04/2009a.
- IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. *Patrimônio arqueológico*. Disponível em: <http://portal.Iphan.gov.br/portal/montarPaginaSecao.do?id=12944&retorno=paginaIphan>. Acesso em 20/04/2009b.
- IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. *Patrimônio imaterial*. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/montarPaginaSecao.do?id=10852&retorno=paginaIphan>. Acesso em 20/04/2009c.
- JARENKOW, J. A.. *Estudo fitossociológico comparativo entre duas áreas com mata de encosta no Rio Grande do Sul*. São Carlos: Universidade de São Carlos, 1994. 125p. 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*. Disponível em <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.
- LINDEMAN, R.L. 1942. The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology. *Ecology*, vol. 23, no. 4, p 399-418.
- LINDMAN, C. A. M. & FERRI, M. G.. *A Vegetação do Rio Grande do Sul*. Belo Horizonte: Itatiaia, 1974. 378p.
- 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.
- LUNDBERG, J.G; MARSHALL, L.G.; GUERRERO, J.; HORTON, B.; MALABARBA, M.C.S.L. & WESSELINGH, F. 1998. The Stage for Neotropical Fish Diversification: A History of Tropical South American Rivers. In: MALABARBA, L.R.; REIS, R.E.; VARI, R.P.; LUCENA, Z.M.S. & LUCENA, C.A.S. *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*.

- 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 FILHO, 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. UFSM/ABRH, 2005. Cap. 6 215-247p.
- MARCHIORI, J.N.C. *Fitogeografia do Rio Grande do Sul: Campos Sulinos*. Porto Alegre: EST Edições, 2004. 110p.
- 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. 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, 2006. *Unidades de Conservação do Brasil. Revisão Junho de 2006*. Disponível em <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em 05/05/2008.
- 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 em http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008033615.pdf. Acesso em 25/03/2009.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2007b. *Revisão Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (importância biológica)*. Brasília: PROBIO/MMA, 2007. (mapa digital). Disponível em <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>, acesso em 05/05/2008.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2005. *Termo de Referência para o Estudo de Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da bacia do rio Uruguai*. 2005.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2006. *Caderno da Região Hidrográfica do Uruguai*. Brasília: SRH/MMA, 2006. 128p. : il. color..
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2007a. *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, 85p.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2007c. *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.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2007d. *Reserva da Biosfera da Mata Atlântica – Fase V*. Arquivos em meio digital (*shape file*) fornecidos pelo MMA.

- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2007e. *Cartas de vegetação PROBIO (MMA)*. Brasília: PROBIO/MMA, 2007c. (mapa digital). Disponível em http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm?/pampa/dados/shape_file/mosaicos/index.html, acesso em 05/05/2008.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA Nº 237/1997 - "Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente"* - Data da legislação: 22/12/1997 - Publicação DOU nº 247, de 22/12/1997, págs.30.841-30.843. Disponível em 25/03/2009 em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=1997>.
- 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, E. *Climatologia do Brasil*. 2. ed., Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 421p.
- NOGUEIRA, N.D.. *A Usina Hidrelétrica Cachoeira do Emboque – MG: O Significado da Barragem para os Atingidos*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 81p. (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.
- PSAG- PROJETO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI. *Aquífero Guarani – Programa Estratégico de Ação (PEA)*. Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani. [S.l.] 2009. 426 p. + 2 CD-ROM.
- 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. & 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 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.
- RADAMBRASIL. *Levantamento de recursos naturais: folha SG.22 Curitiba e parte da folha SG.21 Assuncion*. Rio de Janeiro: IBGE, 2005 (Vol.34).
- RAMBO, 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. 62p.
- 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 85p.
- SANTOS, L. M.S. *et al.* (orgs.) *Bom Jesus e o Tropeirismos no Cone Sul*. Edições EST, Porto Alegre, 2000.
- SANTOS, L. M.S.; VIANNA, M. L. C.; BARROSO, V.L.M. (orgs.) *Bom Jesus, O Tropeirismo no Brasil Meridional*. Porto Alegre: Edições EST, 1995.
- SCHÄFER, A. 1984. *Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais*. Porto Alegre: Ed. da Universidade/GTZ. 532 p.
- SCHIEMER, F. Fish as indicators for the assessment of the ecological integrity of large rivers. *Hydrobiologia*, n. 422/423, p. 271-278. 2000.
- 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.
- 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. UFSM/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. In: *Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, 2002.
- SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; DRESSLER, V. L. ; RIFFEL, E. S. ; SANTIAGO, M. R. . Ocorrências anômalas de flúor em águas subterrâneas do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. *Geografia. Ensino & Pesquisa*, v. 12, p. 623-639, 2008.
- SOARES, A. P.; SOARES, P. C.; HOLZ, M. *Correlações Estratigráficas Conflitantes no Limite Permo-Triássico no Sul da Bacia do Paraná: O Contato Entre Duas Sequências e Implicações na Configuração Espacial do Aquífero Guarani*. Pesquisas em Geociências. UFRGS. 35 (2) 115-133, 2008.
- SRH. Secretaria de Recursos Hídricos. *Plano Nacional de Recursos Hídricos. Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil: Volume 1*. Brasília: MMA, 2006. 4 v. il. Color.
- 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. 115p. (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. 16p. 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. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. UFSM. Santa Maria, 2008. 161p.
- TUCCI, C.E.M.; MENDES, C.A.. *Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica*. Brasília: MMA, 2006. 302p.
- UFMS. 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, p.130-137.
- 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 terrestre para as quais foi possível construir mapas de hábitat potencial

<i>Espécie</i>	<i>Nome comum</i>	<i>Status de conservação</i>
<i>Hyalinobatrachium uranoscopus</i>	perereca-de-vidro	VU
<i>Lystrophis histricus</i>	nariguda-rajada	VU
<i>Bothrops cotiara</i>	cotiara	VU
<i>Bothrops jararacussu</i>	jararacuçu	EN
<i>Urosthophus vautieri</i>	papa-vento-de-barriga-lisa	VU
<i>Cnemidophorus vacariensis</i>	lagartinho-pintado	VU
<i>Tinamus solitarius</i>	macuco	CR
<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	coró-coró	EN
<i>Sarcoramphus papa</i>	urubu-rei	CR
<i>Accipiter poliogaster</i>	tauató-pintado	CR
<i>Buteo leucorrhous</i>	gavião-de-sobre-branco	CR
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	águia-chilena	VU
<i>Harpia harpyja</i>	gavião-real	PE
<i>Harpyhaliaetus coronatus</i>	águia-cinzenta	CR
<i>Leptodon cayanensis</i>	gavião-de-cabeça-cinza	CR
<i>Leucopternis polionota</i>	gavião-pombo-branco	EN
<i>Morphnus guianensis</i>	uiraçu-falso	PE
<i>Parabuteo unicinctus</i>	gavião-asa-de-telha	EN
<i>Spizaetus ornatus</i>	gavião-de-penacho	PE
<i>Spizaetus tyrannus</i>	gavião-pega-macaco	CR
<i>Spizaetus melanoleucus</i>	gavião-pato	CR
<i>Falco deiroleucus</i>	falcão-de-peito-vermelho	PE
<i>Falco rufigularis</i>	falcão-de-garganta-branca	EN
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	acauã	VU
<i>Cairina moschata</i>	pato-do-mato	EN
<i>Sarkidiornis melanotos</i>	pato-de-crista	VU
<i>Penelope supercilialis</i>	jacupemba	PE
<i>Pipile jacutinga</i>	jacutinga	CR
<i>Odontophorus capueira</i>	uru	VU
<i>Gallinago undulata</i>	narcejão	VU
<i>Tryngites subruficollis</i>	maçarico-acanelado	VU
<i>Claravis pretiosa</i>	rola-azul	EN
<i>Columba cayennensis</i>	pomba-galega	VU
<i>Columba plumbea</i>	pomba-amargosa	VU
<i>Amazona pretrei</i>	charão	VU
<i>Amazona vinacea</i>	papagaio-de-peito-roxo	EN
<i>Primolius maracana</i>	maracanã	RE
<i>Triclaria malachitacea</i>	sabiá-cica	VU
<i>Crotophaga major</i>	anu-coroca	VU
<i>Dromococcyx pavoninus</i>	peixe-frito-pavonino	EN
<i>Dromococcyx phasianellus</i>	peixe-frito-verdadeiro	EN
<i>Pulsatrix koeniswaldiana</i>	murucututu-de-barriga-amarela	DD
<i>Pulsatrix perspicillata</i>	murucututu	EN
<i>Asio stygius</i>	mocho-diabo	DD
<i>Caprimulgus sericocaudatus</i>	bacurau-rabo-de-seda	VU
<i>Phaethornis eurynome</i>	rabo-branco-de-garganta-rajada	VU

