

ANÁLISE DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS COMO INDICADOR DE FRAGILIDADE AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS: O CASO DO ALTO URUGUAI

Rafael Cabral Cruz¹, Jussara Cabral Cruz², Flávio Luiz Foletto Eltz³, Damáris Gonçalves Padilha⁴, Calinca Barão de Avila⁵, Simone Ângela Gonzatti⁵

RESUMO – Os estudos de fragilidades ambientais são subsídios para tomada de decisão em planejamento de empreendimentos potencialmente impactantes. A qualidade da água pode ser um dos indicadores de fragilidade do ambiente, influenciando a disponibilidade hídrica, uma vez que nem todos os tipos de uso podem ser exercidos com águas poluídas ou contaminadas, sendo útil como indicador de fragilidade do ambiente. Neste artigo apresenta-se um modelo de fragilidade ambiental baseado na variável qualidade da água. O modelo foi aplicado à bacia do Alto Rio Uruguai, como parte de um estudo maior, que considera outras variáveis indicadoras, em uma análise multicritério. Os resultados do modelo indicaram uma fragilidade à contaminação das águas maior na porção oeste da bacia, devido ao uso intenso e falta de saneamento básico e rural e ao uso de técnicas agrícolas inadequadas, bem como a problemas acentuados de desmatamento. Já na porção leste da bacia, a fragilidade é baixa pela característica da área, que apresenta um índice agrícola mais baixo.

ABSTRACT - The studies of environment fragilities are subsidies for decision makers in planning for enterprises of potentially high impact. The water quality can be one of the indicators of environment fragility, influencing the water readiness, once not all of the use types can be done with waters polluted or contaminated, being useful as indicator of environment fragility. In this article is showed a model of environmental fragility based on the variable water quality. The model was applied to the basin of High Uruguay River, as part of a larger study, that considers others indicative variables, in an multicriterion analysis. The model results indicate a fragility to the waters contamination in the west portion basin, due to the intense use and lack of basic and rural sanitation and to the use of inadequate agricultural techniques, as well as to accentuated deforestation problems. In the east portion basin, the fragility is low due to the area characteristic, that presents a lower agricultural index.

Palavras-chave: Indicador de fragilidade, qualidade da água, Alto Rio Uruguai.

1)Prof. Dr. da UNIPAMPA, Campus de São Gabriel. Av. Antônio Trilha, 1847,São Gabriel, RS, 97300-000, E-mail: rafaelcabralcruz@gmail.com

2)Prof. Dra. da UFSM,CTLAB, Av. Roraima, 1000, 97105900 Santa Maria,RS, E-mail: jussaracruz@gmail.com

3)Prof. Dr. da UFSM, Depto de Solos, Av. Roraima, 1000, 97105900 Santa Maria,RS, E-mail: flavioeltz@gmail.com

4)Me Geomática, Bolsista CNPQ – Projeto Frag-RIO, Av. Roraima, 1000, CT-LAB, 97105900 Santa Maria,RS, E-mail: damarispadilha@gmail.com

5)Acad. de Engenharia Florestal – Bolsista PIBIC-CNPQ, Av. Roraima, 1000, CT-LAB, 97105900 Santa Maria, RS, E-mail: calincaflorestal@gmail.com, simonegonzatti@yahoo.com.br

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Estudos de fragilidades ambientais têm como premissa básica a utilização de indicadores da qualidade ambiental que podem ser espacializados, e portando, permitir que se avaliem diferentes possibilidades locacionais de empreendimentos para buscar as opções de menor fragilidade (menor impacto), minimizando dessa forma os efeitos negativos da implementação desses empreendimentos (Silveira e Cruz, 2005).

O modelo de fragilidades ambientais é um modelo espacialmente distribuído, desenvolvido com o uso das ferramentas de geoprocessamento, com a elaboração de mapas básicos e temáticos, que combinados e classificados com relação à maior ou menor potencialidade de gerar ou sofrer impactos, dão origem a mapas de fragilidades ambientais (FEPAM, 2004).

Em estudos de fragilidades ambientais para uso em planejamento de empreendimentos potencialmente impactantes, a qualidade da água pode ser um dos indicadores da fragilidade do ambiente. A qualidade das águas, como indicador de qualidade ambiental, é um dos fatores que influencia a disponibilidade hídrica, uma vez que nem todos os tipos de uso podem ser exercidos com águas poluídas ou contaminadas.

Para Magalhães (2007), o monitoramento da qualidade da água está associado à operacionalização de todos os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e cabe ao sistema de informações disponibilizar os resultados e integrá-los no processo decisório. Porém, a metodologia das fragilidades ambientais com geoprocessamento é limitada por uma condição típica da realidade brasileira, de carência de dados de monitoramento sistemático, o que dificulta a aplicação de modelos consistentes de qualidade da água que possam ser segmentados para representar toda a drenagem da bacia.

