

Avaliação da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do córrego do Porto, Três Lagoas (MS) com o uso do geoprocessamento

Diego Ribeiro Oquendo Cabrero¹
Vincler Fernandes Ribeiro de Oliveira¹
Vitor Matheus Bacani¹

1 Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS
Campus de Três Lagoas – CPTL
Av. Ranulpho Marques Leal, 3484
79610-100, Três Lagoas, MS - Brasil
diego.cabrero@gmail.com
vinclerfernandes@hotmail.com
vitor.bacani@ufms.gov.br

Resumo. O objetivo deste estudo foi identificar, caracterizar e avaliar a fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do córrego do Porto, inserida no município de Três Lagoas, no estado do Mato Grosso do Sul, que nas últimas décadas teve uma expansão da monocultura da silvicultura, resultando em alterações na paisagem. Para isso, foi utilizada a metodologia proposta por Ross (1994) sendo utilizado com indicadores dados de declividade, solos, intensidade pluviométrica, áreas prioritárias a conservação, uso da terra e cobertura vegetal. Os resultados mostraram o predomínio do grau médio de fragilidade potencial (solos, declividade, intensidade pluviométrica e áreas prioritárias para conservação) e ambiental ou emergente (fragilidade potencial e uso da terra e cobertura vegetal), ocupadas com predomínio da pastagem que vem sendo substituída pelo avanço da silvicultura, impulsionada pelo crescimento produtivo das indústrias de papel e celulose instaladas no município.

Palavras-chave: fragilidade ambiental, córrego do Porto, geoprocessamento, uso da terra e cobertura vegetal.

Abstract. The purpose of this paper was to identify, characterize and evaluate the environment fragility in the hydrographic basin of Porto stream, inserted at Três Lagoas town of the State of Mato Grosso do Sul upon which last decades had an expansion of forestry monoculture resulting in landscape alterations. Therefore, it was employed a methodology proposed by Ross (1994) being used with declivity indicators data, soil, rainfall intensity, priority conservation areas, land use and vegetal cover. The results showed a prevalence of medium grade of potential fragility (soils, declivity, rainfall intensity and priority conservation areas) and environmental or emergent (potential fragility and land use and vegetal cover), occupied with prevalence of pasture that was replaced by the forestry advance, encouraged by productive growth of paper and cellulose industries installed in Town.

Key-words: environment fragility, Porto stream, geoprocessing, land use and vegetal cover.

1. Introdução

Em vista dos problemas ambientais decorrentes das práticas econômicas, vêm aumentando cada vez mais o desperdício dos recursos naturais e a perda da qualidade ambiental e de vida, desse modo torna-se necessário que se faça um planejamento territorial (CRUZ et al., 2010). Para Tricart (1977, p.91) “O homem participa dos ecossistemas em que vive, ele os modifica e por sua vez, os ecossistemas reagem determinando algumas adaptações do homem.” A fragilidade de um ambiente é maior ou menor em função de suas características genéticas. E assim, pode ser estabelecido um paralelo entre o avanço da exploração dos recursos naturais com o desenvolvimento tecnológico, científico e econômico das sociedades humanas (ROSS, 1994).

Para avaliar a fragilidade ambiental de um determinado ambiente natural é necessário considerar as características genéticas e as atividades antrópicas desenvolvidas nesse ambiente (OLIVEIRA et al., 2008). Conforme Spörl e Ross (2004), a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território

Neste trabalho, o ambiente foi analisado a partir da Teoria dos Sistemas, uma vez que, na natureza os fluxos constantes de energia e matéria acontecem em uma relação de equilíbrio dinâmico, e um dos fatores que geram desequilíbrios são as intervenções antrópicas. A partir dessa concepção, Ross (1994) afirma que as características genéticas do ambiente são os fatores que determinam a amplitude da fragilidade dos ambientes naturais diante das atividades antrópicas, ou seja, indicando os limites dessas ações para a manutenção deste equilíbrio dos ambientes naturais.

