

Análise de fragilidade ambiental na bacia do rio Pardo - RS, frente à instalação de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs)

Analysis of environmental fragility in the basin of rio Pardo - RS an integrated environmental assessment

Olímpio Rafael Cardoso¹; Nájila Souza da Rocha¹; Renata Azevedo Xavier¹;

Elisa TumeleroValduga¹; Graciela Schmidt Disconzi¹; Lidiane Radtke¹

e Rafael Cabral Cruz²

¹ Universidade Federal de Santa Maria – RS, Brasil

rafael.bioufrgs@gmail.com; najila.rocha2011@gmail.com; re_axavier@hotmail.com; elisavalduga@gmail.com;
gracieladisconzi@gmail.com; lidianeradtke@hotmail.com

² Universidade Federal do Pampa – RS, Brasil

rafaelcabralcruz@gmail.com

Recebido: 26/06/14 - Revisado: 20/10/14 - Aceito: 05/12/14

RESUMO

A fragilidade dos ambientes naturais pode ser entendida como a suscetibilidade ao dano, e deve ser avaliada quando se pretende aplicá-la ao planejamento territorial ambiental, dessa forma, a Avaliação Ambiental Integrada (AAI) tem por objetivo avaliar efeitos sinérgicos e cumulativos resultantes dos impactos ambientais ocasionados pelo conjunto dos aproveitamentos hidrelétricos. Nesse estudo foi aplicada a metodologia de avaliação de fragilidades ambientais frente às mudanças causadas no ambiente e na sociedade, devido à possibilidade de instalação de cinco pequenos empreendimentos hidrelétricos (PCHs) em cascata na Bacia do rio Pardo – RS. Com auxílio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), foi utilizado o método de álgebra de mapas para analisar o ambiente como um todo, e a área de estudo foi dividida em três ambientes: Físico (variáveis Vegetação Remanescente e Resistência do Solo), Biótico (variáveis Vegetação Fitos sociológicas e Biodiversidade) e Antrópico (variáveis Uso do Solo e IDH) para assim, ter uma perspectiva de diferentes cenários com a abrangência de todo o ambiente. Com isso, os resultados mostram que em todos os mapas finais de fragilidades para os meios físico, antrópico e biótico os locais escolhidos para a construção desses cinco empreendimentos apresentam a classificação entre média e alta fragilidade.

Palavras Chave: Pequenas centrais hidrelétricas. Bacia hidrográfica. Avaliação ambiental integrada

ABSTRACT

Fragility of the natural environment can be understood as susceptibility to damage and should be evaluated when it is to be applied to environmental land planning. Therefore the Integrated Environmental Assessment (IEA) aims to assess synergistic and cumulative effects resulting from environmental impacts caused by the set of hydroelectric developments. The present study applied the assessment method for vulnerable environments considering changes caused to the environment and society, due to the possible installation of five small hydroelectric projects (SHPs) in cascade in the Pardo River Basin, RS. With the help of the Geographic Information Systems (GIS) the algebra method of maps was used to analyze the environment as a whole and the study area was divided into three environments: physical (remnant vegetation and soil resistance variables), biotic (Phytosociological vegetation and Biodiversity variables) and anthropic (soil use and HDI variables) in order to have a perspective of different scenarios covering the entire environment. Hence, the results show that in all final maps of fragilities for the of the physical, anthropic and biotic environments the sites chosen to construct the five hydroelectric plants present a classification of between medium and high fragility.

Keywords: Small hydroelectric plants. Watershed. Integrated environmental assessment.

INTRODUÇÃO

As usinas hidroelétricas representam a principal fonte de geração de energia elétrica no Brasil, produzindo cerca de 90% de toda a eletricidade do país (ANEEL, 2002). Neste cenário encontram-se as Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs), que representam uma forma rápida e eficiente de promover a expansão da oferta de energia elétrica, sendo importante alternativa de produção de energia renovável, ampliando a oferta no Sistema Elétrico Brasileiro, em particular nas áreas isoladas e em pequenos centros agrícolas e industriais (HOMRICH; CASAROTTO FILHO, 2006).

Segundo a resolução n.º 394 de 04 de dezembro de 1998 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 1998), caracteriza-se por PCH toda usina hidrelétrica de pequeno porte cuja capacidade instalada seja superior a 1 MW e igual ou inferior a 30 MW. Além disso, a área do reservatório deve ser igual ou inferior a 3 km². Tal área é delimitada pela cota d'água associada à vazão de cheia com tempo de recorrência de 100 anos. Nestes empreendimentos, as turbinas hidráulicas acopladas aos geradores de eletricidade são impulsionadas pelo fluxo d'água resultante de um desnível provocado por barragem ou um curso d'água (ANEEL, 2002).

Para a devida operacionalização das PCHs são exigidos os estudos de impacto ambiental (EIA) pelo órgão ambiental competente (ANEEL, 2003). Os impactos de sua construção estão relacionados ao tamanho, volume, tempo de retenção do reservatório, localização geográfica e influência na continuidade natural do rio. Podendo ocasionar a inundação de áreas agricultáveis, interferência no processo migratório dos peixes através da fragmentação de habitats. Além disso, podem ocorrer mudanças hidrológicas a jusante da represa, alterações em atividades econômicas e usos tradicionais da terra, perda da biodiversidade terrestre e aquática. Dessa forma, todas estas alterações podem resultar em efeitos diretos ou indiretos, produzindo impactos cumulativos, transformando inteiramente as condições biogeofísicas, econômicas e sociais de toda a uma região (NILTON, 2009).

A fim de identificar, prever, interpretar e prevenir as consequências ou efeitos ambientais que determinadas ações, planos, programas ou projetos possam causar à saúde, ao bem estar humano e ao entorno, a Resolução do CONAMA N.º 001/86 (BRASIL, 1986) introduziu a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) na forma do estudo ambiental, estabelecendo um padrão técnico-científico para sua legitimação perante os setores e os segmentos sociais. A avaliação ambiental integrada (AAI) e a avaliação ambiental estratégica (AAE) são formas de abordagem da AIA, desenvolvidas para fazer análises antecipadas e integradas de políticas, planos e programas que afetam o meio ambiente e, por conseguinte são ferramentas que podem auxiliar a concepção e inserção ambiental dos projetos de desenvolvimento (TUCCI; MENDES, 2006).

A AAI objetiva avaliar efeitos sinérgicos e cumulativos resultantes dos impactos ambientais ocasionados pelo conjunto dos aproveitamentos hidrelétricos em planejamento, construção e em operação. Na AAI o rio deve ser visto como um sistema em rede, com conectividade tanto a montante como a jusante.

É necessário que sejam considerados todos os usos da água, ou seja, garantir os usos múltiplos e também preservar os recursos ambientais para o futuro (MMA, 2009).

Esta avaliação pode ser baseada nos estudos de fragilidades ambientais, que partem do pressuposto que qualquer alteração no ambiente causa impactos, porém alguns são tamanhos que a capacidade do mesmo de se recuperar, e de voltar a sua estabilidade, (a chamada resiliência), diminui e os tornam então frágeis a estas mudanças. Contudo esta fragilidade não pode ser baseada apenas em uma determinada variável, vários são os aspectos ambientais, sociais e econômicos que mantêm o ambiente como um sistema vivo e, portanto, resiliente (MMA, 2009).

Nesse contexto, o uso de SIG nas análises ambientais já é difundido mundialmente. Segundo Xavier da Silva (2001) a utilização de softwares de geoprocessamento permite condições para extração de informações georreferenciadas a partir do cruzamento e análise de vários mapas temáticos. Este material é exposto em Cartogramas Digitais, que fornecem uma visão sobre os diversos componentes do ambiente, como solos, geologia, geomorfologia, uso e cobertura vegetal ou declividade. O uso dessas ferramentas permite que sejam conhecidas as relações entre variáveis quantitativas e qualitativas sobre o ambiente, estimando áreas de risco, potenciais ambientais e definindo zoneamentos.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é avaliar a fragilidade ambiental da Bacia do Rio Pardo - RS, frente aos impactos socioambientais causados com a instalação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e a viabilidade de instalação das mesmas em apoio à gestão ambiental integrada e à tomada de decisão no processo de licenciamento ambiental.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização Área de estudo

Segundo Weschenfelder et al. (2006), a Bacia Hidrográfica do Rio Pardo está localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul e aflui diretamente ao Rio Jacuí, junto à cidade de Rio Pardo. Na divisão hidrográfica oficial do Estado corresponde à bacia G90 e encontra-se limitada a leste pela bacia do Rio Taquari e a oeste pela bacia do Alto Jacuí. Com área de 3.636,79 km², corresponde a 1,3% da área do Estado e a 4,3% da Região Hidrográfica do Guaíba. Integram a Bacia, total ou parcialmente, os seguintes municípios: Barros Cassal, Boqueirão do Leão, Candelária, Gramado Xavier, Herveiras, Lagoão, Passa Sete, Rio Pardo, Santa Cruz do Sul, Sinimbu, Vale do Sol, Venâncio Aires e Vera Cruz.

Conforme o *site* da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), a bacia do rio Pardinho (com 1.088,7 km²) responde por 29% da área total da Bacia, sendo os restantes 71% (2.660,6 km²) correspondentes à bacia do próprio rio Pardo, resultando na primeira grande divisão hidrográfica para a área. A disponibilidade hídrica superficial, para toda a Bacia do Rio Pardo, é da ordem de 107,1 m³/s, em termos médios anuais, variando mensalmente de um