Além disso, é necessária 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.

Este artigo pretende apresentar a construção de um modelo de fragilidades ambientais que discrimine espacialmente as regiões com mais ou menos fragilidades com relação à qualidade das águas. O tipo de abordagem aqui apresentada apóia-se em um sistema de informações geográficas e na avaliação regional da fragilidade ambiental utilizados em vários estudos (ex. Guapyassú e Hardt, 1998; UFSM, 2002; FEPAM, 2004, 2005).

Este processamento é parte do projeto de pesquisa *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*, em convênio com MMA/FINEP/CNPq (MMA, 2009).

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 Modelo de fragilidades para contaminação das águas

Para a composição do mapa de Fragilidades relativo à contaminação das águas, foram utilizadas 3 das 4 variáveis constantes em (FEPAM, 2005), em função da disponibilidade de dados distribuídos em todo território da bacia em estudo. Utilizaram-se indicadores que possibilitam uma avaliação de cargas poluidoras urbanas e rurais a partir de dados espacializáveis na escala da malha municipal: carga orgânica remanescente da população, carga orgânica das criações e índice agrícola (Figura 1)

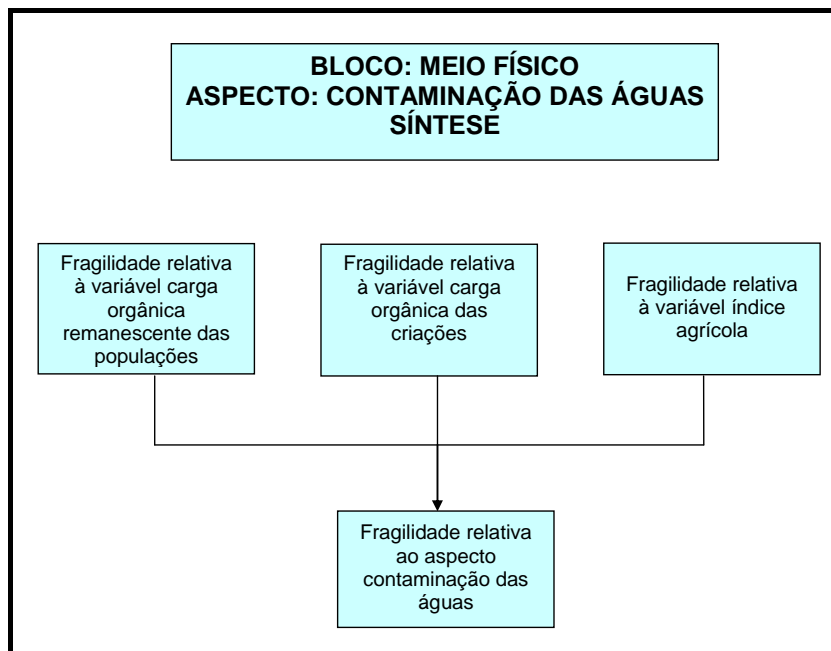


Figura 1- Fluxograma da Síntese do Aspecto Contaminação das Águas

2.2 Variáveis

2.2.1 Variável Carga Orgânica Remanescentes das Populações

A variável carga orgânica remanescente das populações é possível de ser estimada a partir de informações de censo populacional e ser espacializada em função de setores censitários ou por municípios. A idéia contida na mesma é que quanto maior é a carga, provavelmente maior é a contaminação das águas. A carga remanescente é função dos tratamentos a que os efluentes são submetidos em cada município (FEPAM, 2004).

Neste estudo, 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 (FEPAM, 2005):

$$C_{rem} = Pop * (54g/hab/dia) * F_{red} \quad (1)$$

Onde C_{rem} é a carga orgânica remanescente em gramas/dia, Pop é a população do município e F_{red} é o fator de redução.

Tabela 1 – Parâmetros e fatores de redução

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

Fonte: FEPAM (2005).

A Figura 2 detalha o procedimento de obtenção do mapa de potencial de contaminação orgânica das populações, onde quanto maior a carga orgânica, maior é a fragilidade. Os valores obtidos foram re-escalados linearmente para valores entre 0 (alta fragilidade) a 255 (mínima fragilidade).