Diante dos diferentes estados de equilíbrio e desequilíbrio que o ambiente pode apresentar, Ross (1994) organizou uma escala hierárquica nominal em cinco classes de acordo com sua fragilidade representada por pesos na seguinte ordem: muito alta (5), alta (4), média (3), baixa (2) e muito baixa (1). Sendo assim, os ambientes com menor fragilidade apresentarão valores mais próximos de 1, os intermediários ao redor de 3 e os de maior fragilidade estarão próximas de 5.

2. Objetivo

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo identificar as áreas de maior e menor potencial de fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do córrego do Porto, tendo como intuito analisar a situação deste ambiente, oferecendo subsídios para promover planejamento ambiental.

A bacia hidrográfica do córrego do Porto está localizada na porção sul do município de Três Lagoas no Estado de Mato Grosso do Sul, entre as coordenadas geográficas 20° 44' 39'' a 20° 58' 19'' S e 52° 04' 43'' a 52° 16' 41'' W, e possui uma área de aproximadamente 196 km² (**Figura 1**). O córrego do Porto é um dos afluentes do rio Verde, que possui importância para as atividades econômicas da região, e este último sendo tributário do rio Paraná.

Em relação ao clima, segundo a classificação de Köppen, ocorrem dois tipos climáticos: o que possui maior abrangência na área em estudo é o AW (tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno) e o Ca (mesotérmico úmido sem estiagem, temperatura no mês mais quente superior a 22°C, enquanto no mês mais seco precipitações acima de 30mm), este último ocorrendo na parte sul do Mato Grosso do Sul. (SEPLAN, 1990, p. 24).