<i>Baryphthengus ruficapillus</i>	juvuva	CR
<i>Bailloni bailloni</i>	araçari-banana	CR
<i>Pteroglossus castanotis</i>	araçari-castanho	CR
<i>Ramphastos toco</i>	tucanuçu	VU
<i>Selenidera maculirostris</i>	araçaripoca	CR
<i>Campephilus robustus</i>	pica-pau-rei	EN
<i>Dryocopus galeatus</i>	pica-pau-de-cara-amarela	CR
<i>Dryocopus lineatus</i>	pica-pau-de-banda-branca	VU
<i>Picoides mixtus</i>	picapauzinho-chorão	CR
<i>Dendrocincla turdina</i>	arapaçu-liso	CR
<i>Drymornis bridgesii</i>	arapaçu-platino	CR
<i>Nemosia pileata</i>	saíra-de-chapéu-preto	DD
<i>Anabacerthia amaurotis</i>	limpa-folha-miúdo	VU
<i>Asthenes baeri</i>	lenheiro	VU
<i>Automolus leucophthalmus</i>	barranqueiro-de-olho-branco	CR
<i>Cichlocolaptes leucophrus</i>	trepador-sobrancelha	EN
<i>Clibanornis dendrocolaptoides</i>	cisqueiro	VU
<i>Coryphistera alaudina</i>	corredor-crestudo	CR
<i>Leptasthenura platensis</i>	rabudinho	CR
<i>Limnortyx rectirostris</i>	junqueiro-do-bico-reto	VU
<i>Philydor lichtensteini</i>	limpa-folha-ocráceo	EN
<i>Pseudoseisura lophotes</i>	coperete	CR
<i>Spartonoica maluroides</i>	boininha	VU
<i>Synallaxis albescens</i>	ui-pi	VU
<i>Drymophila rubricollis</i>	trovoada-de-bertoni	EN
<i>Grallaria varia</i>	tovacuçu	VU
<i>Mackenziaena severa</i>	borralhara	EN
<i>Pyriglena leucoptera</i>	papa-taoca	VU
<i>Psilorhamphus guttatus</i>	macuquinho-pintado	VU
<i>Capsiempis flaveola</i>	marianinha-amarela	VU
<i>Cnemotriccus fuscatus bimaculatus</i>	guaracavuçu	DD
<i>Colonia colonus</i>	viuvinha	VU
<i>Contopus cinereus</i>	papa-moscas-cinzento	EN
<i>Corythopsis delalandi</i>	estalador	EN
<i>Culicivora caudacuta</i>	papa-moscas-do-campo	CR
<i>Hemitriccus diops</i>	olho-falso	EN
<i>Heteroxolmis dominicana</i>	noivinha-do-rabo-preto	VU
<i>Phylloscartes eximius</i>	barbudinho	EN
<i>Piprites chloris</i>	papinho-amarelo	EN
<i>Piprites pileata</i>	caneleirinho-de-boné-preto	EN
<i>Phibalura flavirostris</i>	tesourinha-do-mato	CR
<i>Procnias nudicollis</i>	araponga	EN
<i>Pyroderus scutatus</i>	pavó	CR
<i>Anthus nattereri</i>	caminheiro-grande	VU
<i>Cistothorus platensis</i>	corruíra-do-campo	EN
<i>Poliophtila lactea</i>	balança-rabo-leitoso	EN
<i>Cissopis leverianus</i>	tiê-tinga	VU
<i>Euphonia violacea</i>	gaturamo-verdadeiro	VU
<i>Gubernatrix cristata</i>	cardeal-amarelo	EN
<i>Oryzoborus angolensis</i>	curió	EN
<i>Saltator fuliginosus</i>	bico de pimenta	VU
<i>Sporophila cinnamomea</i>	caboclinho-de-chapéu-cinzento	EN

<i>Sporophila collaris</i>	coleiro-do-brejo	VU
<i>Sporophila frontalis</i>	pixoxó	PE
<i>Sporophila hypoxantha</i>	coboclinho-de-barriga-vermelha	CR
<i>Sporophila melanogaster</i>	caboclinho-de-barriga-preta	VU
<i>Sporophila palustris</i>	caboclinho-de-papo-branco	EN
<i>Sporophila plumbea</i>	patativa	EN
<i>Tangara seledon</i>	saíra-de-sete-cores	VU
<i>Agelaius cyanopus</i>	carretão	EN
<i>Cacicus solitarius</i>	iraúna-de-bico-branco	VU
<i>Molothrus oryzivorus</i>	iraúna-grande	EN
<i>Xanthopsar flavus</i>	veste-amarela	VU
<i>Chironectes minimus</i> (Zimmermann, 1780)	cuíca-d'água	VU
<i>Myrmecophaga tridactyla</i> (Linnaeus, 1758)	tamanduá-bandeira	CR
<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758)	tamanduá-mirim	VU
<i>Myotis ruber</i> (Geoffroy, 1806)	morcego-borboleta-avermelhado	VU
<i>Alouatta caraya</i> (Humboldt, 1812)	bugio-preto	VU
<i>Alouatta guariba clamitans</i> Cabrera, 1940 3	bugio-ruivo	VU
<i>Speothos venaticus</i> (Lund, 1842)	cachorro-vinagre	VU
<i>Chrysocyon brachyurus</i> (Illiger, 1815)	lobo-guará	CR
<i>Herpailurus yagouaroundi</i> (Lacépède, 1809)	gato-mourisco	VU
<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	jaguaritica	VU
<i>Leopardus tigrinus</i> (Schreber, 1775)	gato-do-mato-pequeno	VU
<i>Leopardus wiedii</i> (Schinz, 1821)	gato-maracajá	VU
<i>Oncifelis colocolo</i> (Molina, 1782)	gato-palheiro	EN
<i>Oncifelis geoffroyi</i> (d'Orbigny & Gervais, 1844)	gato-do-mato-grande	VU
<i>Panthera onca</i> (Linnaeus, 1758)	onça-pintada	CR
<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	puma	EN
<i>Eira barbara</i> (Linnaeus, 1758)	irara	VU
<i>Lontra longicaudis</i> (Olfers, 1818)	lontra	VU
<i>Pteronura brasiliensis</i> (Gmelin, 1788)	ariranha	PE
<i>Nasua nasua</i> (Linnaeus, 1766)	quati	VU
<i>Tapirus terrestris</i> (Linnaeus, 1758)	anta	CR
<i>Pecari tajacu</i> (Linnaeus, 1758)	cateto	EN
<i>Tayassu pecari</i> (Link, 1795)	queixada	CR
<i>Mazama americana</i> (Erxleben, 1777)	veado-mateiro	EN
<i>Mazama gouazoubira</i> (Fischer, 1814)	veado-virá	VU
<i>Mazama nana</i> (Hensel, 1872)	veado-bororó-do-sul	CR
<i>Ozotoceros bezoarticus</i> (Linnaeus, 1758)	veado-campeiro	CR
<i>Agouti paca</i> (Linnaeus, 1766)	paca	EN
<i>Dasyprocta azarae</i>	cutia	VU

ANEXO 2 - Lista das espécies da flora terrestre para as quais foi possível construir mapas de hábitat potencial – Savana.