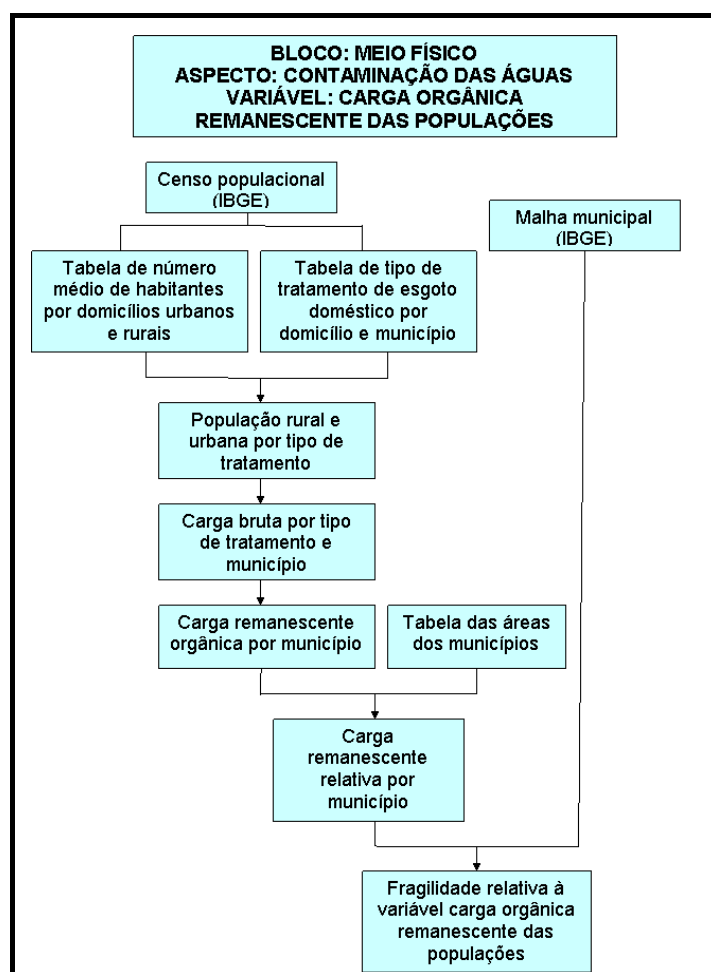


Figura 2 - Fluxograma da Variável Carga Orgânica Remanescente das Populações

A variável carga orgânica 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 2.

Tabela 2 - Os dez municípios com maior população e os dez com maior carga orgânica remanescente

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

2.2.2 Variável Carga Orgânica das Criações

A variável carga orgânica das criações tem como premissa que o tamanho dos rebanhos pode ser indicador da grandeza da produção de carga orgânica com potencial de contaminação das águas. Diferentemente da variável carga orgânica remanescente das populações, para este caso, não foi possível aplicar um redutor devido a existência ou não de tratamentos, pois os dados existentes não permitem espacializar com o mesmo critério para toda a bacia de estudo (FEPAM, 2005).

A Figura 3 apresenta o fluxograma o qual detalha o procedimento de obtenção do mapa de fragilidades da variável carga orgânica das criações indicador do potencial de contaminação orgânica das águas devido às criações.