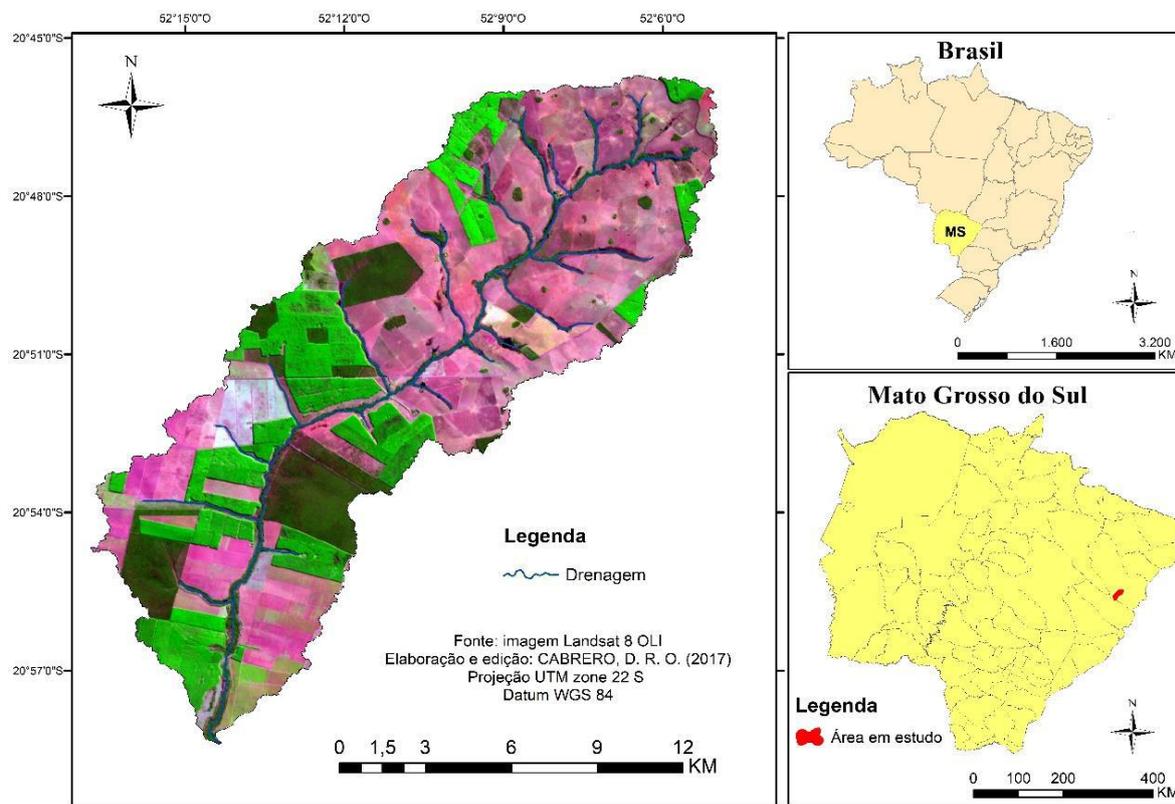


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do córrego do Porto, Três Lagoas (MS).

3. Material e Métodos

O mapa de declividade e as curvas de nível foram geradas dentro do *ArcMap* 10.3, a partir da imagem do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) sensor radar PALSAR, com cotas de 12 em 12 m, adquirida gratuitamente em <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>. Seguindo a proposta de Ross (1994) o mapa de declividade (**Figura 2**) foi dividido em intervalo de classes apresentados na **Tabela 1**, em que estão correlacionadas as classes da declividade com os níveis de fragilidade.

Tabela 1 – Classes de declividade.

Classes de declividade	Níveis de fragilidade	Peso
0% a 6%	Muito Baixa	1
6% a 12%	Baixa	2
12% a 20%	Média	3
20% a 30%	Alta	4
Acima de 30%	Muito Alta	5

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

No *ArcMap 10.3*, a partir das curvas de nível geradas foi possível identificar o divisor topográfico, que delimita a bacia hidrográfica, apresentando as maiores altitudes da área, com isso foi possível realizar ajustes necessários no limite da bacia.

A rede de drenagem foi adquirida do projeto GEOMS (SILVA et al., 2011), disponível em <http://sisla.imasul.ms.gov.br/sisla>. Para gerar o limite da bacia hidrográfica do córrego do Porto foi utilizado o software *Global Mapper 13*. Com o uso da ferramenta *Generated Watershed* foi gerado o limite da bacia hidrográfica, usando como base uma imagem ALOS-PALSAR e as curvas de nível, os resultados foram exportados em formato vetorial (*shapefile*) para serem utilizados em outros procedimentos.