Nome Científico	Nome Popular	Família	Status
<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>Aspidosperma quebracho-planco</i>	Quebracho-branco	Apocynaceae	END
<i>Astronium balansae</i>	Pau-ferro-das-missões	Anacardiaceae	END
<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>Gleditsia amorphoides</i>	Sucará	Fabaceae	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	EN/END
<i>Poa reitzii</i>	Capim-do-banhado	Poaceae	CR/END
<i>Prosopis affinis</i>	Inhanduvá	Fabaceae	VU
<i>Prosopis nigra</i>	Algarrobo	Fabaceae	EM
<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	EN/END
<i>Stipa rhizomata</i>	Flechilha	Poaceae	EN/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

Lista das espécies da flora terrestre para as quais foi possível construir mapas de hábitat potencial – Estepe.

Nome Científico	Nome Popular	Família	Status
<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>Glechona 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	EN/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	EN/END
<i>Stipa rhizomata</i>	Flechilha	Poaceae	EN/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

Lista das espécies da flora terrestre para as quais foi possível construir mapas de hábitat potencial – Floresta Ombrófila Mista.

Nome Científico	Nome Popular	Família	Status
<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>	Cambuí	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>	Canela	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>	Branquilha	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>	Trichilha	Meliaceae	
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	Casca-de-anta	Cunoniaceae	VU

Lista das espécies da flora terrestre para as quais foi possível construir mapas de hábitat potencial – Floresta Ombrófila Densa.

<i>Nome Científico</i>	<i>Nome Popular</i>	<i>Família Botânica</i>	<i>Status</i>
<i>Alchornea triplinervia</i>	Tanheiro	Euphorbiaceae	
<i>Apuleia leiocarpa</i>	Grápia	Fabaceae	VU
<i>Astronium balansae</i>	Aroeirão	Anacardiaceae	VU/END
<i>Ateleia glazioviana</i>	Timbó	Fabaceae	
<i>Cabrera canjerana</i>	Canjerana	Meliaceae	
<i>Calyptranthes 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>Picramnia cressata</i>	Cedrinho	Simaroubaceae	EN
<i>Picramnia serata</i>	Quina	Simaroubaceae	EN
<i>Pentapanax warmingiana</i>	Carobão	Araliaceae	EN/END
<i>Piptocarpha tomentosa</i>	Pau-toucinho	Asteraceae	
<i>Rollinia 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

Lista das espécies da flora terrestre para as quais foi possível construir mapas de hábitat potencial – Floresta Estacional Decidual.

Nome Científico	Nome Popular	Família Botânica	Status
<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>		Fabaceae	END
<i>Hamelia patens</i>		Rubiaceae	END
<i>Heliocarpus popayanensis</i>		Tiliaceae	END
<i>Hoffmannia peckii</i>		Rubiaceae	END
<i>Holocalyx balansae</i>		Fabaceae	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>		Fabaceae	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

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 Grande²¹ (Cláusula VI, dos Compromissos do MMA, inciso V, que estabelece “*Fazer realizar, no prazo de 12 meses após a assinatura deste Termo, estudos para a criação de um corredor ecológico no Rio Pelotas que garanta o fluxo gênico à montante da área de inundação da barragem de Barra Grande, interligando a região da calha do Rio Pelotas e seus principais afluentes, aos Parques Nacionais de São Joaquim e Aparados da Serra*”).

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 a montante da UHE Barra Grande, mostrando-se em situação de conectividade com os remanescentes da Floresta Ombrófila Densa localizada 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 A3-1 apresenta o mapa de fragilidades da variável Refúgio da Vida Silvestre do rio Pelotas.

²¹ Termo de Compromisso que entre si firmam o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, a Energética Barra Grande S.A. – BAESA, o Ministério de Minas e Energia – MME, o Ministério do Meio Ambiente – MMA, a Advocacia-Geral da União - AGU e o Ministério Público Federal – MPF, objetivando dar continuidade ao processo de licenciamento ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Barra Grande, bem como o estabelecimento de diretrizes gerais para a elaboração do Termo de Referência para a Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos localizados na Bacia do Rio Uruguai. Brasília, 15 de setembro de 2004.

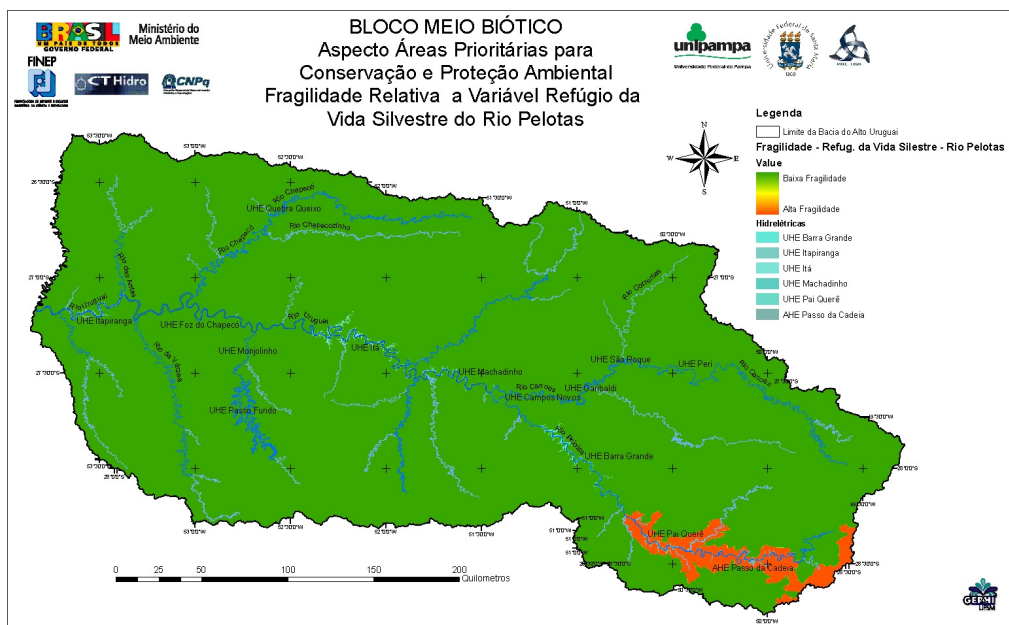


Figura A3-1. Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Refúgio da Vida Silvestre do rio Pelotas

ANEXO 4 – Lista de espécies da ictiofauna para as quais foi possível montar mapas de distribuição comprovada e potencial para a área de estudo do Projeto FRAG-RIO

num.	Nome Científico	Nome Popular
1	<i>Astyanax brachperidium</i>	lambari
2	<i>Austrolebias alexandri</i>	peixe-anual
3	<i>Austrolebias sp.</i>	peixe-anual
4	<i>Austrolebias varzeae</i>	peixe-anual
5	<i>Brycon orbygnianus</i>	bracanjuba
6	<i>Bryconamericus uporas</i>	lambari
7	<i>Characidium occidentale</i>	canivete
8	<i>Characidium serrano</i>	canivete
9	<i>Characidium vestigipinne</i>	canivete
10	<i>Crenicichla celidochilus</i>	joana
11	<i>Crenicichla gaucha</i>	joana
12	<i>Crenicichla igara</i>	joana
13	<i>Crenicichla jurubi</i>	joana
14	<i>Crenicichla prenda</i>	joana
15	<i>Crenicichla scotti</i>	joana
16	<i>Crenicichla tendybaguassu</i>	joana
17	<i>Crenicichla vitatta</i>	joana
18	<i>Hemiancistrus chlorostictus</i>	casculo
19	<i>Hypobrycon maromba</i>	
20	<i>Hypostomus regani</i>	casculo
21	<i>Hypostomus ternetzi</i>	casculo
22	<i>Jenynsia eirmostigma</i>	barrigudinho
23	<i>Leporinus amae</i>	perna-de-moça
24	<i>Leporinus lacustris</i>	piava
25	<i>Leporinus obtusidens</i>	piava
26	<i>Leporinus striatus</i>	piava
27	<i>Microglanis eurystoma</i>	bagrinho
28	<i>Oligosarcus brevioris</i>	branca
29	<i>Pareiorhaphys eurycephalus</i>	cascludinho
30	<i>Pareiorhaphys ventigipinnis</i>	cascludinho
31	<i>Pimelodella australis</i>	mandi-chorão
32	<i>Pimelodus maculatus</i>	pintado
33	<i>Pogonopoma obscurum</i>	
34	<i>Prochilodus lineatus</i>	grumatã
35	<i>Pseudoplatystoma corrunscans</i>	surubim
36	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	surubim
37	<i>Pterodoras granulosus</i>	armado
38	<i>Rhamdella longiuscula</i>	jundiá-cipó
39	<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	dentado

40	<i>Rhinodoras dorbygni</i>	abotoado
41	<i>Rineloricaria sp.</i>	viola
42	<i>Salminus brasiliensis</i>	dourado
43	<i>Schizodon australis</i>	voga
44	<i>Schizodon nasutus</i>	voga
45	<i>Schizodon platae</i>	voga
46	<i>Sorubim lima</i>	bico-de-pato
47	<i>Stendacneridium scriptum</i>	suruvi
48	<i>Tatia boemia</i>	boa-noite

ANEXO 5 – Hierarquização das UHEs ainda não implementadas com base nos Índices Ambientais Relativos das Barragens (IARBs) por Blocos Temáticos

Os empreendimentos (UHEs ainda não implantadas) foram hierarquizados através do 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 N_{Amax}^{22} . 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).