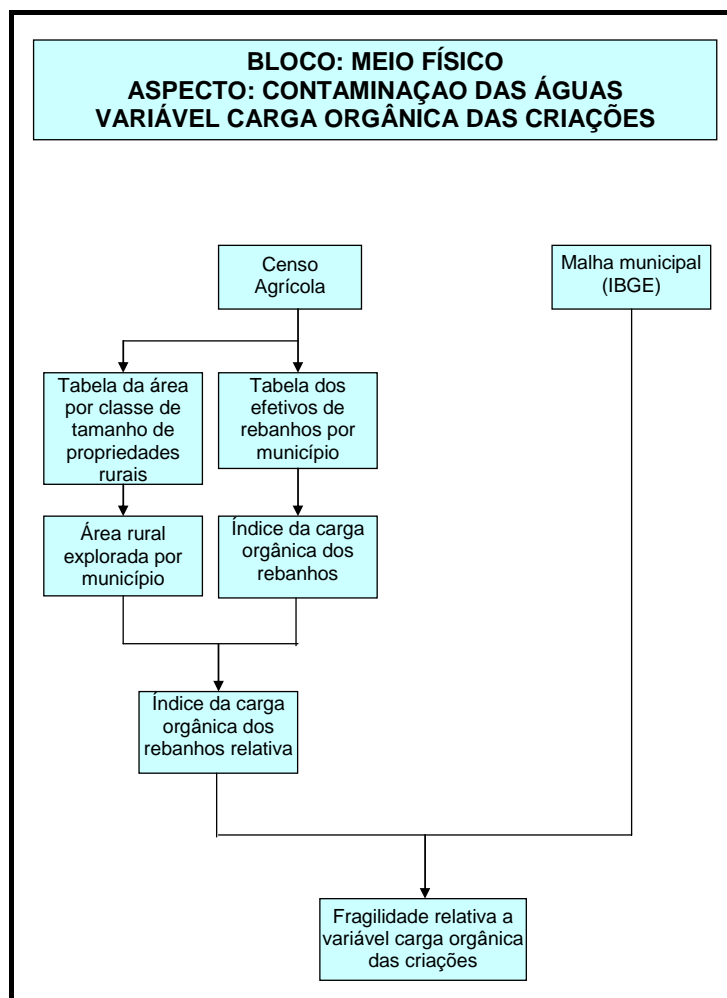


Figura 3 - Fluxograma da Variável Contaminação Orgânica das Criações

Portanto, a partir do censo agrícola, foram obtidas informações relativas à área de propriedades rurais por classe de tamanho, o tamanho do rebanho efetivo por município, a área rural explorada. Para compor essa variável foi utilizada a carga a bruta de DBO, devido aos tipos de dados disponíveis (IBGE, 2008 e FEE,2001) que não permitem avaliar qual o tipo de tratamento utilizado para os resíduos ou se há ausência de tratamento. Para a estimativa das cargas brutas orgânicas foram utilizadas (Tabela 3) as cargas unitárias de DBO para bovinos, eqüinos, suínos, caprinos e aves listadas em LASSEVILS & BERRUX (2000), utilizando-se o equivalente de 1 g P = 21,6 g DBO (OSPAR, 2000).

Tabela 3 - Cargas unitárias de fósforo e DBO, por cabeça.

Rebanho	Carga unitária de Fósforo (g/cab/dia)	Carga unitária DBO (g/cab/dia)
bovinos	42,3	888,3
eqüinos	3,9	81,9
suínos	20,0	52
ovinos	5,0	108
aves	2,5	529

Fonte : Adaptado de LASSEVILS & BERRUX, 2000.

A carga bruta é obtida multiplicou-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, 2005) de que as criações predominantemente confinadas (aves e suínos) impactam bem mais que as não confinadas.

Deste modo, o total das cargas **Irebanho**, por município e em gDBO/dia, foi obtido através da seguinte fórmula:

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

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

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

2.2.3 Variável Índice Agrícola

O índice agrícola retrata a intensidade da atividade agrícola e é um indicativo da potencialidade de contaminação por insumos agrícolas (FEPAM, 2004). É construído a partir das áreas colhidas ou destinadas a colheita, obtidas em IBGE (<http://www.ibge.gov.br>) e pela FEE (2001). A partir do censo agrícola, foram obtidas informações relativas à área por classe de tamanho de propriedades rurais, à área rural explorada, à área explorada com culturas permanentes e também temporárias, o que permitiu gerar o índice agrícola relativo por município.

O índice é calculado da seguinte forma (FEPAM, 2005):

$$I_{agr} = S_{ct} + (0,2 * S_{cp}) \quad (3)$$

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

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

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 solo em lavouras permanentes são menores

que a de lavouras temporárias na ordem da quinta parte (FEPAM, 2005). Após, relativizou-se o índice dividindo-se pela área do município, em hectares.

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

A Figura 4 detalha o procedimento de obtenção do mapa de potencial de contaminação agrícola