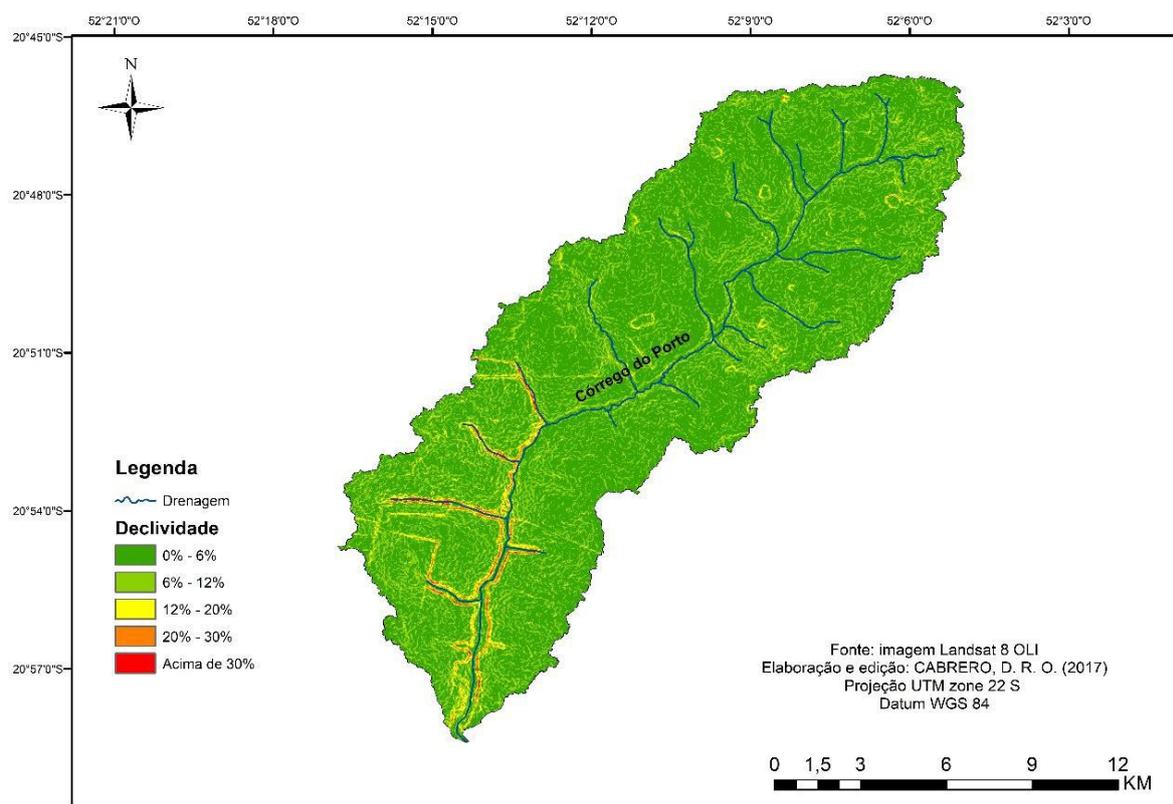


Figura 2 – Declividade na bacia hidrográfica do córrego do Porto.

Para análise do clima foi utilizada a variável da intensidade pluviométrica, que expressa a relação entre a média da precipitação anual e o número de meses chuvosos durante o ano. Os dados pluviométricos foram adquiridos das estações meteorológicas da Agência Nacional das Águas (ANA) com registros das médias anuais pluviométricas pelo período de 1970-2017.

Adotando a metodologia proposta por Crepani et al. (2001) o valor médio da precipitação encontrado na bacia foi dividido por nove, que segundo o autor é o número de meses chuvosos na região. Posteriormente, após identificar o valor da vulnerabilidade à perda do solo (CREPANI et al., 2001) foi realizado a conversão com a aplicação de regra de três simples para grau de fragilidade definido por Ross (1994), com este resultado foi possível atribuir o nível de fragilidade e um peso para essa variável (**Tabela 2**).

Tabela 2 – Intensidade Pluviométrica

Precipitação Média Anual	Intensidade Pluviométrica	Nível de Fragilidade	Peso
1399 a 1392 mm	155,4 mm	Baixa	2

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001) e Ross (1994).

Para espacialização da intensidade pluviométrica, no ambiente do *ArcMap* 10.3 foi aplicado o método do Inverso do Quadrado da Distância (IQD) ou *The Inverse Distance Weighted* (IDW), um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas, que parte do pressuposto que os pontos mais próximos entre si possuem maior semelhança do que os mais distantes, sendo possível assim determinar um valor para um local onde não existe valor determinado.

Para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal foram utilizadas técnicas de processamento de imagens realizados no software *Spring* 5.5.1. Para esta etapa foi adquirida uma imagem do satélite *Landsat 8*, sensor OLI (*Operational Land Imager*) com resolução espacial de 30 metros em bandas multiespectrais e 15 metros na banda pancromática, de 07/08/2017, órbita 223, ponto 74, adquirida gratuitamente em <http://earthexplorer.usgs.gov/>.

No processamento digital foi realizado a montagem de composições coloridas RGB-654, com aplicação do realce linear, através da manipulação do contraste das imagens, que segundo Morato et al. (2003) contribui para melhorar a interpretação das informações, facilitando a identificação dos alvos. Em seguida, foram aplicadas técnicas de fusão pelo método de transformação RGB-IHS com a banda 8 pancromática, para melhorar a resolução espacial para 15 metros.