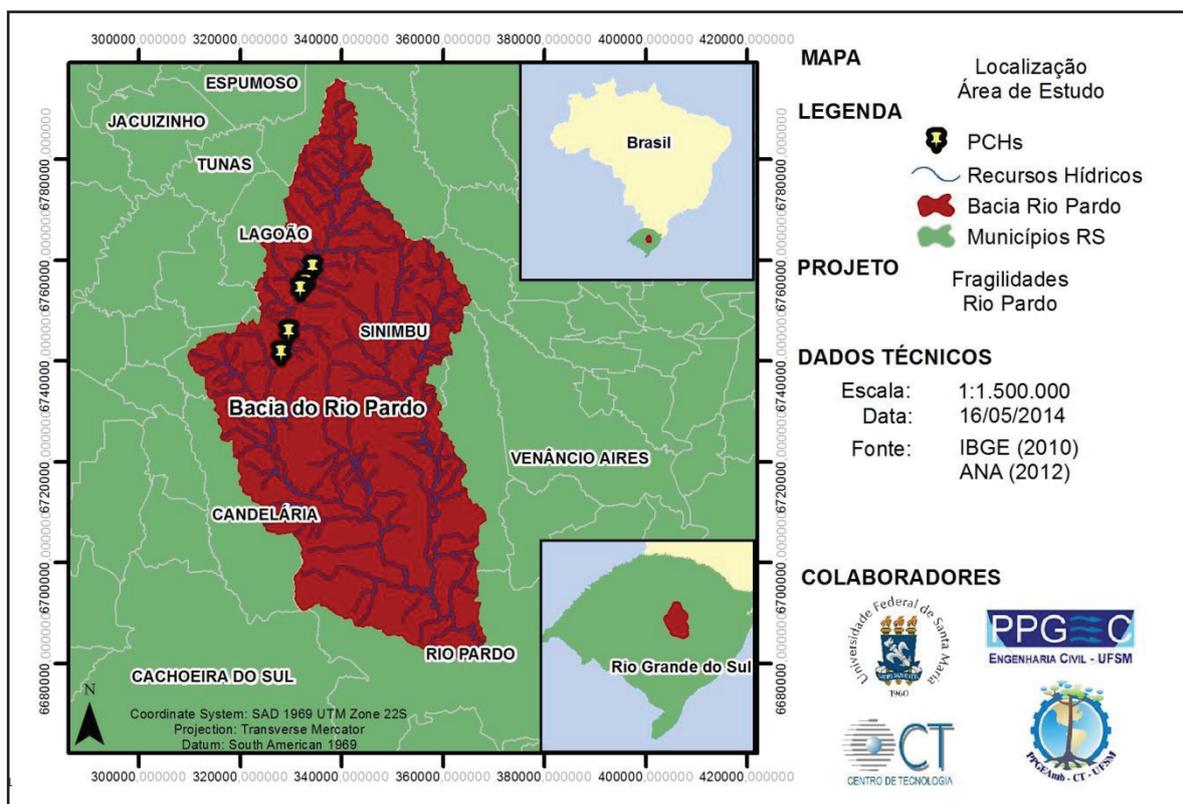


Figura 1 - Inserção da Bacia do Rio Pardo nos limites dos Municípios que a envolvem
Fonte: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (2014)

máximo de 169,2 m³/s em julho a um mínimo de 50,8 m³/s em março (Figura 1).

Na porção mais a jusante da Bacia, que também responde por cerca de 40% de sua área total, encontram-se áreas planas e de relevo ondulado a suave ondulado, associadas às áreas de meandro dos principais cursos d'água da Bacia. As áreas planas, das várzeas dos principais cursos d'água, são utilizadas para o cultivo de arroz irrigado, enquanto que as zonas mais elevadas são utilizadas para a pecuária extensiva e para o cultivo agrícola de fumo, soja, milho, feijão, etc. (ECOPLAN, 2005).

Segundo o *site* da FEPAM (2014), estão em andamento cinco processos administrativos solicitando Licença Prévia para a instalação de PCHs em cascata ao longo do leito do rio pardo, são eles: PCH Barra de Ferro no município de Gramado Xavier; PCH Linha Carvalho no município de Passa Sete; PCH Lagoão no município de Lagoão; PCH Linha Pinhal no município de Sinimbu; PCH Passo da Gama no município de Lagoão.

Definição das Variáveis estudadas

Para analisar o ambiente como um todo, fez-se necessário uma revisão bibliográfica sobre o assunto e consequente escolha das variáveis que seriam utilizadas nas análises, considerando informações que são disponibilizadas pelos órgãos públicos competentes e que contemplam amplamente as discussões do tema (Figura 2).

Após análise identificou-se que as variáveis poderiam ser divididas em análise de três ambientes: Ambiente Físico; Ambiente Biótico; Ambiente Antrópico.

Para o Ambiente Físico foram utilizados os mapas de Vegetação Remanescente disponível pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006) e o Mapa de Resistência do Solo do Estado do RS quanto a resistência à impactos ambientais, na escala 1:250.000, elaborado por FEPAM (2001). Para o Ambiente Biótico foram sobrepostos mapas em mesma escala de Vegetação Fitossociológica e de Biodiversidade (MMA, 2006), considerando apenas a coluna que representa as prioridades para preservação e conservação da biodiversidade. Por fim, para o Ambiente Antrópico foram utilizados o Mapa de Uso de Solo do RS, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) e o Mapa de municípios disponibilizado pelo mesmo instituto onde foi acrescido o Índice de Desenvolvimento Humano de 2010. Essas variáveis serão mais bem exploradas ao decorrer do trabalho. Os mapas disponibilizados pelo MMA utilizados estão no datum SAD69 e projeção Universal Transversa de Mercator (UTM). Deste modo, para que as distorções fossem mínimas nos mapas que possuíam mais classes (vegetação remanescente e biodiversidade) todos os outros foram projetados neste mesmo datum.

Nesse contexto, foi utilizado o método de álgebra de mapas, no software ArcGis 9.3 (ESRI, 2008), que compreende procedimentos matemáticos de análise espacial aplicados a geoprocessamento e que resultam em novas informações. Trata-se de uma linguagem especializada para realizar operações que tem tanto um sentido matemático quanto cartográfico e espacial (BARBOSA et al., 1998). Dessa forma, foi utilizada a superposição de mapas, através de um esquema de pesos e notas, para a geração de estimativas de riscos e potenciais, sob forma

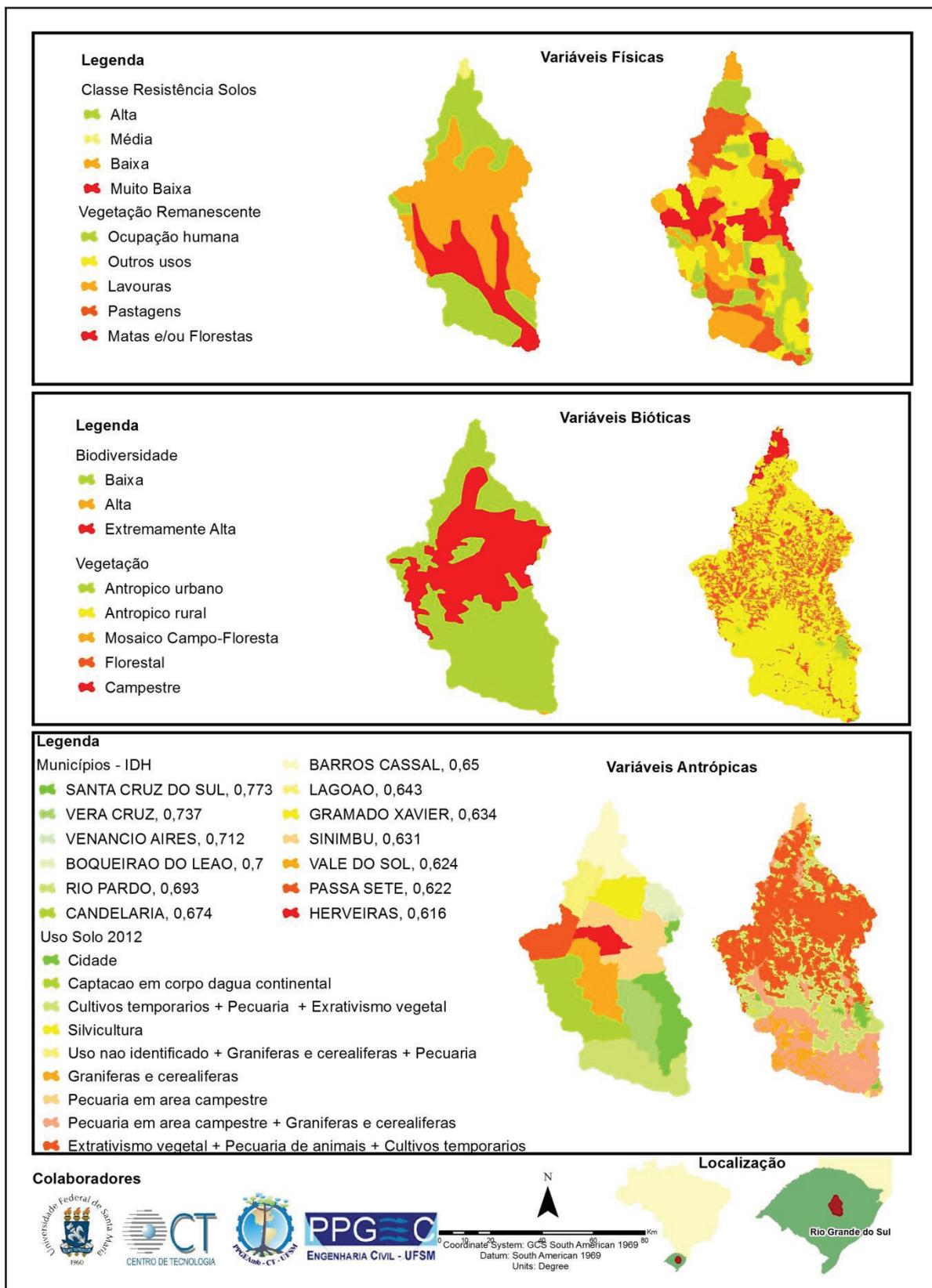


Figura 2 - Variáveis estabelecidas para o estude de AAI utilizando-se de análise de fragilidades ambientais

de um novo mapa. Inumeráveis combinações de dados podem ser realizadas por este esquema. Os pesos referidos acima são aqueles utilizados na matemática para atribuir importância diferente a cada valor, sendo que estes devem somar 100% em cada avaliação, no caso deste estudo atribuiu-se pesos iguais (50% para cada) para todas as variáveis. Cada variável possui um conjunto de classes aos quais são atribuídas notas, que variam de 0 a 255 (número de cores disponíveis no programa utilizado), mesma metodologia utilizada no projeto FRAG-RIO (MMA, 2009), quanto maior a nota atribuída mais frágil é a classe.

Os pesos e notas foram adaptados também pelos autores conforme a realidade da área de estudo e, por serem de diferentes formações, procuraram abranger de forma coerente e interdisciplinar as análises. Ainda, quando necessário, professores e pesquisadores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (PPGEAmb-UFSM) foram consultados sobre quais as classes deveriam ser consideradas mais frágeis neste estudo.

Para fins de melhor compreensão dos ambientes estudados, das variáveis utilizadas e das classes de cada variável, a seguir estes são apresentados de forma desagregada.

Ambiente físico

A figura 3 representa a fragilidade da bacia apenas para as variáveis físicas do ambiente e é chamado nesse estudo de Ambiente Físico. Para este ambiente, cada variável recebeu 50% do peso. Com o resultado destas, é possível notar que as áreas

mais frágeis estão localizadas exatamente na região de implantação das PCHs.