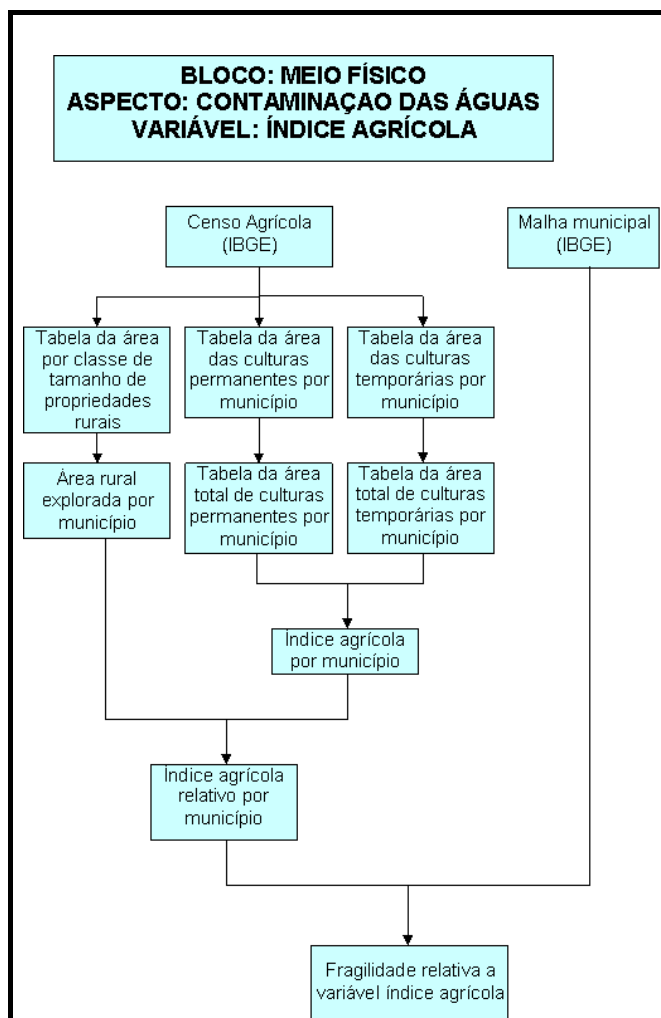


Figura 4 - Fluxograma da Variável Índice Agrícola

3. RESULTADOS

A Figura 5 apresenta o resultado do processamento da fragilidade e relativa à carga orgânica remanescente das populações para a bacia do Alto Uruguai.

A maior fragilidade relativa ao potencial de contaminação orgânica das populações está localizada em Santa Catarina, na margem direita do Rio Uruguai, como função de uma associação de fatores: maior densidade populacional associada a pouco saneamento.

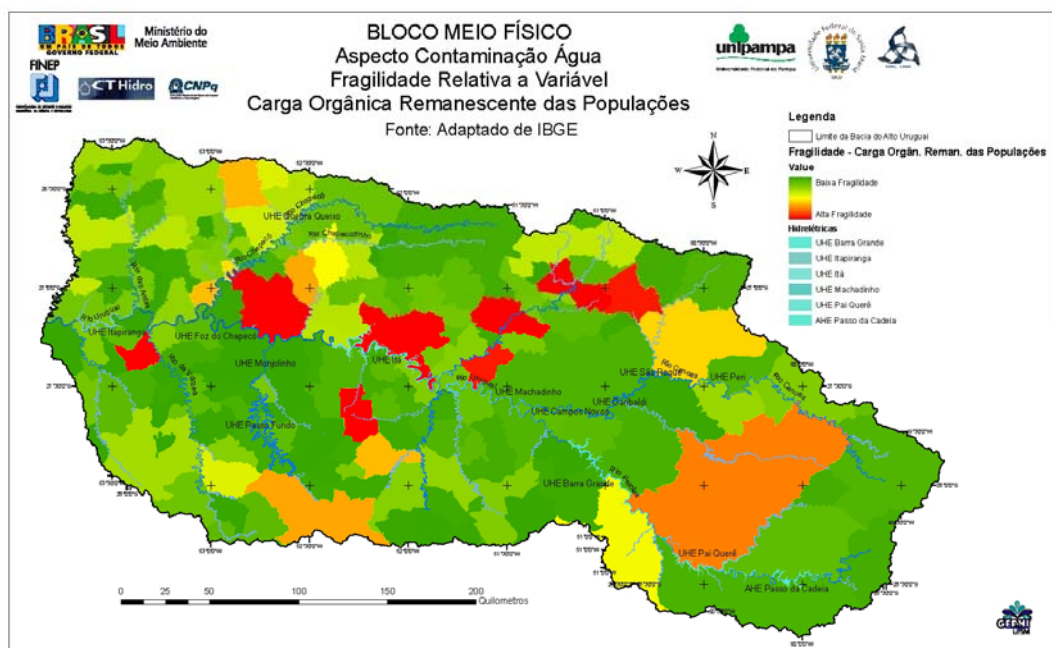


Figura 5 - Mapa de Fragilidades Relativo ao Potencial de Contaminação Orgânica Remanescente das Populações.

A Figura 6 apresenta o mapa de fragilidades relativo ao potencial de contaminação orgânica dos rebanhos.