O equacionamento é

$$\text{Área inundada relativa} = (\text{área inundada no } N_{Amax} * 100) / \text{máximo (Área inundada no } N_{Amax})$$

A Tabela A5-1 apresenta os resultados para a área inundada relativa. Para as UHEs Garabi e Panambi foi utilizada somente a parte dos reservatórios incluídas no território nacional.

Tabela A5-1. Áreas inundada relativa de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio.

Nome UHE	Área no Brasil (km ²)	Área Inundada Relativa
UHE Garibaldi	29,86	8,02
UHE Peri	48,63	13,06
AHE Passo da Cadeia	49,09	13,18
UHE Itapiranga	60,31	16,19
UHE Pai Querê	67,21	18,04
UHE São Roque	104,74	28,12
UHE Panambi	195,05	52,37
UHE Garabi	372,47	100,00
máximo	372,47	

O resultado final do índice fica

$$\text{Índice Ambiental Relativo da Barragem} = (\text{fragilidade média na área de inundação} * 0,5) - (\text{área inundada relativa} * 0,5).$$

Quanto maior a área inundada, maior o redutor numérico da fragilidade, ou seja, aumenta a fragilidade.

Os resultados foram extraídos das fragilidades dos blocos temáticos (Físico, Biótico e Antrópico). As Tabelas A5-2 a A5-6 apresentam os resultados da extração de valores para os polígonos dos reservatórios. Como o valor a ser utilizado no cálculo do IARB é

²² Nível da água máximo na represa.

a média, convém, também considerar, na análise dos dados, os valores extremos também, pois algumas células podem ser de altíssima fragilidade para algum bloco temático, mas ter sua importância diluída no cálculo das médias. Ou seja, a hierarquização pelo IARB não dispensa a análise desagregada e de valores extremos. Os cenários estudados para os blocos biótico e antrópico foram sem (Cenário 1) e com (Cenário 2) as UHEs Panambi e Garabi. Para o bloco físico não foram considerados os cenários dada a natureza das variáveis indicadoras. Não foi possível apresentar as hierarquias das PCHs porque a equipe técnica não recebeu os polígonos com os reservatórios considerando a cota do NAmáx, cujo fornecimento foi solicitado pelo MMA aos órgãos responsáveis e não houve retorno. Deste modo, os empreendimentos avaliados em cada cenário foram:

- Cenário 1: UHE Itapiranga; UHE Pai Querê, UHE Garibaldi, UHE São Roque, UHE Peri e AHE Passo da Cadeia.
- Cenário 2: UHE Itapiranga; UHE Pai Querê, UHE Garibaldi, UHE São Roque, UHE Peri, AHE Passo da Cadeia, UHE Garabi e UHE Panambi.

Tabela A5-2. Estatísticas descritoras das fragilidades do bloco físico dos reservatórios de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio. Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

NOME_UHE	Mínimo	Máximo	Intervalo	Média	Desvio Padrão	Soma
UHE Itapiranga	76	164	89	110,56	12,43	2653670
UHE Pai Querê	79	174	94	116,08	15,89	3901510
AHE Passo da Cadeia	101	153	52	127,22	11,85	943564
UHE Garibaldi	85	143	58	103,70	11,65	681831
UHE São Roque	55	172	117	99,93	13,27	8304790
UHE Peri	63	139	76	101,95	14,99	4466170
UHE Panambi	99	163	64	115,00	8,30	13491400
UHE Garabi	100	161	61	121,94	11,76	9602260

Tabela A5-3. Estatísticas descritoras das fragilidades do bloco biótico Cenário 1 (sem as UHEs Panambi e Garabi) dos reservatórios de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio. Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

NOME_UHE	Mínimo	Máximo	Intervalo	Média	Desvio Padrão	Soma
UHE Itapiranga	88	221	132	204,46	15,65	14508000
UHE Pai Querê	75	211	136	181,45	16,95	14414900
AHE Passo da Cadeia	83	212	130	184,93	17,19	10720700
UHE Garibaldi	120	227	108	220,99	15,71	7738080
UHE São Roque	98	227	129	216,24	15,82	26552000
UHE Peri	106	227	121	220,66	15,02	12590600

Tabela A5-4. Estatísticas descritoras das fragilidades do bloco biótico Cenário 2 (com as UHEs Panambi e Garabi) dos reservatórios de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio. Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

<i>NOME_UHE</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Intervalo</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Soma</i>
UHE Itapiranga	88	220	132	204,13	15,65	14484600
UHE Pai Querê	75	211	136	180,96	16,97	14376000
AHE Passo da Cadeia	82	212	130	184,46	17,21	10693400
UHE Garibaldi	119	227	108	220,54	15,76	7722360
UHE São Roque	98	227	129	215,84	15,83	26502500
UHE Peri	106	227	121	220,26	15,03	12567500
UHE Panambi	122	227	105	218,51	10,39	46990800
UHE Garabi	128	227	99	212,92	13,41	91125100

Tabela A5-5. Estatísticas descritoras das fragilidades do bloco antrópico Cenário 1 (sem as UHEs Panambi e Garabi) dos reservatórios de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio. Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

<i>NOME_UHE</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Intervalo</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Soma</i>
UHE Itapiranga	86	195	108	179,01	17,53	11047100
UHE Pai Querê	148	253	106	189,52	9,28	13088200
AHE Passo da Cadeia	160	253	92	194,52	10,27	9811580
UHE Garibaldi	151	202	50	192,03	9,42	5861640
UHE São Roque	160	249	89	198,00	7,81	21130100
UHE Peri	145	248	103	197,40	9,55	9775760

Tabela A5-6. Estatísticas descritoras das fragilidades do bloco antrópico Cenário 2 (com as UHEs Panambi e Garabi) dos reservatórios de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio. Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

<i>NOME_UHE</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Intervalo</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Soma</i>
UHE Itapiranga	134	195	61	181,04	12,08	11172200
UHE Pai Querê	148	253	106	189,52	9,28	13088200
AHE Passo da Cadeia	160	253	92	194,52	10,27	9811580
UHE Garibaldi	151	202	50	192,03	9,42	5861640
UHE São Roque	160	249	89	198,00	7,81	21130100
UHE Peri	145	248	103	197,40	9,55	9775760
UHE Panambi	138	217	79	191,21	5,83	35509500
UHE Garabi	138	250	113	200,27	12,28	74328700

IARB do Bloco Físico

A Tabela A5-7 e a Figura A5-1 apresentam a hierarquização apresentada pelos empreendimentos em relação à fragilidade do bloco físico.