Neste ambiente foram consideradas duas variáveis, a primeira é o mapa de classificação dos solos do Estado do RS (Figura 4) quanto a resistência aos impactos ambientais, na escala 1:250.000, elaborado por Nestor Kampf para FEPAM (2001), o qual contempla na região de abrangência do projeto, 5 classes de solos. Estas classes de solos possuem variada resistência a impactos ambientais, em função de sua profundidade, textura, gradiente textural, drenagem, nível freático, lençol suspenso, risco de inundação, susceptibilidade à erosão, relevo, declividade, aptidão agrícola e tipo de argilomineral (MMA, 2011). É importante ressaltar que por abranger tantas variáveis, sua utilização facilita o processo e torna dispensável a utilização de outros mapas básicos como relevo e declividade.

De acordo com os fatores do solo ou do terreno, os solos são então classificados em 4 classes de resistência a impactos ambientais como consta no relatório da FEPAM (2001): alta (a); média (b); baixa (c) e muito baixa (d). Foram atribuídas notas para cada classe, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Notas atribuídas para cada classe de resistência de solo

Variável	Solos	Nota
Classes	Alta	1
	Média	127
	Baixa	191
	Muito baixa	255

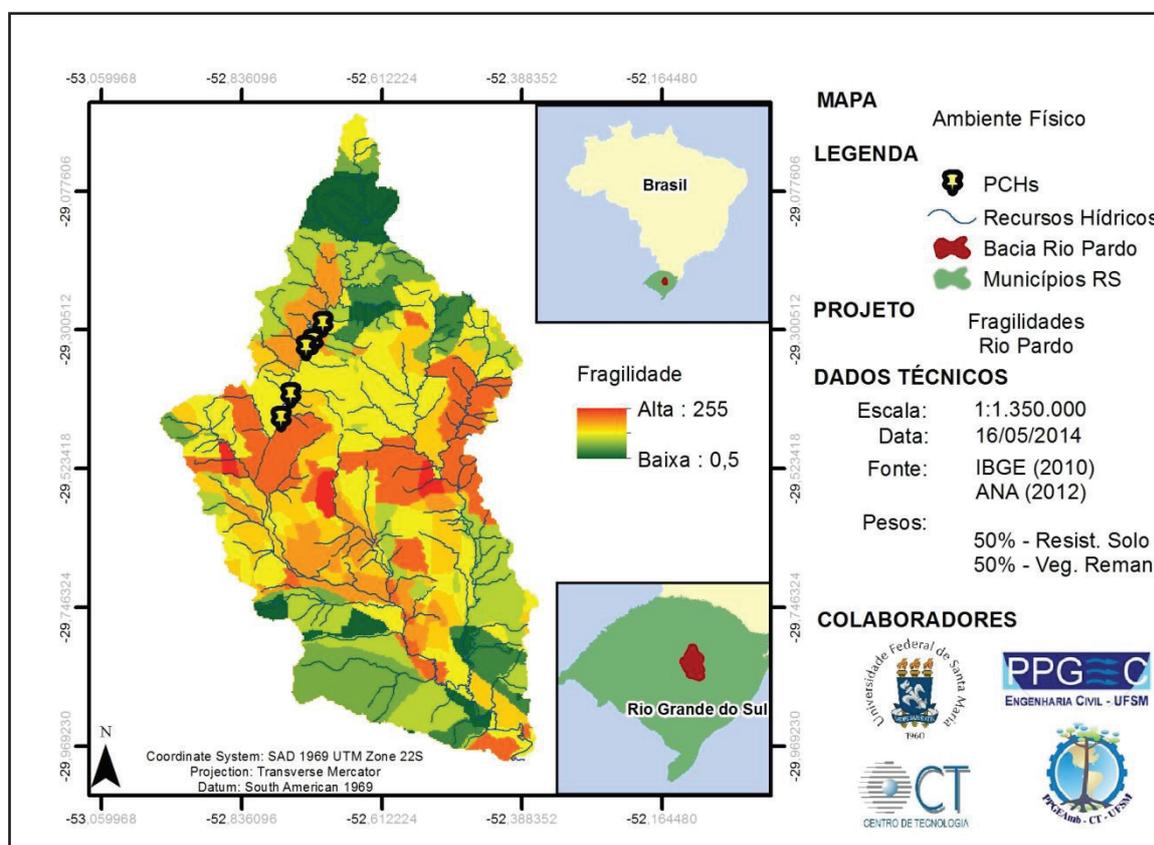


Figura 3 - Ambiente Físico na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, Rio Grande do Sul

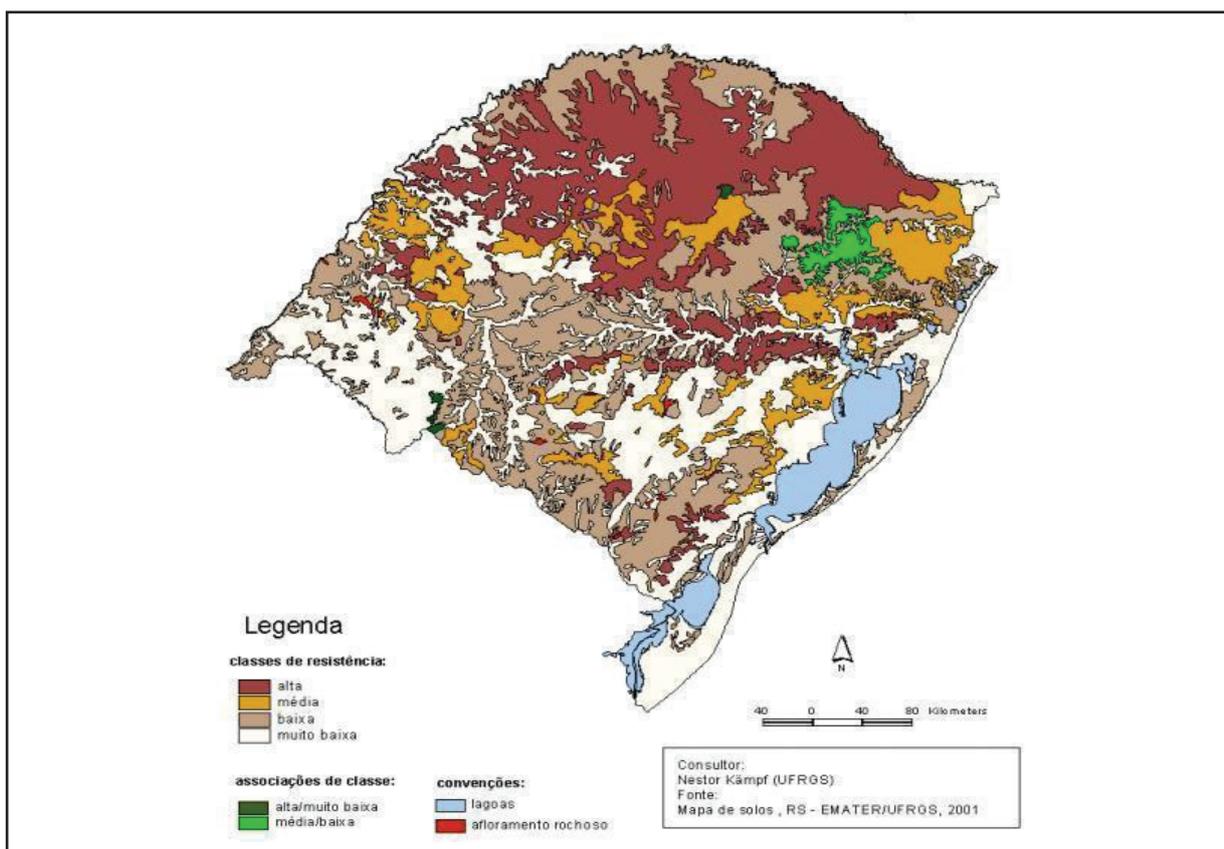


Figura 4 - Mapa de Resistência do Solo
Fonte: FEPAM (2001).

A segunda variável deste ambiente é a Vegetação Remanescente sendo que, nesta bacia, esta pode ser dividida em três grandes compartimentos, cuja expressão maior é determinada em grande medida pela topografia do terreno. A porção alta ocupa aproximadamente 20% do território da bacia, onde se localizam extensas áreas de campo e onde a atividade pecuária predomina no setor primário, sendo também encontradas áreas de florestamento com essências exóticas e pequenas lavouras de subsistência (ECOPLAN ENGENHARIA LTDA, 2005).

De norte para sul, na porção intermediária da bacia (cerca de 40% de seu território) encontram-se as áreas de relevo abrupto da encosta do Planalto, em altitudes que variam de 200 a 500 m, onde predominam as propriedades coloniais e se concentram importantes áreas cobertas por remanescentes florestais em distintos estágios de regeneração. Incluindo desde áreas muito bem conservadas, encontradas nos locais de relevo mais acidentado, nos vales dos principais cursos d'água, até áreas dominadas por vegetação secundária que ocupam lavouras abandonadas. Na porção mais a jusante da Bacia, que também responde por cerca de 40% de sua área total, encontram-se áreas planas e de relevo ondulado a suave ondulado associadas às áreas de meandro dos principais cursos d'água da Bacia (ECOPLAN ENGENHARIA LTDA, 2005).