A classificação da imagem foi realizada baseando-se na segmentação das imagens, utilizando para isso o método de crescimento de regiões, com o limiar de 8 níveis radiométricos e área mínima de 12 pixels. Este método permite que a imagem seja dividida em regiões que apresentam grande similaridade, gerando uma imagem rotulada para facilitar a classificação da mesma. Utilizando como base essa imagem segmentada, foi aplicada a classificação supervisionada por pixel, por meio do algoritmo Distância de *Bhattacharya*, sendo adotado um limiar de aceitação de 99,9%.

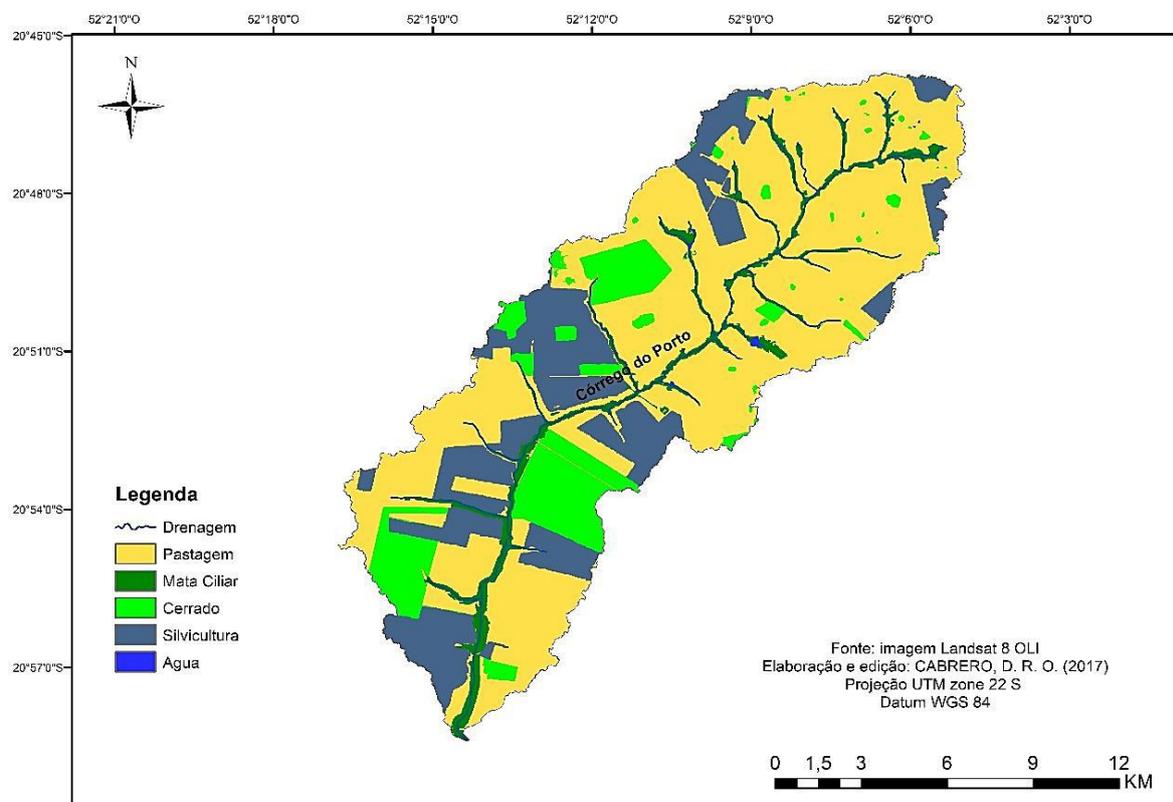


Figura 3 – Uso da terra e cobertura vegetal na bacia hidrográfica do córrego do Porto.

No processo de pós-classificação, foi realizada a edição vetorial para corrigir os polígonos que foram classificados de maneira equivocada, ou que não foram classificados, para isso, foram utilizadas imagens de alta resolução disponíveis no software *Google Earth Pro* e a imagem fusionada do *Landsat 8* na composição RGB-654. Os resultados desta etapa são apresentados na **Figura 3**.