Tabela A5-7. Hierarquia de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio com base no Índice Ambiental Relativo da Barragem (IARB) do bloco físico. Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

<i>Nome UHE</i>	<i>IARB Bloco Físico</i>	<i>Hierarquia por fragilidade</i>
<i>UHE Garibaldi</i>	66,20	8
<i>UHE Peri</i>	58,44	7
<i>AHE Passo da Cadeia</i>	56,54	6
<i>UHE Pai Querê</i>	51,95	5
<i>UHE São Roque</i>	47,56	4
<i>UHE Itaipiranga</i>	42,88	3
<i>UHE Panambi</i>	34,15	2
<i>UHE Garabi</i>	15,83	1

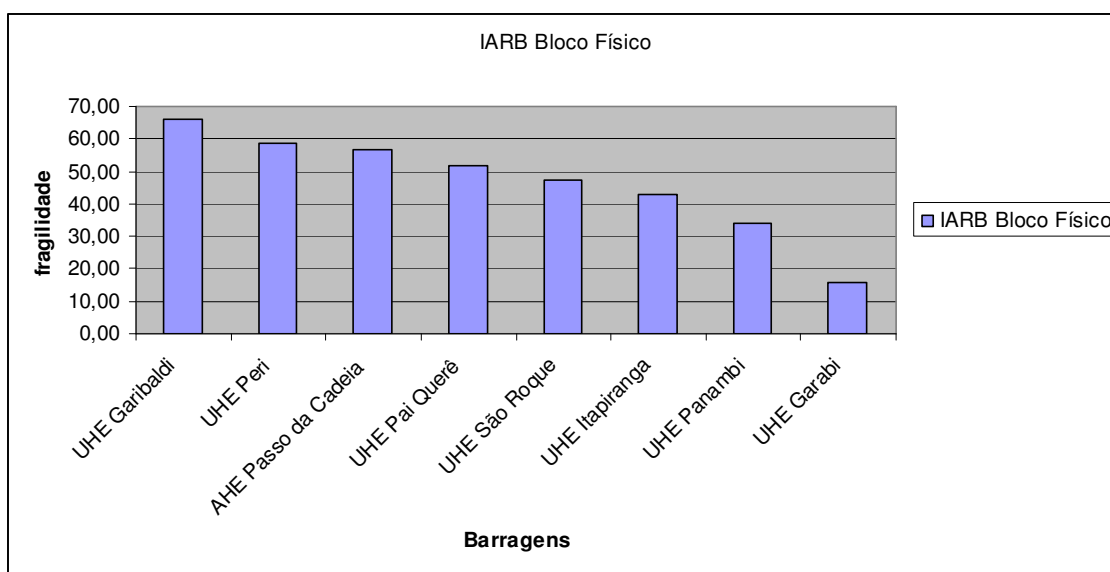


Figura A5-1. Hierarquia de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio com base no Índice Ambiental Relativo da Barragem (IARB) do bloco físico. Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

Considerando-se que a escala é de 0 a 255, e classificando-se os valores em alta, média e baixa fragilidade, o limite para alta fragilidade ficaria em 85 e o da média em 170. Os resultados apresentados na Tabela A5-7 para o IARB do bloco físico situam todos os empreendimentos na faixa de 0 – 85, ou seja, de alta fragilidade. Observa-se que a UHE Garabi possui uma fragilidade altíssima, seguida pelas UHEs Panambi e Itaipiranga.

IARB do Bloco Biótico Cenário 1

A hierarquização dos empreendimentos referentes ao Cenário 1, efetuada com base no IARB do bloco biótico está apresentada na Tabela A5-8 e na Figura A5-2.

Tabela A5-8. Hierarquia de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio com base no Índice Ambiental Relativo da Barragem (IARB) do bloco biótico, Cenário 1 (sem as UHEs Panambi e Garabi). Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

<i>Nome UHE</i>	<i>IARB Bloco Biótico 1</i>	<i>Hierarquia por fragilidade</i>
AHE Passo da Cadeia	103,74	6
UHE Peri	101,59	5
UHE São Roque	96,43	4
UHE Itapiranga	94,13	3
UHE Garibaldi	88,46	2
UHE Pai Querê	81,70	1

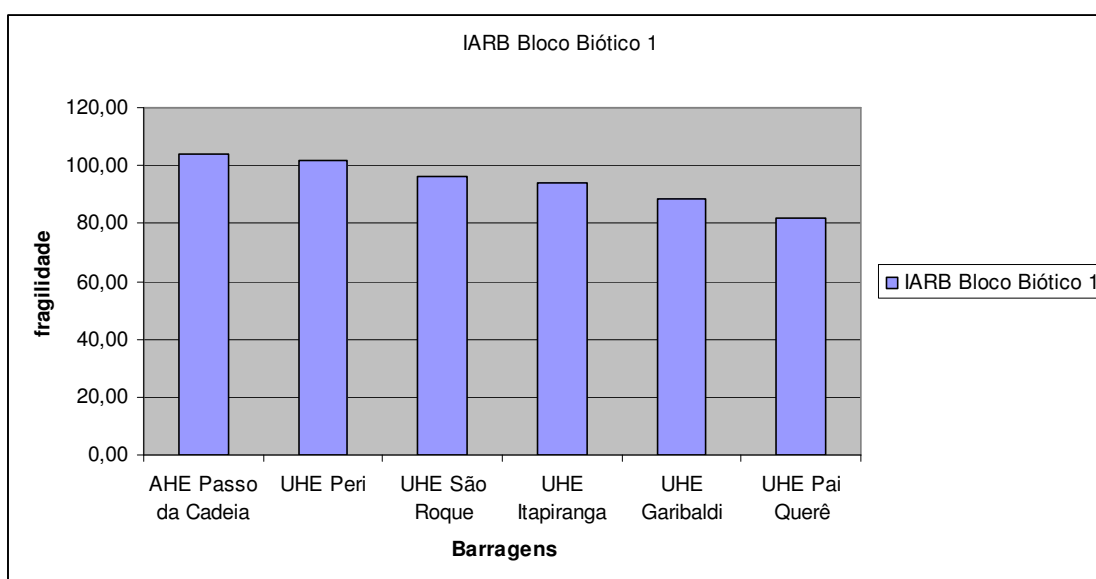


Figura A5-2. Hierarquia de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio com base no Índice Ambiental Relativo da Barragem (IARB) do bloco biótico, Cenário 1 (sem as UHEs Panambi e Garabi). Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

Os resultados apresentados na Tabela A5-8 mostram que os valores de fragilidade se situam no intervalo correspondente às médias fragilidades, embora muito próximos do limite com a alta fragilidade. A exceção é a UHE Pai Querê, que se situa na faixa de alta fragilidade (< 85). Em geral, a variação observada no IARB do bloco biótico foi afetada pelo fato de que os reservatórios com maior extensão estão situados em áreas de menor fragilidade, o que acabou reduzindo a diferença entre os valores para os trechos afetados pelos reservatórios.

IARB do Bloco Biótico Cenário 2

A hierarquização dos empreendimentos referentes ao Cenário 2, efetuada com base no IARB do bloco biótico está apresentada na Tabela A5-9 e na Figura A5-3.

Tabela A5-9. Hierarquia de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio com base no Índice Ambiental Relativo da Barragem (IARB) do bloco biótico, Cenário 2 (com as UHEs Panambi e Garabi). Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

Nome UHE	IARB Bloco Biótico 2	Hierarquia por fragilidade
AHE Passo da Cadeia	103,54	8
UHE Peri	101,39	7
UHE São Roque	96,21	6
UHE Itapiranga	93,97	5
UHE Garibaldi	88,22	4
UHE Panambi	83,07	3
UHE Pai Querê	81,46	2
UHE Garabi	56,46	1

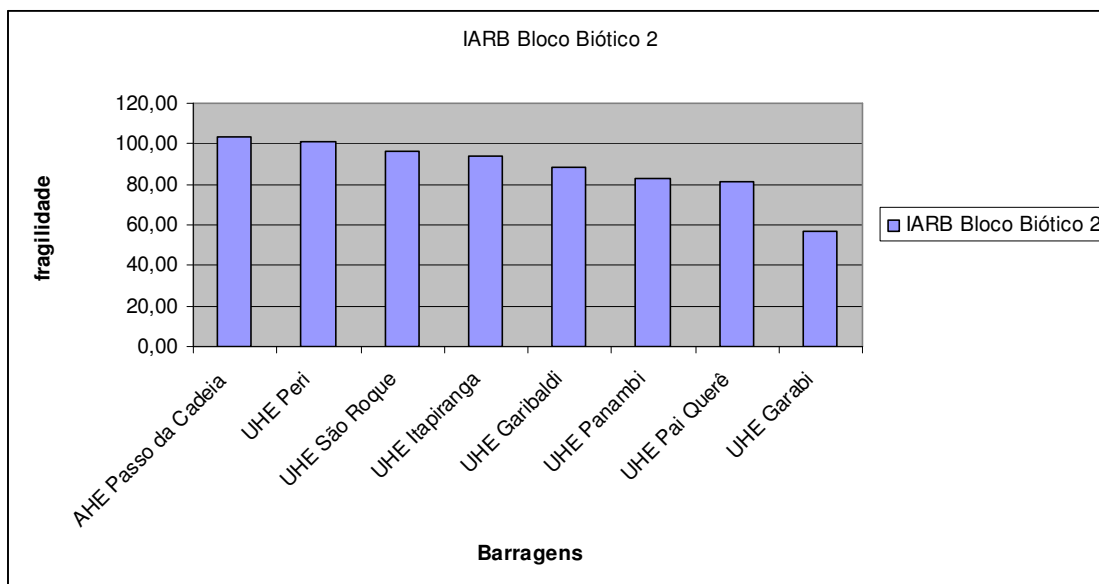


Figura A5-3. Hierarquia de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio com base no Índice Ambiental Relativo da Barragem (IARB) do bloco biótico, Cenário 2 (com as UHEs Panambi e Garabi). Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