Conforme Buffon et al. (2008), a cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo está distribuída, aproximadamente, em 1319,6 km² de matas (incluindo remanescentes de vegetação nativa e plantios de espécies vegetais exóticas –

Silvicultura), 2.323,7 km² áreas alteradas (incluindo ambientes antropizados, áreas urbanas e solo exposto). A maior parte dos remanescentes de vegetação arbórea nativa estão nas encostas e nos fundos dos vales, locais com dificuldade de acesso e/ou baixa aptidão agrícola. A bacia possui cerca de 125,73 Km² de zonas ciliares na Bacia Hidrográfica do Pardo, distribuídas em: 54,28 km² de matas (incluindo remanescentes de vegetação nativa e plantios de espécies vegetais exóticas Silvicultura) e 71,45 Km² de áreas alteradas (incluindo ambientes antropizados, áreas urbanas e solo exposto). Considerando estes estudos, as notas atribuídas para cada classe dessa variável estão sendo demonstradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Notas atribuídas para cada classe de vegetação remanescente

Variável	Veg. remanescente	Nota
Classes	Ocupação humana	0
	Outros usos	64
	lavoura	127
	pastagens	191
	Mata/florestas	255

Ambiente Antrópico

A Figura 5 representa a fragilidade da bacia apenas para as variáveis antrópicas do ambiente e é chamado nesse estudo de Ambiente Antrópico. Para este ambiente, cada variável tam-

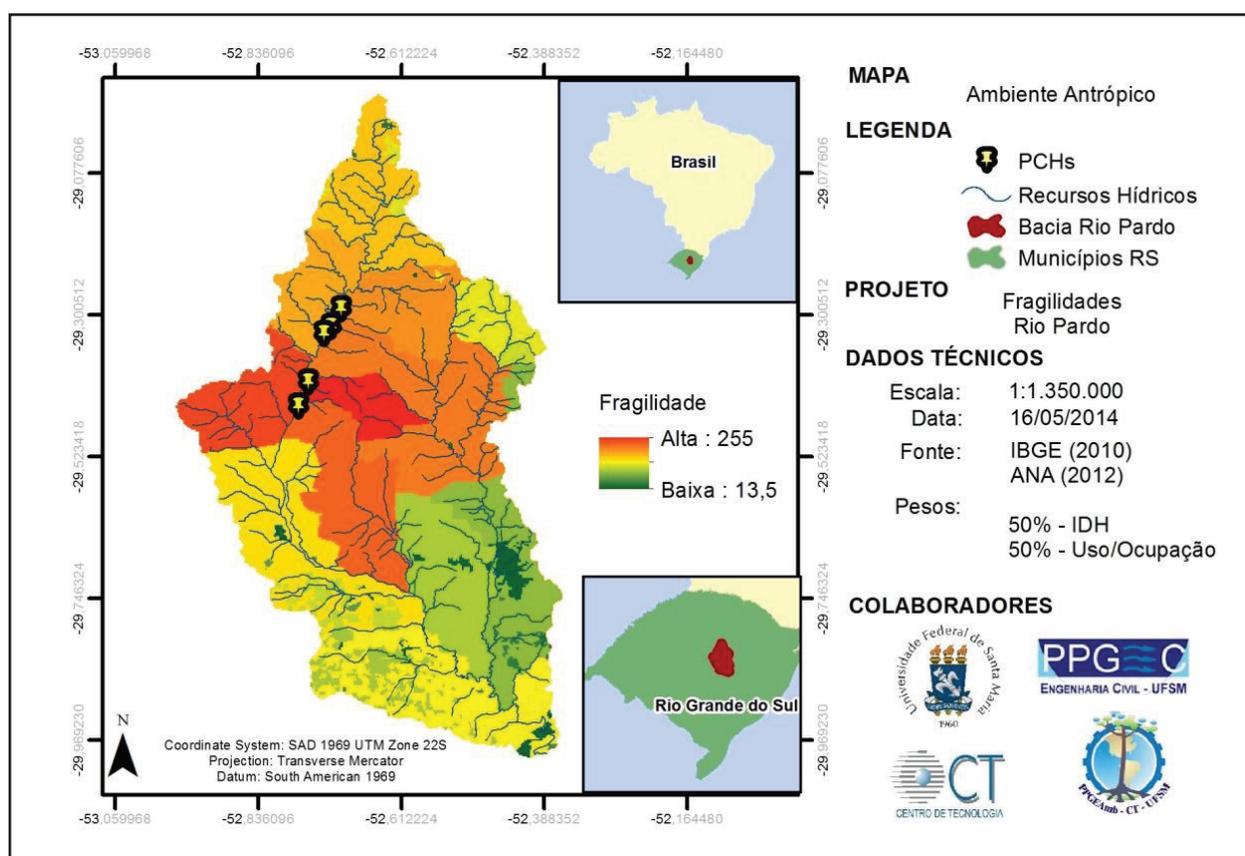


Figura 5 - Ambiente Antrópico na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, Rio Grande do Sul

bém recebeu 50% do peso. Nota-se, também, que as áreas mais frágeis, em tons de vermelho, estão localizadas exatamente na região de implantação das PCHs.

A variável socioeconômica utilizada foi o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), que mensura a qualidade de

Tabela 3 - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M, dos municípios da Bacia do Rio Pardo

Município	IDH-M(2010)
Brasil	0.727
Barros Cassol (RS)	0.65
Boqueirão do Leão (RS)	0.7
Gramado Xavier (RS)	0.634
Sinimbu (RS)	0.631
Rio Pardo (RS)	0.693
Santa Cruz do Sul (RS)	0.773
Venâncio Aires (RS)	0.712
Vera Cruz (RS)	0.737
Lagoão (RS)	0.643
Herveiras (RS)	0.616
Passa Sete (RS)	0.622
Vale do Sol (RS)	0.624
Candelária (RS)	0.674
Média da bacia	0.670

Fonte: Adaptado do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2010)

vida humana, como os aspectos relacionados ao desenvolvimento humano e a qualidade do ambiente construído. As variáveis de desenvolvimento humano são as mesmas usadas no cálculo do IDH municipal, separadas em um indicador de qualidade de vida e outro de renda (BRAGA et al., 2004).

A fragilidade determinada pela avaliação do IDH dos municípios inseridos na Bacia do Rio Pardo, dados retirados do Atlas do Desenvolvimento Humano do Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento (PNUD, 2010) referente ao ano 2010, apresentam baixos valores de IDH-Municipal no ano de 2010 em comparação ao índice nacional, com exceção dos municípios de Santa Cruz do Sul e Vera Cruz (Tabela 3).

Considerando que a composição do Índice de Desenvolvimento Humano é resultado da média aritmética de três indicadores (renda, expectativa de vida e educação) e fazendo uma análise isolada dos indicadores, os setores educação e renda foram os que apresentaram a menor média em comparação ao índice nacional, com exceção dos Municípios Santa Cruz do Sul e Vera Cruz (Tabela 4).

A variável educação, composta do índice da alfabetização de adultos, mede o percentual de adultos alfabetizados e a escolarização bruta combinada, englobando tanto a educação no primário como no secundário e superior. Por sua vez, é o índice que mais representa o IDH dos municípios. Quando correlacionada com o índice renda, mostra que o investimento em educação é provavelmente uma função de ganhos financeiros atuais e futuros. Da mesma forma, correlacionando a

Tabela 4 - Detalhamento dos fatores que compõe do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M, dos municípios da Bacia Rio Pardo

Município	IDH-M Educação (2010)	IDH-M Renda (2010)	IDH-M Longevidade (2010)
Brasil	0.637	0.739	0.816
Barros Cassol (RS)	0.5	0.69	0.795
Boqueirão do Leão (RS)	0.562	0.725	0.843
Gramado Xavier (RS)	0.473	0.681	0.792
Sinimbu (RS)	0.456	0.697	0.792
Rio Pardo (RS)	0.56	0.702	0.846
Santa Cruz do Sul (RS)	0.693	0.782	0.852
Venâncio Aires (RS)	0.6	0.736	0.818
Vera Cruz (RS)	0.643	0.738	0.842
Lagoão (RS)	0.505	0.641	0.822
Herveiras (RS)	0.441	0.67	0.792
Passa Sete (RS)	0.482	0.639	0.782
Vale do Sol (RS)	0.439	0.681	0.813
Candelária (RS)	0.521	0.699	0.842
Média da bacia	0.537	0.701	0.818

Fonte: Adaptado do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2010)

educação com o índice expectativa de vida, a educação pode render frutos para o aumento da expectativa de vida, pois esta é calculada levando também em consideração o acesso a educação (SCARPIN; LOMSKI, 2007).

O detalhamento desses fatores visa refletir o quanto dessa população encontra-se num patamar com menor instrução, portanto, potencialmente menos qualificados para o mercado de trabalho e com menor poder de auferir melhores rendimentos.

Nesse estudo foram atribuídas notas para cada classe dessa variável correspondente ao índice de desenvolvimento humano de cada município, demonstrados na tabela 5. As notas mais frágeis foram atribuídas para os municípios que possuem menor índice, para o IBGE os valores destes municípios são considerados de médio a alto, porém como a análise está sendo feita em nível de bacia hidrográfica, dentro desta bacia o mais frágil é o município de Herveiras e o menos frágil é o município de Santa Cruz do Sul.

Tabela 5 - Notas atribuídas para cada classe de IDH dos Municípios

Variável	Municípios	IDH	NOTA
Classes	Herveiras	0.616	225
	Passa Sete	0.622	236
	Vale do Sol	0.624	217
	Sinimbu	0.631	198
	Gramado Xavier	0.634	179
	Lagoão	0.643	160
	Barros Cassol	0.65	141
	Candelária	0.674	122
	Rio Pardo	0.693	103
	Boqueirão do Leão	0.7	84
	Venâncio Aires (RS)	0.712	65
	Vera Cruz (RS)	0.737	46
	Santa Cruz do Sul (RS)	0.773	27

Através do mapa de uso e ocupação do solo gerado a partir de imagens de satélites e disponibilizado pelo IBGE, é possível indicar a perda de áreas produtivas pela potencial instalação de empreendimentos hidroelétricos na área da bacia,

e esta foi a segunda variável utilizada no ambiente antrópico. Neste caso, foram consideradas mais frágeis as ocupações que menos alteram o ambiente frente ao seu modo de produção, o que consequentemente acaba por preservar os potenciais ecossistêmicos do meio.

No vale do rio Pardo transcorreu a primeira fase da ocupação europeia da região, com a implantação de Rio Pardo e o desenvolvimento da atividade pecuária e comercial. Na bacia registra-se a pecuária capitalista e familiar de bovinos e os sistemas de produção familiar comercial e patronal, bem como capitalista, de arroz irrigado. As famílias de estancieiros da região dividem espaço com uma nova leva de ocupação de agricultores de outras regiões, que se instalaram frente à perspectiva de exploração da cultura do arroz, sendo relativamente recente em termos regionais se comparado à pecuária e a agricultura familiar de milho e fumo (SEMA, 2005).

A partir desse levantamento, estão representadas na tabela abaixo (Tabela 6) as notas atribuídas nesse estudo para cada classe dessa variável, correspondente ao uso e ocupação do solo, seguindo o mesmo raciocínio de que as áreas mais frágeis receberam maior peso.

Tabela 6 - Notas atribuídas para cada classe de Uso e Ocupação do Solo do RS

Variável	Uso e cobertura do solo - 2012	NOTA
Classes	Captação para abastecimento em corpo d'água continental	1
	Cidade	0
	Cultivo temporários diversificados + pecuária de animais de grande porte + extrativismo vegetal em área florestal	255
	Extrativismo vegetal em área florestal + pecuária de animais de grande porte + Cultivo temporários diversificados	255
	Graníferas e cerealíferas	192
	Pecuária de animais de grande porte em área campestre + Graníferas e cerealíferas	255
	Pecuária de animais de grande porte em área campestre + pecuária de animais de médio porte em área campestre	255
	Silvicultura	127
	Uso não identificado em área florestal + Graníferas e cerealíferas + Pecuária de animais de grande porte	63

Ambiente Biótico

A figura 6 representa a fragilidade da bacia apenas para as variáveis bióticas do ambiente, tendo sido denominado nesse estudo de Ambiente Biótico. Para este ambiente cada variável também recebeu 50% do peso. Como nos outros ambientes (Físico e Antrópico) as áreas mais frágeis, em vermelho, também estão localizadas na região de implantação das PCHs.