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

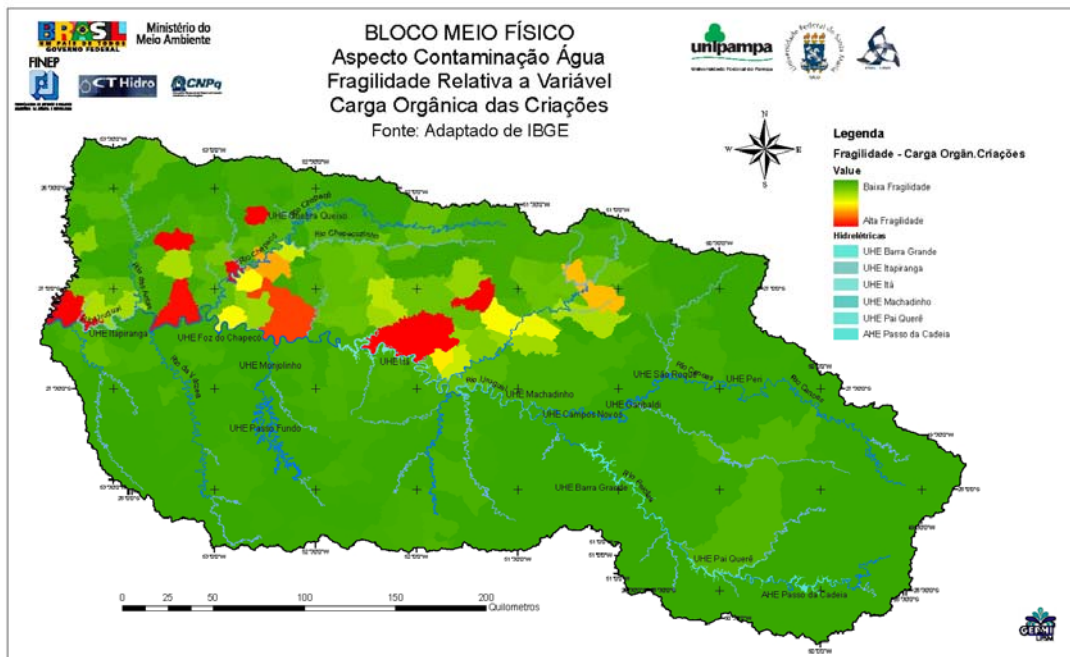


Figura 6 - Mapa de Fragilidades Relativo ao Potencial de Contaminação Orgânica das Criações.

A Figura 7 apresenta o mapa de fragilidades relativas ao índice agrícola. A análise do mapa indica que a maior parte da atividade agrícola concentra-se na parte do centro oeste da bacia estudada, na margem esquerda do Rio Uruguai, e uma concentração menor na mesma parte e margem direita, indicando maior fragilidade para esta região.

A análise conjunta dos mapas das Figuras 6 e 7 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.

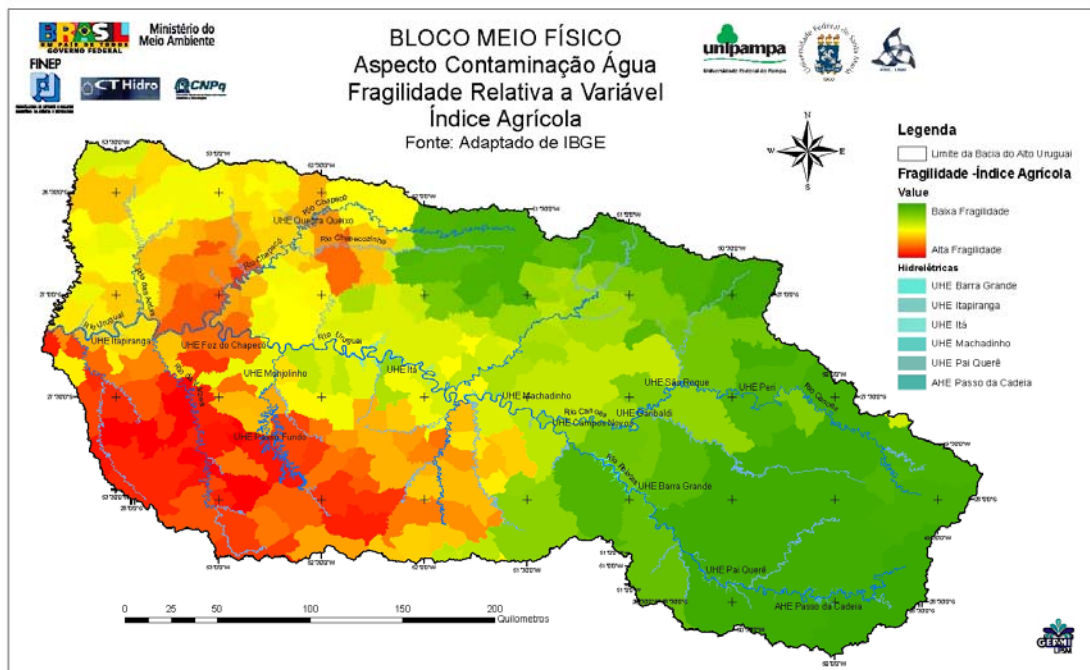


Figura 7 - Mapa de Fragilidades Relativo à Variável Índice Agrícola

O mapa de fragilidades relativo à contaminação das águas foi obtido do cruzamento dos mapas da contaminação orgânica das populações, das criações e agrícola. A figura 8 mostra o mapa respectivo.