A Tabela A5-9 mostra que a inclusão das UHEs Garabi e Panambi não alterou a hierarquia dos demais empreendimentos em relação ao Cenário 1. As UHEs Panambi e Garabi inseriram-se na faixa de alta fragilidade, com valores mais críticos para a UHE Garabi. A UHE Panambi ficou no mesmo patamar de fragilidade da UHE Pai Querê.

IARB do Bloco Antrópico Cenário 1

Os resultados referentes à hierarquização de empreendimentos do Cenário 1, com base no IARB do bloco antrópico, estão apresentados na Tabela A5-10 e na Figura A5-4.

Tabela A5-10. Hierarquia de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio com base no Índice Ambiental Relativo da Barragem (IARB) do bloco antrópico, Cenário 1 (sem as UHEs Panambi e Garabi). Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

Nome UHE	IARB Bloco Antrópico 1	Hierarquia por fragilidade
<i>UHE Garibaldi</i>	93,25	6
<i>UHE Peri</i>	92,47	5
<i>AHE Passo da Cadeia</i>	92,11	4
<i>UHE Pai Querê</i>	85,74	3
<i>UHE São Roque</i>	81,96	2
<i>UHE Itaipiranga</i>	81,41	1

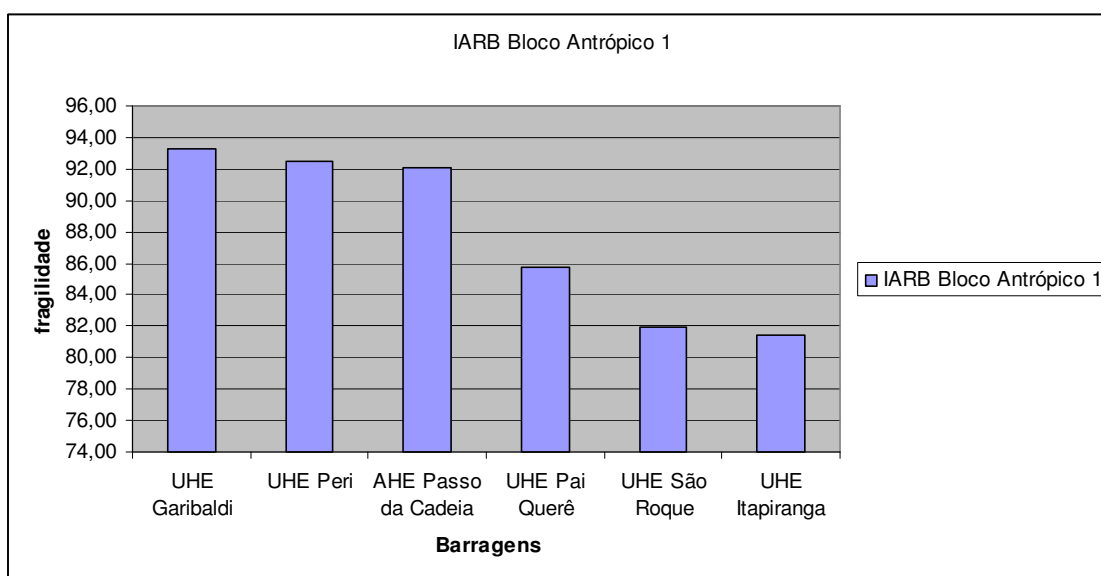


Figura A5-4. Hierarquia de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio com base no Índice Ambiental Relativo da Barragem (IARB) do bloco antrópico, Cenário 1 (sem as UHEs Panambi e Garabi). Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

Observa-se na Tabela A5-10 que os valores de fragilidade estão situados nas proximidades do limite entre as faixas de média e alta fragilidade (85). As UHEs Itaipiranga e São Roque são as mais frágeis, seguidas de perto pela UHE Pai Querê.

IARB do Bloco Antrópico Cenário 2

A Tabela A5-11 e a Figura A5-5 apresentam a hierarquização apresentada pelos empreendimentos em relação à fragilidade do bloco antrópico, Cenário 2.

Tabela A5-11. Hierarquia de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio com base no Índice Ambiental Relativo da Barragem (IARB) do bloco antrópico, Cenário 2 (com as UHEs Panambi e Garabi). Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

<i>Nome UHE</i>	<i>IARB Bloco Antrópico 2</i>	<i>Hierarquia por fragilidade</i>
<i>UHE Garibaldi</i>	93,25	8
<i>UHE Peri</i>	92,47	7
<i>AHE Passo da Cadeia</i>	92,11	6
<i>UHE Pai Querê</i>	85,74	5
<i>UHE Itaipiranga</i>	82,42	4
<i>UHE São Roque</i>	81,96	3
<i>UHE Panambi</i>	69,42	2
<i>UHE Garabi</i>	50,14	1

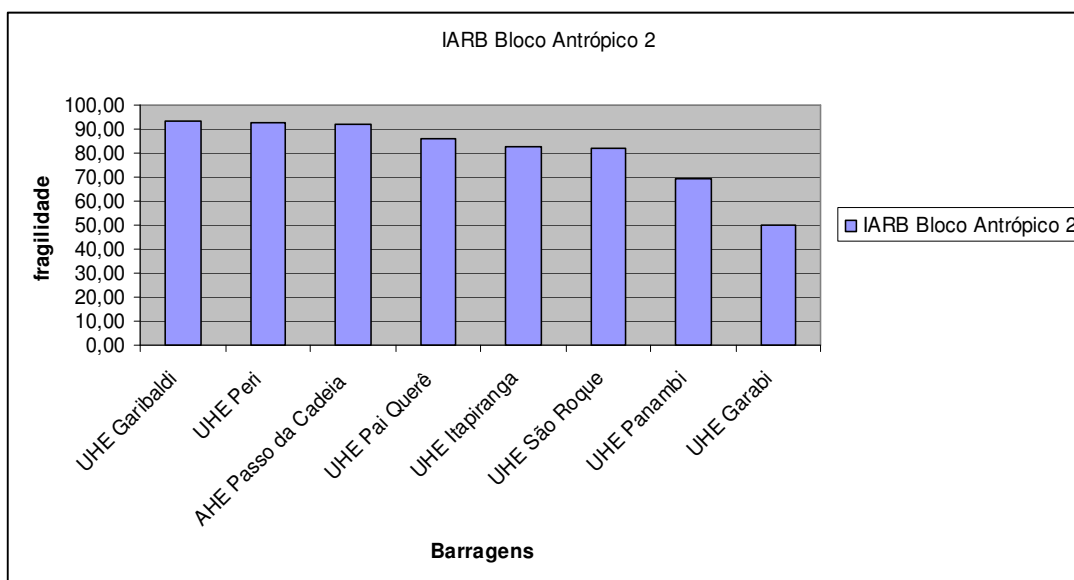


Figura A5-5. Hierarquia de empreendimentos hidrelétricos do trecho nacional do Uruguai Alto e Médio com base no Índice Ambiental Relativo da Barragem (IARB) do bloco antrópico, Cenário 2 (com as UHEs Panambi e Garabi). Fragilidade apresentada em escala de 0 (mais frágil) a 255 (menos frágil).