Para este ambiente as variáveis estudadas foram: Vegetação e Prioridade de Biodiversidade. Neste sentido, a região se caracteriza pelas mais variadas formas de vegetação, com áreas campestres, pastagens melhoradas, cultivos diversificados e, nas planícies próximas aos rios, pela predominância da cultura de arroz irrigado, associada à criação de gado. Na encosta da Serra Geral, encontram-se resquícios de floresta ombrófila mista. Já no

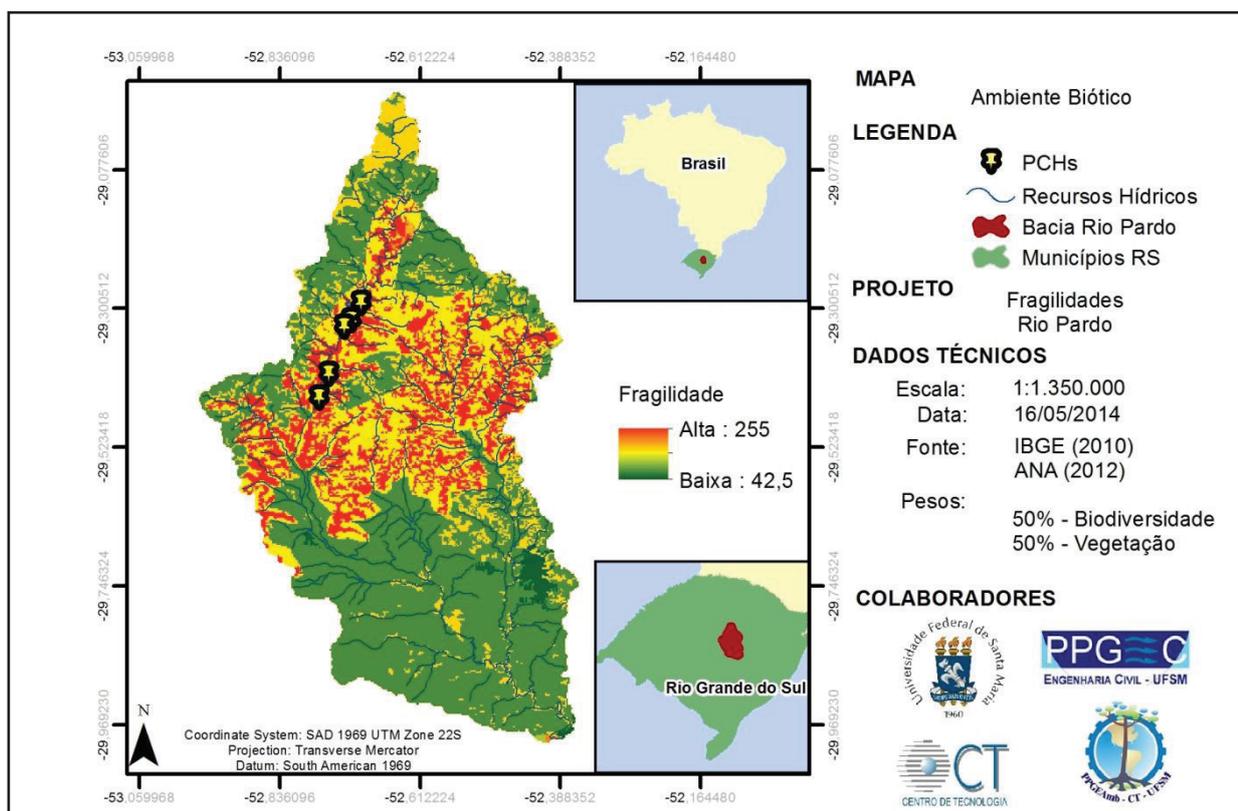


Figura 6 - Ambiente Biótico na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, Rio Grande do Sul

Tabela 7 - Caracterização da flora da área de estudo

Flora (estrato superior)	Flora (sub-bosque)
Araucária	Camboatá
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.
Canela-lageana	Açoita-cavalo
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.
Umbu	Ipê
<i>Phytolacca dioica</i> L.	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A.DC.) Mattos
Cedro	Erva-mate
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.
Louro	Jacarandá
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.
Angico	
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	
Grápia	
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	
Guajuvira	
<i>Cordia americana</i> (L.) Gottshling & J.E.Mill.	
Espinilho	
<i>Acacia caven</i> (Molina) Seigler & Ebinger	
Tarumã	
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	
Timbaúva	
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	

estrato superior encontram-se espécies nativas citadas na tabela 7. Na porção meridional do território, até a altura de Venâncio Aires, Santa Cruz do Sul, Vera Cruz e Candelária, existem ainda as matas de galeria ao longo dos vales dos rios. A vegetação

campestre, nitidamente herbácea, cobria grandes extensões de solo. No estrato secundário desenvolve-se uma vegetação arbórea do tipo sub-bosque (COREDE, 1998).

A região do Vale do Rio Pardo apresenta também

Tabela 8 - Caracterização da fauna da área de estudo

Mastofauna especialista	Mastofauna (demais espécies)	Herpetofauna
Cuíca d'água <i>Chironectes minimus</i> (Zimmermann, 1780)	Macaco-prego <i>Cebus nigrilus</i> (Goldfuss, 1809)	Cágado <i>Phrynosoma williamsi</i> (Rhodin & Mittermaier, 1983)
Lontra Lontra longicaudis (Olfers, 1818)	Bugio-ruivo <i>Alouatta guariba clamitans</i> (Cabrera, 1940)	Lagarto <i>Tupinambis merrianae</i> (Linnaeus, 1758)
Rato d'água <i>Nectomys squamipes</i> (Brants, 1827)	Tatu-galinha <i>Dasypus novemcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Corredeira-lisa <i>Thamnodynastes strigatus</i> (Günther, 1858)
Paca <i>Cuniculus paca</i> (Linnaeus, 1766)	Gambá-de-orelha-branca <i>Didelphis albiventris</i> (Lund, 1840)	Sapo cururu <i>Rhinella ictérica</i> (Spix, 1824)
Capivara <i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	Cachorro-do-mato <i>Cercopithecus thous</i> (Linnaeus, 1766)	Rã <i>Limnomedusa macroglossa</i> (Duméril & Bibron, 1841)
	Irara <i>Eira barbara</i> (Linnaeus, 1758)	Perereca <i>Scinax fuscovarius</i> (Lutz, 1925)
	Quati <i>Nasua nasua</i> (Linnaeus, 1766)	
	Mão-pelada <i>Procyon cancrivorus</i> (Cuvier, 1798)	
	Leopardo sp. <i>Leopardus</i> sp.	
Avifauna ameaçada de extinção	Fauna aquática	Avifauna
Papagaio-charão <i>Amazona pretrei</i> (Temminck, 1830)	Dourado <i>Salminus brasiliensis</i> (Cuvier, 1816)	Gavião-tesoura <i>Elanoides forficatus</i> (Linnaeus, 1758)
Jacutinga <i>Pipile jacutinga</i> (Spix 1825)	Piapara <i>Leporinus obtusidens</i> (Valenciennes, 1837)	Sabiá-poca <i>Turdus amaurochalinus</i> (Cabanis, 1850)
Sabiá-cica <i>Tricharia malachitice</i> (Spix, 1824)	Grumatã <i>Prochilodus lineatus</i> (Valenciennes, 1837)	Sabiá-laranjeira <i>Turdus rufiventris</i> (Vieillot, 1818)
	Pintado <i>Pimelodus pintado</i> (Azpelicueta, Lundberg & Loureiro, 2008)	Tico-tico-rei <i>Lanio cucullatus</i> (Statius Muller, 1776)
		Neinei <i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus, 1766)
		Andorinha-serradora <i>Stelgidopteryx ruficollis</i> (Vieillot, 1817)

uma grande diversidade de espécies em sua fauna. Dentre as espécies de mamíferos, podem ser encontradas na região espécies especialistas que têm como habitat margens ou leito de cursos -d'água, sendo restritas a estes ambientes (BORGES; TOMÁS, 2004; REIS et al., 2005; REIS et al., 2006; SILVA, 1994; e) e outras espécies (ABREU JR; KÖLER, 2009). Há ainda espécies componentes da herpetofauna e avifauna (Tabela 8). Na porção intermediária da Bacia (Herveiras, PassaSete, Sinimbu e Vale do Sol) concentram-se populações significativas de elementos da fauna do Estado, incluindo espécies ameaçadas de extinção, com especial destaque para o grupo das aves (ECOPLAN ENGENHARI LTDA, 2005). Na região da bacia é possível, encontrar também, espécies migratórias de peixes (ALVES; FONTOURA, 2009).

Tabela 9 - Notas atribuídas para cada classe de biodiversidade e vegetação

Variável	Prioridade/biodiversidade	Nota
Classe	Alta	170
	Extremamente alta	255
	Baixa	85
Variável	Vegetação	Nota
Classe	Campestre	255
	Antrópico Rural	64
	Florestal	255
	Mosaico Campo Florestal	127
	Antrópico urbano	0

O mapa de prioridade para biodiversidade do Brasil, disponibilizado pelo MMA, e utilizado neste trabalho, define o grau de prioridade de cada área conforme sua riqueza biológica, importância para as comunidades tradicionais e povos indígenas e sua vulnerabilidade. Sendo assim, foram estipulados as notas a serem utilizados em cada classe de acordo com sua importância em seu habitat (Tabela 9).

Cenários

Posteriormente a criação de cada ambiente, se iniciaram os processos de fragilidades, onde foram criados três (3) cenários. Cada cenário possui um peso maior para o ambiente ao qual está nomeado. Dessa forma, as discussões podem ser melhor identificadas em cada mapa (Tabela 10). A figura 7 apresenta de forma resumida os passos da pesquisa e a representação gráfica da álgebra de mapas.