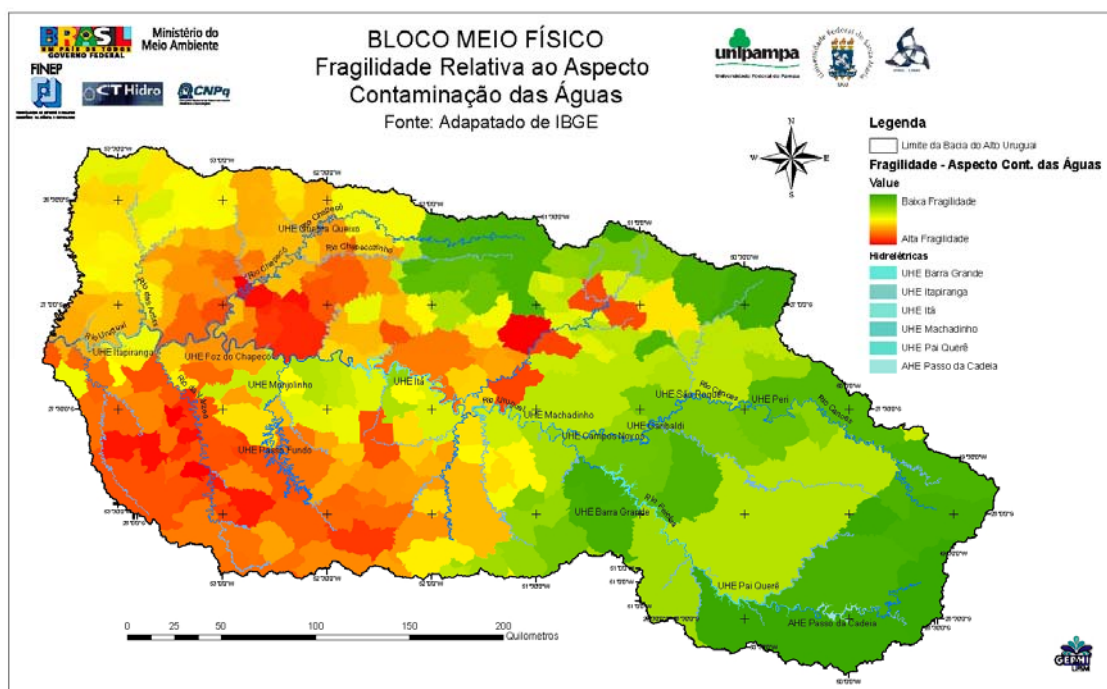


Figura 8 - Mapa de Fragilidades Relativo à Contaminação das Águas

O mapa de fragilidade em relação ao aspecto contaminação das águas reflete bem os mapas das Figuras 6 (criações) e 7 (índice agrícola), e parcialmente o mapa da Figura 5 (populações). A parte oeste da bacia, tanto na margem direita como esquerda, mostram alta fragilidade em relação à contaminação das águas. No entanto, na margem direita, este potencial de contaminação é

representado pela carga orgânica das criações, e na margem esquerda é representado pela intensa atividade agrícola, principalmente com métodos de manejo do solo que facilitam o processo erosivo (preparo convencional). A parte leste da bacia tem menor fragilidade neste aspecto, com criação de gado extensiva e práticas agrícolas de menor impacto, como o plantio direto na produção de grãos, e fruticultura, onde as perdas por erosão são mínimas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação ao resultado da análise aplicada, nota-se que existe uma fragilidade maior na porção oeste da bacia devido ao uso intenso e falta de saneamento básico e rural, bem como ao uso de técnicas agrícolas inadequadas, e a problemas acentuados de desmatamento. Já na porção leste, 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.

Na avaliação da metodologia de análise de fragilidade aplicada, através das técnicas de multicritério, vale salientar que essa, é bem mais complexa do que o apresentado neste trabalho, pois envolve inúmeras variáveis e fatores de importância quando o objeto é o todo contexto ambiental da Bacia Hidrográfica.

No entanto este aspecto analisado de forma unitária, já nos remete a um panorama da qualidade da água disponível na área de estudo, informação de grande relevância para os cuidados enquanto consumidores e a preocupação enquanto gestores dos recursos hídricos.