Na sequência para cada classe de uso da terra e cobertura vegetal identificado foram aplicados pesos de acordo com os níveis de fragilidade adaptados de Ross (1994), representados na **Tabela 3**, com as respectivas áreas de cada uma das classes.

Tabela 3 – Uso da terra e cobertura vegetal.

Classes de uso da terra	Área (km²)	Nível de fragilidade	Peso
Pastagem	119,38	Média	3
Vegetação Ciliar	11,748	Muito Baixa	1
Cerrado	24,16	Baixa	2
Silvicultura	41,42	Média	3
Água	0,30	Muito Alta	5

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Para identificar os tipos de solos dentro da bacia hidrográfica em estudo foi utilizado o levantamento de solos, produzido na escala de 1:250.000, disponibilizado para consulta no banco de dados Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA). Sendo que, para interpretação da nomenclatura foi utilizado os critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

Na **Tabela 4** são apresentados os solos predominantes na bacia hidrográfica deste estudo e os respectivos níveis de fragilidade, atribuídos após o processo de reclassificação dos dados realizado no *ArcMap 10.3* com o uso da ferramenta *Reclassify*, atribuindo os níveis de fragilidade segundo a metodologia de Ross (1994).

Tabela 4 - Tipos de solos e níveis de fragilidade.

Classes de Solos	Área (km²)	Nível de fragilidade	Peso
Planossolo Hidromórfico	21,95	Alta	4
Latossolos Vermelho	175,03	Baixa	2

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Como a bacia está localizada no Cerrado e abriga uma grande biodiversidade, foi acrescentado a variável “Áreas prioritárias”, fazendo uma adaptação a proposta de Ross (1994), que trata de características morfológicas, pedológicas e uso e cobertura da terra. Este indicador trata das áreas de importância biológica, reconhecidas pelo Decreto nº 5092, de 21 de maio de 2004 e instituídas pela Portaria nº 126 de 27 de maio de 2004 do Ministério do Meio Ambiente (MMA) como "Áreas prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira", estes dados estão disponibilizados para consulta no Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA). Sendo que as Áreas Prioritárias para Conservação dos biomas Cerrado, Pantanal e Caatinga foram atualizadas mediante Portaria nº223, de 21 de junho de 2016.

Após a importação destes dados, foi realizada a extração para a área em estudo, que apresentou apenas a classe de áreas não-prioritárias, sendo atribuído o grau de fragilidade muito baixo para essa variável.

Na sequência para desenvolver a fragilidade potencial da bacia hidrográfica foi realizado dentro do *ArcMap 10.3* foi aplicado o procedimento de álgebra de mapas utilizando a ferramenta de sobreposição ponderada (*Weighted Overlay*) a partir dos dados de solos,

declividade, intensidade pluviométrica e áreas prioritárias a conservação. Para elaboração do mapa de fragilidade ambiental foi aplicado o mesmo procedimento anterior, entretanto foram combinados os dados da fragilidade potencial e o uso da terra e cobertura vegetal.

4. Resultados e Discussão

Na área em estudo constatou-se o predomínio da fragilidade potencial baixa ocupando 91,22% da área, relacionada com um relevo plano e suave ondulado, com declividade variando entre 0% a 12%, fato este que contribui para reduzir os processos erosivos na bacia hidrográfica. A **Tabela 5** apresenta a quantificação dos níveis de fragilidade potencial em área por quilômetro quadrado e a porcentagem de cada uma destas.

Tabela 5 – Fragilidade potencial na bacia hidrográfica do córrego do Porto.