Tabela 10 - Valores atribuídos para desenvolver os mapas de fragilidade de cada cenário

Cenários	Variáveis	Pesos (%)
Cenário 1 Fragilidade Física	Amiente Físico	50
	Ambiente Biótico	25
	Ambiente Antrópico	25
	Total	100
Cenario 2 Fragilidade Biótica	Amiente Físico	25
	Ambiente Biótico	50
	Ambiente Antrópico	25
	Total	100
Cenario 3 Fragilidade Antrópica	Amiente Físico	25
	Ambiente Biótico	25
	Ambiente Antrópico	50
	Total	100

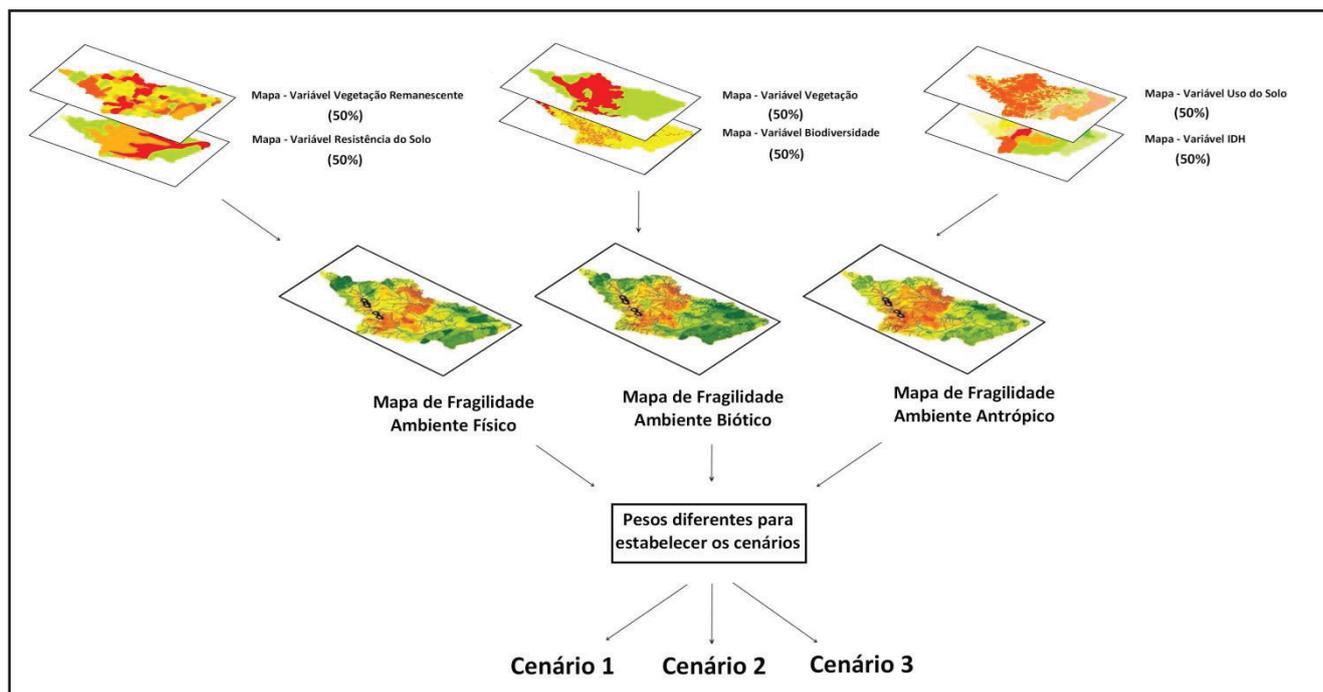


Figura 7 - Representação gráfica da álgebra de mapas

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As PCHs são consideradas empreendimentos de reduzido impacto ambiental, face ao melhor aproveitamento das quedas naturais dos rios, pois não dependem da construção de grandes barragens, restringindo as áreas inundadas (ANEEL, 2003). Apesar disso, os resultados demonstraram que os locais escolhidos para a construção dos cinco empreendimentos possuem a classificação entre média e alta fragilidade ambiental.

A partir das variáveis analisadas, são esboçados em mapas-síntese os resultados obtidos. Abaixo são apresentados os três cenários (Figuras 8, 9 e 10), construídos a partir dos pesos estabelecidos anteriormente (Tabela 10).

No cenário onde há destaque para a fragilidade física (Figura 8), a fragilidade foi considerada entre média e alta. As áreas de baixa fragilidade foram aquelas de maior estabilidade topográfica, onde predominam as áreas de relevo ondulado, mais a jusante e montante da bacia. A maior declividade ocorre na porção intermediária da bacia, ou seja, o relevo tende a ser mais acentuado nesta parte, exatamente no local da instalação das futuras PCHs. Assim, a região onde se propõe a instalação das cinco PCHs, atenderia, em termos de potencial energético, os pré-requisitos necessários a sua implantação, devido a sua declividade, entretanto, este ambiente apresenta baixa resistência e suscetibilidade do solo, e ainda diversos usos, como pastagens, lavouras, além de matas e florestas.

As alterações na morfologia fluvial concentram-se na porção central da Bacia, ou seja, a jusante da área de instalação das PCHs, tendo sido identificados problemas como assoreamentos dos leitos das drenagens, desbarrancamentos das margens, retificação no traçado fluvial natural e entulhamento das calhas dos rios e arroios da bacia, e que possuem vinculação direta com a supressão da vegetação ciliar e com o uso inadequado do solo.

Também na parte intermediária da Bacia, é onde se localizam importantes áreas de vegetação remanescente, principalmente nas encostas e áreas de difícil acesso (ECOPLAN ENGENHARIA LTDA, 2005), o que contribuiu para a alta e média fragilidade encontrada nesse cenário.

A implantação das futuras PCHs demandará remoção da vegetação e conseqüente exposição do solo, o que pode favorecer processos erosivos. Como a região das futuras PCHs está localizada em área de alta declividade e relevo abrupto, esses problemas ambientais poderão ser potencializados e intensificados.

Com as instalações das PCHs, as faixas marginais de alguns cursos d'água da bacia serão diretamente afetados, sendo essas áreas consideradas de preservação permanente. De acordo com a Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012), as áreas de preservação permanente têm a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

No cenário onde há destaque para a fragilidade biótica (Figura 9), a fragilidade também foi considerada entre média e alta. A fundamentação desta realidade se dá através das informações disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente, que considera esta região de suma importância, podendo ser classificada como de "prioridade extremamente alta" para a conservação da biodiversidade no estado.

Conforme o Conselho Regional de Desenvolvimento do Vale do Rio Pardo (COREDE, 1998), a região de possível instalação de PCHs caracteriza-se por apresentar como cobertura a Floresta Estacional Decidual, e em alguns locais há agricultura em áreas anteriormente cobertas por florestas. Com ocorrência de araucária, *Araucaria angustifolia* (KUNTZE, 1898) e palmito-juçara, *Euterpeedulis* (MARTIUS, 1824), além da presença de

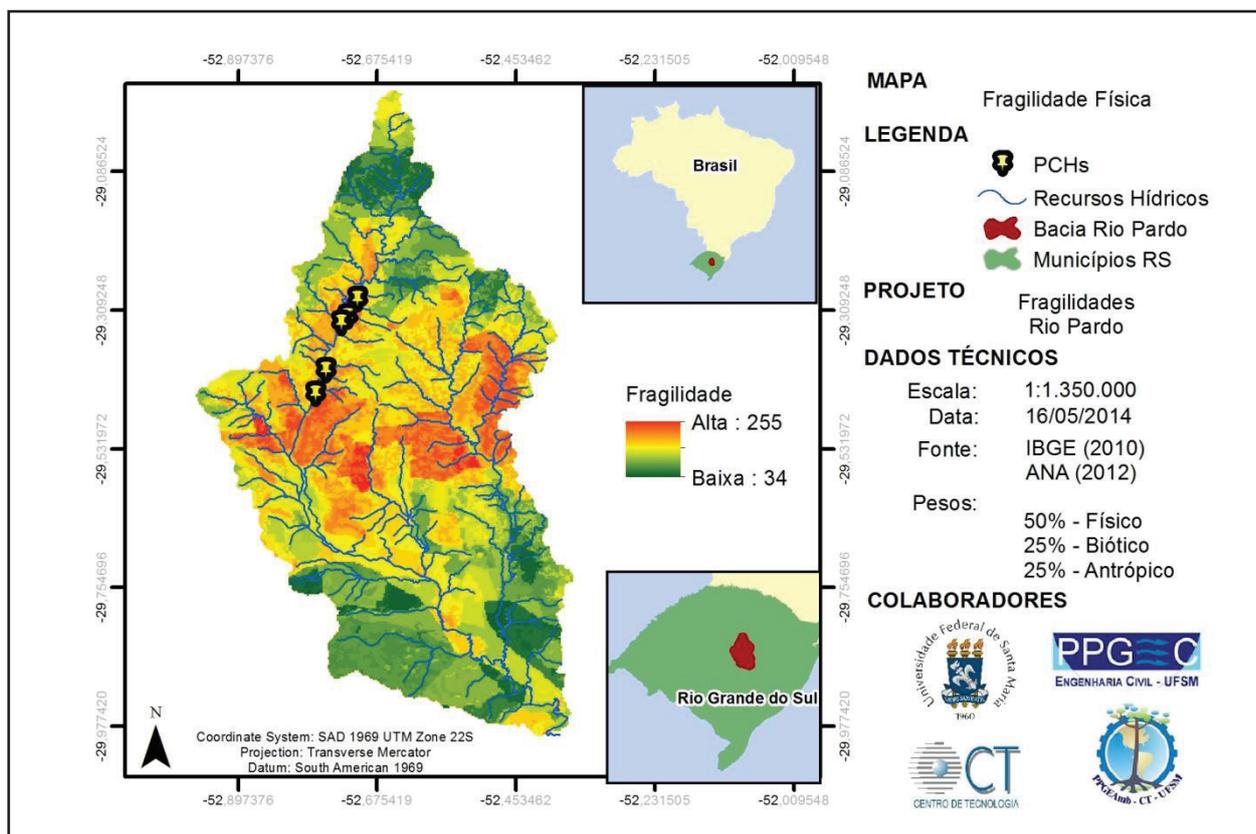


Figura 8 - Fragilidade Física na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, Rio Grande do Sul