Independentemente dos cenários possíveis para implantação de diferentes tipos de empreendimentos que causem alterações na geração de cargas poluidoras nos corpos de água, assim como de empreendimentos que causem fragmentação do rio e alteração das suas condições de depuração, a análise dos resultados demonstram que a parte oeste da bacia do Alto Uruguai, apresenta uma fragilidade ambiental muito grande quanto ao aspecto qualidade da água. Ou seja, qualquer proposta de aproveitamento dos rios da região para obras de irrigação ou geração de energia partem de um grande passivo ambiental. Este passivo, embasado em um sistema econômico ligado às cadeias produtivas intensivas da suinocultura e da avicultura, gera uma concentração espacial de nutrientes no solo e nas águas superior à sua capacidade de absorção, o que leva, gradualmente, à degradação da qualidade ambiental. A adoção de práticas de tratamento adequado de efluentes das criações, associados ao uso adequado dos dejetos na agricultura, respeitada a capacidade de suporte de cada tipo de solo, pode ajudar a mitigar o problema, mas dificilmente poderão resolver o mesmo, uma vez que a mineralização de nutrientes, em especial do fósforo e do nitrogênio, resultante do processo de tratamento dos resíduos orgânicos das criações, pode levar a eutrofização acelerada dos corpos de água e à contaminação com nitratos da água subterrânea.

Deste modo, os resultados recomendam que também sejam adotadas medidas mitigadoras deste impacto sistêmico com vistas a limitar o crescimento da suíno-avicultura intensivas nos municípios da região, estimulando a descentralização destas atividades no espaço, o que implica na descentralização da indústria de beneficiamento, hoje fortemente concentrada em poucos municípios (em especial Concórdia e Chapecó). Também se recomenda que seja efetuada forte intervenção para implantação de práticas conservacionistas no manejo da terra nesta região, assim como restauradas as funções de filtro das vegetações ciliares ao longo, prioritariamente, dos trechos de rios que apresentaram maiores fragilidades.

Associado ao passivo do sistema de produção da suíno-avicultura intensiva, encontra-se um sistema populacional mais denso, que contribui com elevada carga de poluentes para a região. Esta densidade populacional é sustentada por este sistema, embasado na agricultura familiar. Como consequência, a região possui alta densidade populacional, que, por sua vez, é mal atendida por sistemas adequados de tratamento de esgotos. Que por sua vez aumenta a pressão sobre a qualidade dos corpos de água.

Assim, o sistema de produção da região produz renda, que por sua vez mantém e atrai população, gerando-se uma retroalimentação positiva do processo de degradação ambiental.

Mitigar esta tendência requer que sejam urgentemente implementados todos os tipos de instrumentos de gestão possíveis. O Zoneamento Ecológico-Econômico, associado aos Planos de Bacias e aos instrumentos de Outorga do Uso da Água e de Licenciamento Ambiental permitem que atividades de planejamento, voltadas à redução deste passivo ambiental, sejam desenvolvidas pelos órgãos responsáveis, em conjunto com os Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. Para tal, a análise de fragilidades ambientais, ferramenta da análise ambiental integrada, pode gerar subsídios para a implementação destes instrumentos de gestão ambiental.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho teve apoio do Ministério do Meio Ambiente (MMA), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ, Campus de São Gabriel da UNIPAMPA, Departamento de Hidráulica e Saneamento – UFSM e o Grupo de Pesquisa GERHI/UFSM.

BIBLIOGRAFIA

FEE. Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. **Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEE. CD-ROM. 2001.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Análise de Fragilidades Ambientais e da Viabilidade de Licenciamento de Aproveitamentos Hidrelétricos**

das Bacias Hidrográficas dos Rios Ijuí e Butuí-Piratinin-Icamaquã, Região Hidrográfica do Rio Uruguai – RS. Porto Alegre: FEPAM/UFRGS, 2004. 138 p.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Análise de fragilidades ambientais da bacia hidrográfica dos rios Apuaê-Inhandava, situada na região hidrográfica do Rio Uruguai.** 2005. Relatório técnico final, Santa Maria.

GUAPYASSÚ, M.S e HARDT, L.P.A. **Avaliação de fragilidade ambiental: uma nova abordagem metodológica para unidades de conservação de uso indireto em áreas urbanas.** 1998. Florestas e Ambiente, vol. 5(1).

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.

LASSEVILS, J.F e BERRUX, D.2000. **Sources of phosphorus to surface waters: comparing calculated with measured loadings for three French rivers.** Disponível em <http://www.ceep-phosphates.org/geoplusuk.pdf>. Acesso em 08/05/2005

MAGALHÃES, A.P.J. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa.** 2007. Rio de Janeiro.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Desenvolvimento metodológico e tecnológico para avaliação ambiental integrada aplicada ao processo de análise de viabilidade de hidrelétricas – FRAG-RIO.** Relatório: Etapa 1 convênio FINEP/UFSM/UNIPAMPA. 2009. Santa Maria: FATEC/UNIPAMPA/UFSM.

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.