Pode-se observar nos resultados que a UHE Garabi se destaca como a mais frágil, seguida pela UHE Panambi. Também pode ser observado que houve uma inversão entre as UHEs Itaipiranga e São Roque. Como Itaipiranga situa-se, no Cenário 1 no mesmo trecho de rio contínuo das hidrelétricas do Complexo Garabi, a inclusão das últimas provoca a perda de valor para o trecho, em especial no que se trata de qualidade do mesmo para manutenção de estoques pesqueiros, o que contribui para a perda relativa de fragilidade do trecho da UHE Itaipiranga.

ANEXO 6 – Ofícios referentes às diretrizes de licenciamento praticadas pela FEPAM e do reconhecimento da ANEEL quanto aos mesmos



Prezado Senhor:

Vimos por meio deste, retornar seu contato telefônico, efetuado no último dia 11 de janeiro, no qual foram solicitadas informações referentes às diretrizes prévias para avaliação da viabilidade de licenciamento ambiental de hidrelétricas nas bacias dos rios Ijuí, Içamaquã, Piratinim e Butuí (Bacia 75)¹ e dos rios Apuaê-Inhandava (U-10)² adotadas pela FEPAM.

Os procedimentos licenciatórios de hidrelétricas na FEPAM para estas bacias, seguem as diretrizes ambientais estabelecidas pela equipe técnica dessa Fundação, com base nos resultados dos estudos, anteriormente citados, executados pela UFRGS (Bacia 75) e pela UFSM (U-10) com acompanhamento e co-execução da referida equipe do Serviço da Região do Uruguai – DQA. Tais diretrizes indicaram entre outros condicionantes de restrição à viabilidade de licenciamento ambiental de hidrelétricas nessas bacias, determinados trechos de rios ou sub-bacias que devem ser mantidos livres de barramentos.

Os estudos e consequentemente as diretrizes fixadas a partir de suas conclusões, tem o reconhecimento da ANEEL, como manifestado em documento que encaminhamos em anexo, cabendo ressaltar que o primeiro estudo foi realizado com recursos repassados, a essa Fundação, por meio de convênio com a referida Agência.

Atenciosamente

Biólogo João Carlos Pradella Dotto
Chefe do Serviço da Região do Uruguai

João Carlos P. Dotto

Biólogo - FEPAM 08044-03
Porto Alegre, 24 de janeiro de 2012.

Ilmo. Sr.
Prof. Dr. Rafael Cabral Cruz
M.D. Coordenador do Projeto Frag-Rio

¹ 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-Piratinim-Içamaquã, Região Hidrográfica do Rio Uruguai* – RS. Porto Alegre: FEPAM/UFRGS, 2004. 138p.

² 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. 86p.

CE FEPAM/DIRTEC/Nº4387/10

Porto Alegre, 7 de junho de 2010

Prezado Senhor:

Ao cumprimentá-lo e, tendo em vista a aprovação do estudo de inventário do Rio Piraçucê pela ANEEL (Despacho 1427/2010), informamos o que segue:

- A FEPAM concluiu em 2006, um estudo intitulado **“Análise de Fragilidades Ambientais da Bacia Hidrográfica dos rios Apuaê-Inhandava (U010), situada na Região Hidrográfica do Uruguai/RS”**, realizado com recursos da então Secretaria Estadual de Energia, Minas e Comunicação, hoje denominada Secretaria de Infra-Estrutura e Logística;
- Tal estudo permitiu a definição de diretrizes para o licenciamento ambiental de aproveitamentos hidrelétricos com previsão de implantação na referida bacia, onde o rio Piraçucê está inserido;
- As diretrizes técnicas definidas pela FEPAM, estabeleceram que a bacia do Rio Piraçucê (porção oeste da U010), conforme cartas do DSG, escala 1:250.000, folhas Passo Fundo (SH.22-V-B) e Erechim (SG.22-Y-D) **deveria permanecer livre de barramentos**;
- Em março de 2007, a FEPAM disponibilizou o relatório final do referido estudo aos órgãos e instituições federais e estaduais, de interesse, dentre eles a ANEEL (vide cópia anexa do of. **FEPAM/DQA/Nº0472/2007**);
- A empresa responsável pela elaboração do estudo de inventário em questão, a Cooperativa Regional de Eletrificação Rural do Alto Uruguai Ltda. – CRERAL, consultou esta Fundação, em abril de 2008, por orientação da ANEEL, sobre a existência de restrições e/ou recomendações da FEPAM, quanto a realização desses estudos na referida bacia;

Ilmo. Sr.

André Ramon Silva Martins

Superintendência de Gestão e Estudos Hidroenergéticos - SGH

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL

SGAN 603 Módulo J - Asa Norte

CEP: 70830-030 - Brasília – DF

Doc.Id. 402446

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler/RS

Rua: Carlos Chagas, 55 – Fone: (0xx51) 3288-9400 – CEP 90030-020 – Porto Alegre – RS – Brasil

- A FEPAM através do **ofício FEPAM/DIRTEC/Nº697/08** (cópia anexa), datado de 07/05/2010 (fl.05 do **Proc. Adm. Nº004143-05.67/08-9**), se manifestou contrária à realização de tais estudos, com base no que foi exposto anteriormente;
- Em 10/06/2008, em reunião realizada na sede da FEPAM, entre a CRERAL e a equipe técnica que analisou e emitiu o parecer quanto à referida consulta, foi reiterada a inviabilidade da realização dos estudos de inventário na bacia do rio Piraçucê, conforme cópia anexa de memória de reunião.

Nesse contexto, gostaríamos que nossas informações anteriormente mencionadas fossem consideradas e desde já, colocamo-nos a sua disposição para os esclarecimentos que ainda se fizerem necessários, diretamente com a equipe técnica do Serviço da Região do Uruguai – Departamento de Qualidade Ambiental, pelos fones: (51)132889407/9413, ou pelo e-mail: reg.uruguai@fepam.rs.gov.br.

Atenciosamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Flávio Wiegand", is placed above the printed name.

Flávio Wiegand
Diretor Técnico da FEPAM

Ofício nº 2273/2010-SGH/ANEEL

Brasília, 15 de julho de

Ao Senhor
Flávio Wiegand
Diretor Técnico da FEPAM
Porto Alegre - RS

Assunto: OFÍCIO FEPAM/DIRTEC/ Nº4387/10.

Prezado Senhor,

Em atenção ao Ofício FEPAM/DIRTEC/Nº4387/10, protocolado na ANEEL em 14 de junho de 2010, no qual V.Sa. informa o posicionamento da FEPAM quanto a Estudos de Inventário nas Bacias Hidrográficas dos rios Apuaê-Inhandava, informamos o que se segue:

- a) **Articulação da CRERAL com a FEPAM:** conforme parágrafo 17 da nota técnica de aprovação dos estudos de inventário do rio Piraquê (Nota Técnica nº 177/SGH/ANEEL, de 18 de maio de 2010) a CRERAL protocolou na FEPAM, ANA e SEMA informando estar realizando os estudos de inventário deste rio e solicitando orientação quanto a restrições ambientais, vazão sanitária, interferências etc. Contudo, não consta no relatório final ou dos autos do processo nº 48500.000040/2007-04 quaisquer respostas a estas cartas datadas de abril de 2008. Ademais, o relatório final da CRERAL não menciona as restrições sócio-ambientais e impactos negativos relevantes. Neste sentido, para esclarecimento da manifestação da FEPAM, por meio do Of. FEPAM/DIRTEC/Nº6970/08 de 14 de maio de 2008, a CRERAL foi instada a prestar esclarecimentos.
- b) **Reconsideração da aprovação dos estudos de inventário do rio Piraquê:** solicita-se para fins de reconsideração da aprovação do inventário do rio Piraquê e de análise do inventário do rio Apuaê ou Ligeiro, com aceite e aguardando análise nesta Superintendência o reenvio do CD intitulado "Análise de Fragilidades Ambientais da Bacia Hidrográfica do Apuaê - Inhandava (U010), situada na região hidrográfica do Uruguai/RS" (FEPAM/DQA/no0472/2007, de 14 de março de 2007) e das "Diretrizes Técnicas Normativas aprovadas pela diretoria da FEPAM, as quais foram formuladas a partir dos estudos de fragilidades ambientais da região U010. Para serem considerados na análise e aprovação parte da ANEEL, solicitamos que conste do assunto orientação para que os documentos

[Assinatura]



FEPAM	
PROCESSO:	
AUTUAÇÃO:	f 16

(Fls. 2 do Ofício nº 2273/2010 – SGH/ANEEL, de 15/07/2010)

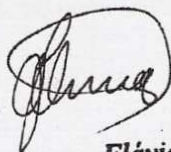
sejam juntados aos processos 48500.000040/2007-04 (Piraçucê) e 48500.001799/2007-04 (Apuaê ou Ligeiro) como manifestação do órgão ambiental.