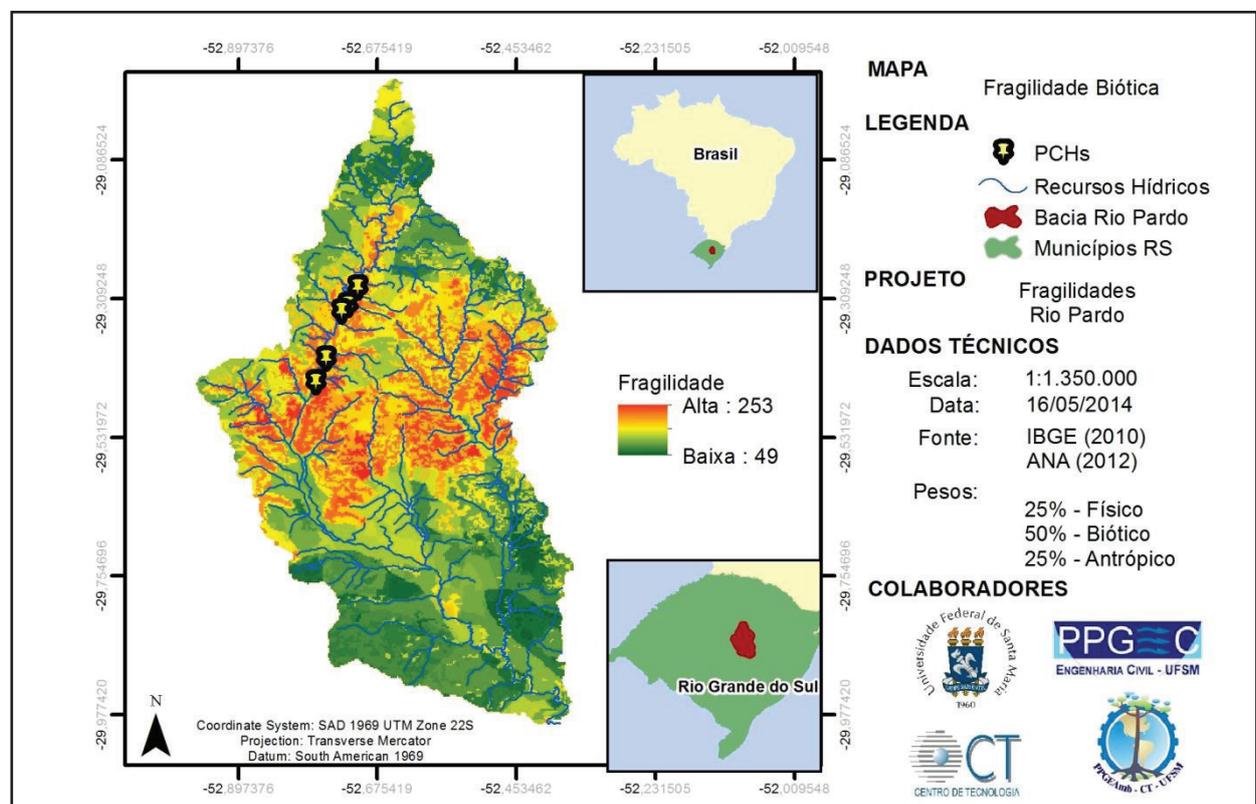


Figura 9 - Fragilidade Biótica na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, Rio Grande do Sul

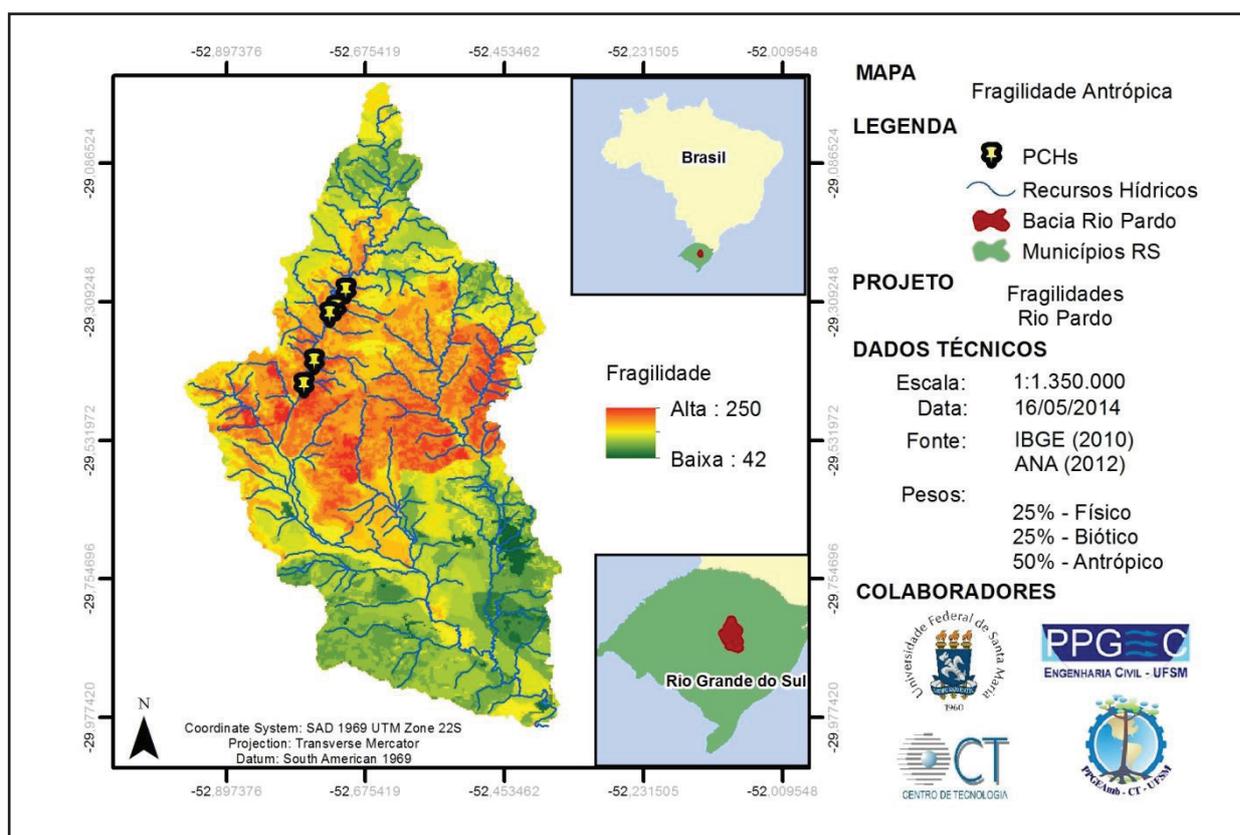


Figura 10 - Fragilidade Antrópica na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, Rio Grande do Sul

mamíferos e aves ameaçados de extinção no RS, como o papagaio-charão, *Amazona pretrei* (Temminck, 1830), a jacutinga, *Pipile jacutinga* (Spix 1825), sabiá-cica, *Triclarina malachitace* (Spix, 1824), bugio-ruivo, *Alouatta guariba clamitans* (Cabreria, 1940), *Leopardus* sp., Irara, *Eira barbara* (Linnaeus, 1758) e o quati, *Nasua nasua* (Linnaeus, 1766).

Entre as principais ameaças locais para a biodiversidade está a presença de espécies exóticas, caça e pesca predatórias, uso de agrotóxicos, captura de fauna e flora silvestres para tráfico, bombeamento de água para irrigação sem licenciamento, expansão de áreas agrícolas, extração de madeira, isolamento e fragmentação de habitat.

Do ponto de vista biológico, a fragmentação de habitats é considerada uma das perturbações mais preocupantes provocadas pela instalação de PCHs, devido a construções de barragens, que alteram o regime hidrológico natural de escoamento ou desvio da faixa de vazão natural. A fragmentação destes ambientes ocasiona uma grande e contínua redução na área de habitats e descontinuidade de corredores ecológicos, resultando na perda destes ambientes e biota associada (BECKER; RAMOS; MOURA, 2006; PINHEIRO; MORAIS, 2010; PRIMACK; RODRIGUES, 2005;).

Este fracionamento é prejudicial para espécies consideradas sensíveis como os peixes migradores, pois reduzem o acesso aos habitats que atendem às exigências das espécies, como os ambientes de desova e alimentação nos períodos de piracema, diminuindo assim, o número de indivíduos de uma mesma espécie ou até mesmo reduzindo o tamanho da população e aumentando a probabilidade de extinção local (HENNING; SOLL, 2010).

Para o cenário onde há destaque para a fragilidade antrópica (Figura 10), a fragilidade continuou sendo entre média e alta. A implantação das futuras PCHs elevarão o contingente populacional dos municípios envolvidos, considerando-se a contratação de mão-de-obra de outras localidades. Essas alterações na dinâmica demográfica do município poderão gerar desordens sociais, pois há grande possibilidade de desarmonias nos costumes da população imigrante em contato com a população local, originando comportamentos socialmente reprováveis pela comunidade residente (TEIXEIRA; SIMIONI, 2010).

Como a região das futuras PCHs se configura como de baixa densidade populacional, não havendo núcleos populacionais, serão afetadas as regiões circunvizinhas ao canteiro de obras. Dessa forma, poderá haver a saturação da estrutura urbana, com a concentração de trabalhadores da área de construção civil, crescendo a procura por bens, serviços e produtos locais. Setores como habitação, saúde, transporte, alimentação, lazer e segurança pública, sofrerão acréscimo de procura, ou seja, demandas que os municípios em geral têm dificuldades de atender de modo suficiente. Igualmente, poderá haver uma sobrecarga dos serviços de comunicação, energia elétrica e saneamento básico.

Segundo Vecchia (2012) a implantação das PCHs acarreta a sobrecarga do sistema viário, aumento do fluxo de veículos, o que elevaria o tráfego da região. Acarreta também problemas como o acréscimo na geração de efluentes, de resíduos domésticos e sanitários, modificando a característica local e afetando a qualidade de vida da população.

Quanto à alteração no uso e ocupação do solo, durante

a etapa de implantação das PCHs, a construção da infraestrutura básica de apoio e limpeza da área com escavações, serviços de terraplanagem e compactação, haverá a desestruturação da dinâmica do terreno. Igualmente, na fase de enchimento do reservatório com a submersão da área, em menor grau pelas instalações do conduto forçado, casa de força e canal adutor, ocorrerá alteração da paisagem com relação ao uso e ocupação do solo (SEMAD, 2011), pois esses locais atualmente direcionam-se para a atividade agropecuária, especialmente de pecuária de corte.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos do estudo de fragilidade ambiental para a implantação de Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs) em cascata na Bacia do Rio Pardo e estabelecidos os critérios e ponderando-se pesos a fim de priorizar os diferentes meios, em todos os mapas finais de fragilidades para os meios físico, antrópico e biótico os resultados constatam que os locais escolhidos para a construção desses cinco empreendimentos possuem a classificação entre média e alta fragilidade.

A implantação das PCHs pode acarretar a extinção de espécies da fauna e flora locais, além de outros impactos no ambiente, como quebra de fluxo de energia e nutrientes para diversas espécies, remoção da vegetação, exposição do solo, o que pode favorecer processos erosivos e assoreamento dos rios. Além disso, os municípios e regiões escolhidos para a implementação desses empreendimentos possuem menor resiliência diante de modificações desse porte.

Através da análise desagregada para cada meio analisado foram considerados dois critérios, resultando que as áreas em que se pretende implantar as PCHs são áreas de média e alta fragilidades. A análise integrada no nível de agregação de blocos dos meios físico, biótico e antrópico, corroborou e confirmou os resultados de que as áreas em que se pretende construir as PCHs apresentam média e alta fragilidade, como demonstraram os mapas desagregados, portanto, o uso desses ambientes deve ser estudado e planejado com cautela para que não se altere ou para que se consiga manter algumas funções e padrões ecossistêmicos, para assim não ocorrerem alterações irreversíveis nesse hábitat.

Apesar do Estudo de Impacto Ambiental apresentar o detalhamento socioambiental da área licenciada, a partir dessa pesquisa foi possível perceber, que o estudo da fragilidade ambiental de forma integrada pode ser uma ferramenta mais completa para subsidiar a definição de diretrizes para o licenciamento ambiental, em especial para a situação de carência de dados espacialmente distribuídos que é comum na análise de bacias hidrográficas. Muitas vezes, dada a necessidade do processo de tomada de decisões, o grau de desenvolvimento da análise deve buscar uma solução ótima entre o nível de sofisticação do modelo e o número e qualidade dos dados das variáveis indicadoras, ou seja, o grau de redução de incertezas do modelo, e o tempo disponível para a tomada de decisão. Estudos rápidos de fragilidades podem ser um primeiro passo para se evitar que decisões sejam tomadas sem uma visão integrada da bacia hidrográfica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e aos Grupos de Pesquisa em Gestão dos Recursos Hídricos (GERHI – UFSM) e Laboratório Interdisciplinar em Ciências Ambientais (LICA – UNIPAMPA) pelo suporte na elaboração desse trabalho.

REFERÊNCIAS

ABREU JR, E. F.; KÖHLER, A. Mastofauna de médio e grande porte na RPPN da UNISC, RS, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 9, n. 4. p. 169-174, 2009.

ALVES, T. P.; FONTOURA, N. F. Statistical distribution models for migratory fish in Jacuí basin, South Brazil. *Neotropical Ichthyology*, v. 7, n. 4, p. 647-658, 2009.

ANA - Agência Nacional de Águas.. Regiões Hidrográficas Atlântico Sul. 2012. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/AtlanticoSul.aspx>>. Acesso em: 10 maio 2014.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2002.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. *Guia do empreendedor de pequenas centrais hidrelétricas*. Agência Brasília: Nacional de Energia Elétrica, 2003.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. *Resolução ANEEL N. 394, de 4 de dezembro de 1998*. Brasília: Nacional de Energia Elétrica, 1998. Disponível em: <http://www.ian.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_federal/RESOLUCAO_ANEEL_394_1998.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2014.

BARBOSA, C. C.; CAMARA, G.; MEDEIROS, J.S.; CREPANI, E.; NOVO, E.; CORDEIRO, J. P. C. Operadores Zonais em Álgebra de Mapas e Sua Aplicação a Zoneamento Ecológico-Econômico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., Santos, 1998. *Anais...* [S.l.]: INPE, 1998. p. 487-500.

BECKER, F. G.; RAMOS, R. A.; MOURA, L. A. (Org.). Biodiversidade. Regiões da Lagoa do Casamento e Butiazaís de Tapes. Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, MMA/SBF, 2006.

BORGES, P. A. L.; TOMÁS, W. M. *Guia de rastros e outros vestígios de mamíferos do pantanal*. Corumbá: Embrapa Pantanal, , 2004.

BRAGA, T. M.; FREITAS, A. P. G.; DUARTE, G. S.; CAREPA-SOUSA, J. Índices de Sustentabilidade municipal: o desafio mensurar. *Nova Economia*, v. 14, n. 3, p. 11-33, set.-dez. 2004.

- BRASIL. *Lei Federal 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: [s.n.], 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 5 maio 2014.
- BRASIL. *Resolução CONAMA n. 001, de 23 de janeiro de 1986*. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília: MMA, 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 10 maio 2014.
- BUFFON, S. A.; SCHEEREN, L. W.; SOUZA, L. F.; SILVEIRA, L.K.; BERNINI, S. M. *Parecer Documento DAT-MA n. 1154/2008 - Unidade De Assessoramento Ambiental Geoprocessamento – Bacias Hidrográficas*. [Porto Alegre]: Ministério Público do Rio Grande do Sul. Divisão de Assessoramento Técnico, 2008.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO. Disponível em: <<http://www.comitepardo.com.br/>>. Acesso em: 13 maio 2014.
- COREDE-VRP - Conselho Regional de Desenvolvimento do Vale do Rio Pardo. *Plano Estratégico de Desenvolvimento do Vale do Rio Pardo*. Santa Cruz do Sul: Edunisc, 1998.
- ECOPLAN ENGENHARIA LTDA. *Diagnóstico dos recursos hídricos da Bacia do Rio Pardo*. Porto Alegre: SEMA – Departamento de Recursos Hídricos, 2005.
- ESRI. *ArcGIS Manuals*. Redlands: ESRI, 2008.
- FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. *Sistema de Licenciamento Ambiental*. Porto Alegre: FEPAM, [2014?]. Disponível em <<http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/area3/lista1.asp?buscar=2&tipoBusca=cpfcnpj&cpfcnpj=13995513000121>>. Acesso em: 10 maio 2014.
- FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. *Mapa de Classificação dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul quanto à Resistência a Impactos Ambientais*. Porto Alegre: FEPAM, 2011. Relatório final de consultoria elaborado por Nestor Kämpf. Mapa em meio digital.
- HENNINGS, L.; SOLL, J. *Wildlife corridors and permeability: a literature review*. [S.l.]: Metro Sustainability Center, 2010. Disponível em: <<http://pcjv.org/docs/Urban%20Wildlife%20Corridors%20Effectiveness.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2013.
- HOMRICH, A. S.; CASAROTTO FILHO, N. Análise comparativa de investimentos no setor elétrico: implantações de pequenas centrais hidrelétricas x linhas de transmissão. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO- ENEGEP, 26. Fortaleza, 2006. *Anais...* Fortaleza: [s.n.], 2006.
- IBGE. *Projeto Levantamento e Classificação do Uso da Terra - Uso da Terra no Estado do Rio Grande do Sul*. Relatório Técnico. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/usoterra_rs.pdf>. Acesso em: 10 maio 2014.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. *Desenvolvimento Metodológico e Tecnológico para Avaliação Ambiental Integrada Aplicada ao Processo de Análise de Viabilidade de Hidrelétricas*. FRAG-RIO. [Brasília]: MMA, 2011. Relatório Etapa 2. Convênio FINEP/UFSM/UNIPAMPA. Processo n. 520204/2008-5. Junho de 2011.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. *Mapa das Áreas Prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira*. [Brasília]: MMA, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira/%C3%A1reas-riorit%C3%A1rias/item/489>>. Acesso em: 20 maio 2014.
- NILTON, C. L. *O impacto das pequenas centrais hidrelétricas - PCHs no meio ambiente*. 2009. 10 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Formas Alternativas de Energia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- PINHEIRO, L.; S.; MORAIS, J. O. Interferências de barramentos no regime hidrológico do estuário do rio Catú-Ceará-Nordeste do Brasil. *Sociedade & Natureza*, (Online). v. 22, n. 2, p. 237-250, ago. 2010.
- PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA/ Fundação João Pinheiro – FJP. *Atlas Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento*. 2010. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>>. Acesso em: 5 maio 2014.
- PRIMACK, B. R.; RODRIGUES, E. *Biologia da Conservação*. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2005.
- RDR Consultores Associados Ltda. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) PCH Arrieiros. Curitiba. 2010. Disponível em <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/EIA_RIMA/PCH_ARRIEIROS_RIMA.pdf> Acesso em 13 de junho de 2014.
- REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; FANDIÑO-MARIÑO, H.; ROCHA, V. J. *Mamíferos da Fazenda Monte Alegre, Paraná*. Londrina: Eduel, 2005.
- REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. *Mamíferos do Brasil*. Londrina: Nélcio R. Reis, 2006.
- SCARPIN, J. E.; SLOMSKI, V. Estudo dos fatores condicionantes do índice de desenvolvimento humano nos municípios do estado do Paraná: instrumento de controladoria para a tomada de decisões na gestão governamental. *Revista de Administração Pública*, v. 41, n.5, set./out. 2007.
- SEMA. *Consolidação do Conhecimento sobre os Recursos Hídricos da*

Bacia do Rio Pardo e Elaboração do Programa de Ações da Sub-Bacia do Rio Pardinho - Contrato N° 001/04 - DRH/SEMA. [S.l.]: SEMA, 2005.

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Superintência Regional de Regularização Ambiental da Zona da Mata – MG, 2011. Parecer Único. SUPRAM-ZM N° 0438311/2011. [S.l.]: SEMAD, 2011. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/suprams-regionais/supram-zona-da-mata>>. Acesso em: 10 maio 2014.

SILVA, F. *Mamíferos silvestres*: Rio Grande do Sul. 2. ed. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 1994.

TEIXEIRA, J. R.; SIMIONI, C. A. *Relatório de Impacto Ambiental PCH Arrieiros*. Realização: Ambiente Integral Estudos e Projetos Ambientais, Curitiba, PR: [s.n.]. 2010 Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/EIA_RIMA/PCH_ARRIEIROS_RIMA.pdf>. Acesso em: 10 maio 2014.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. *Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica*. Brasília: MMA, 2006.

VECCHIA, R. *Impactos provocados por usinas hidrelétricas*. [S.l.: s.n.], 2012. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/impactos-provocados-por-usinas-hidreletricas/62812/>>. Acesso em: 5 jun. 2014.

POCHMANN, C.; MINUSCULLI, E. V.; FERREIRA, E.; LAZZARI, J. W.; AROSI, N. A. R.; SCHWENDLER, S.; WESCHENFELDER, W. J. *Avaliação dos passadores de fauna na RS-471, trecho Barros Cassal - Santa Cruz do Sul, Região de Vale do Sol/R.S.*. Trabalho de Campo. Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, Departamento de Biologia e Farmácia, Curso de Pós-Graduação em Licenciamento Ambiental, Disciplina de Zoologia Ambiental, 2006.

XAVIER-DA-SILVA, J. *Geoprocessamento para análise ambiental*. 1. ed. Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. v. 1..