3. Considerados os esclarecimentos da CRERAL, as fragilidades ambientais e diretrizes técnicas da FEPAM, V.Sa. será informada sobre a decisão final quanto a manutenção ou revogação da aprovação dos estudos de inventário do rio Piraçucê.


ANDRÉ RAMON SILVA MARTINS

Superintendente de Gestão e Estudos Hidroenergéticos – Substituto

AO SERU/DQAMB,
para conhecimento e manifestação.



Em 19/07/10

Flávio Wiegand
Diretor Técnico
FEPAM

Of. FEPAM/DIRTEC/Nº5740/10

Porto Alegre, 20 de julho de 2010

Prezado Senhor:

Ao cumprimentá-lo e, em atendimento ao ofício nº2273/2010 – SGH/ANEEL, estamos enviando conforme solicitado, em meio digital (CD), o relatório final do estudo **“Análise de Fragilidades Ambientais da Bacia Hidrográfica dos rios Apuaê-Inhandava (U010), situada na Região Hidrográfica do Uruguai/RS”**.

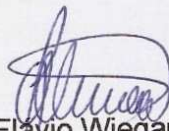
O estudo permitiu o desenvolvimento de um fluxo de decisão, com base num Sistema de Informações Geográficas que analisa e integra vários temas relativos às fragilidades ambientais da referida bacia, o qual permitiu a hierarquização dos empreendimentos através de índices que avaliam a viabilidade ambiental dos mesmos, previamente ao processo de licenciamento ambiental. Alguns desses temas permitiram a exclusão de áreas para a implantação de hidrelétricas, seja por restrições oriundas da legislação ambiental ou para atender princípios de conservação ambiental, os quais definiram rios ou trechos de rios a serem mantidos livres de barramento na área de estudo.

Nesse sentido, o estudo apontou que devem ficar livres de barramento na Bacia Hidrográfica dos rios Apuaê-Inhandava (U010), os seguintes rios ou trechos de rios:

- a) A bacia do rio Piraçucê (porção oeste da U010), conforme cartas do DSG, escala 1:250.000, folhas Passo Fundo (SH.22-V-B) e Erechim (SG.22-Y-D);
- b) O trecho do rio Ligeiro também denominado rio Apuaê (porção oeste da U010), desde sua confluência com o rio Piraçucê até sua foz no rio Uruguai conforme cartas do DSG, escala 1:250.000, folhas Passo Fundo (SH.22-V-B) e Erechim (SG.22-Y-D);
- c) Os afluentes dos rios formadores da porção centro leste (limitada a oeste pela bacia do rio Santana) da U010, classificados segundo STRAHLER (1952) como de primeira e segunda ordem, definida em drenagem mínima, representados no mapa conforme cartas do DSG, escala 1:250.000, folha Vacaria (SH 22-X-A).

Desde já agradecemos a sua atenção, e colocamo-nos a sua disposição para os esclarecimentos que ainda se fizerem necessários, diretamente com a equipe técnica do Serviço da Região do Uruguai – Departamento de Qualidade Ambiental, pelos fones: (51)3288-9407/9413, ou pelo e-mail: reg.uruguai@fepam.rs.gov.br.

Atenciosamente,



Flávio Wiegand
Diretor Técnico da FEPAM

Ilmo. Sr.

André Ramon Silva Martins

Superintendência de Gestão e Estudos Hidroenergéticos - SGH

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL

SGAN 603 Módulo J - Asa Norte

CEP: 70830-030 - Brasília - DF

Doc.Id. 409696

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler/RS

Rua: Carlos Chagas, 55 - Fone: (0xx51) 3288-9400 - CEP 90030-020 - Porto Alegre - RS - Brasil

Ofício nº 3404 /2011-SGH/ANEEL

Brasília, 29 de setembro de 2011.

Ao Senhor
Flávio Wiegand
Diretor Técnico da FEPAM
Porto Alegre - RS

Assunto: OFÍCIO FEPAM/GAB Nº. 4748/2010.

Prezado Senhor,

Em atenção ao Ofício FEPAM/GAB Nº. 4748/2010, protocolado na ANEEL em 17 de junho de 2010, no qual V.Sa. informa o posicionamento da FEPAM quanto aos Estudos de Inventário nas Bacias Hidrográficas dos rios Apuaê-Inhandava, temos a informar o que segue:

2. Nos termos do inciso VII do artigo 11 da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, um dos objetivos das políticas nacionais é identificar as soluções mais adequadas para o suprimento de energia elétrica nas diversas regiões do País, a que os estudos dos potenciais hidráulicos existentes são insumo importante, sendo competência da União a realização do inventário dos rios, vez que esta é a titular dos potenciais hidráulicos (CF, art. 20, VIII, XII, "b" e XIX, art. 176).
3. Considerando que a unidade de planejamento é, por determinação legal, a bacia hidrográfica, estudos de fragilidades ambientais são sem dúvida de grande relevância na decisão dos usos dos recursos e de ocupação da bacia hidrográfica, sendo bastante nobre a iniciativa da FEPAM. Da mesma forma, também o são o inventário e o levantamento dos recursos, do meio socioambiental e econômico, o zoneamento ecológico-econômico enfim das potencialidades existentes.
4. O próprio conteúdo dos estudos de fragilidade levados a cabo pela FEPAM é prova da importância do conhecimento das possíveis formas de se aproveitar o potencial hidráulico existente, já que os impactos positivos ou negativos dos barramentos foram avaliados a partir das características dos empreendimentos existentes ou previstos até 2007, tais como a área alagada pelos reservatórios, distância entre barramentos etc.

CÓPIA

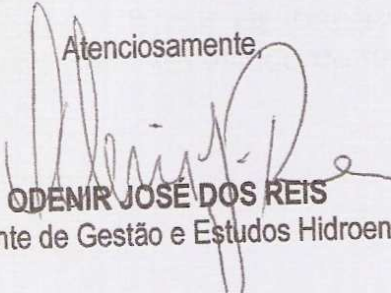
(Fls. 2 do Ofício nº 3404 /2011 – SGH/ANEEL, de 29 / 09 /2011)

5. No caso concreto do rio Piraçucê, foram os estudos de inventário tornados públicos em 2010 que definiram o aproveitamento ótimo do potencial hidráulico existente nesse rio, levando em consideração também os impactos socioambientais dos aproveitamentos identificados, seguindo a metodologia de análise hierárquica. Embora os estudos ambientais tenham apontado impactos negativos irrelevantes, dado a inexistência de reservatórios e o pequeno porte dos barramentos, nas fases subsequentes os aproveitamentos da partição de quedas que não forem licenciados pela FEPAM não receberão autorização da ANEEL.

6. Ainda assim, mesmo que nenhum dos aproveitamentos previstos para o rio Piraçucê seja autorizado, os estudos de inventário aprovados pela ANEEL têm caráter informativo e catalográfico úteis para a sociedade.

7. Quanto ao Despacho nº 1.516, de 28 de maio de 2010, que aceitou os estudos de revisão de trecho do rio das Antas, informamos que os mesmos não foram ainda objeto de análise, a qual observará, no que couber, as já bastante conhecidas "Diretrizes Regionais para Licenciamento Ambiental das Hidrelétricas" na sub-bacia 75 (<http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/Taquari-Antas/default.htm>).

Atenciosamente,


ODENIR JOSÉ DOS REIS

Superintendente de Gestão e Estudos Hidroenergéticos