Grau de fragilidade	Área em km ²	Percentual
Baixa	1,16	91,22%
Média	177,98	0,60%
Muito alta	15,97	8,18%

É possível observar na **Figura 4** que a maioria das áreas com fragilidade potencial muito alta se encontram na planície fluvial do córrego do Porto, e isso, justifica a necessidade de preservação da vegetação nativa das áreas de preservação permanentes, conforme a Lei nº 12.621, de 25 de maio de 2012 (Novo Código Florestal Brasileiro), visto que, essas ações contribuem para preservar os recursos hídricos, a estabilidade geológica e a biodiversidade, contribuindo dessa forma para a preservação dos solos, reduzindo os processos de erosivos, bem como evitando riscos de enchentes e alagamentos.

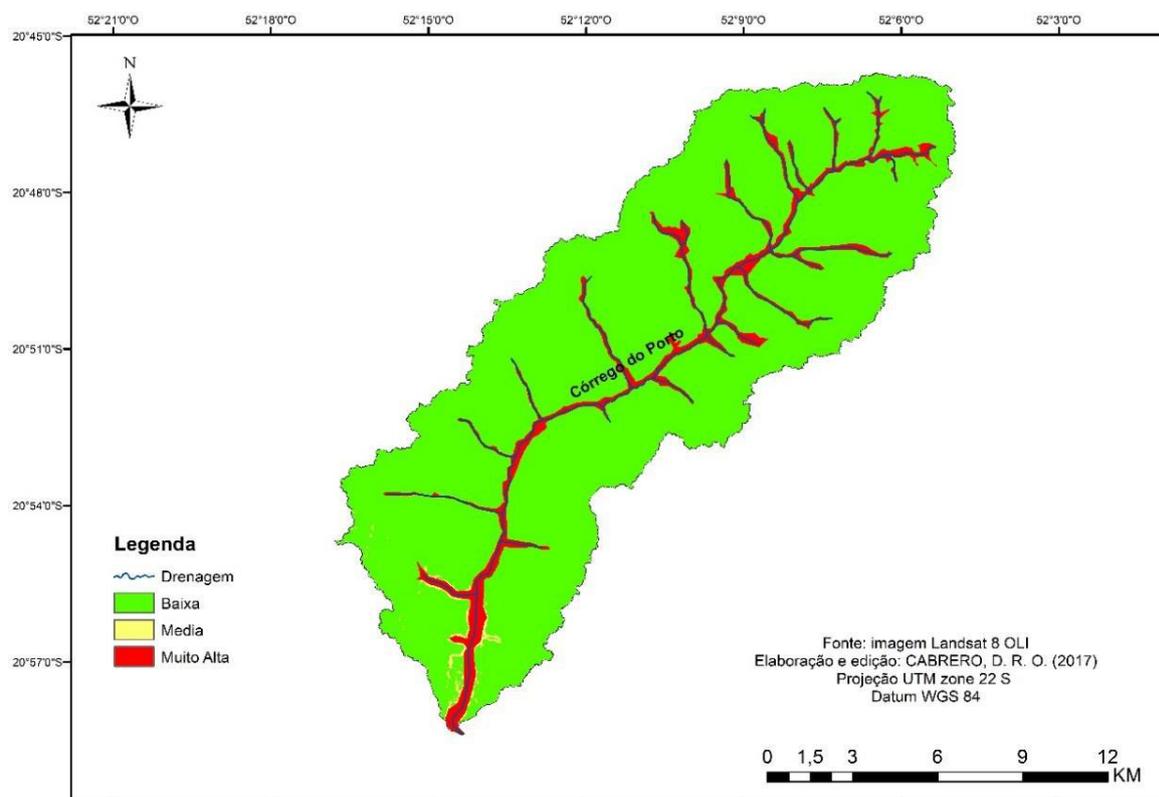


Figura 4 – Fragilidade potencial da bacia hidrográfica do córrego do Porto.

As áreas que apresentam fragilidade potencial média, estão concentradas próximas da foz do córrego do Porto, associadas com declividade superiores a 12% e com a presença de planossolo hidromórfico que possui alto nível de fragilidade, o que indica alta suscetibilidade aos processos erosivos.

Neste trabalho foram identificados na área de estudo quatro níveis de fragilidade ambiental (Figura 5), sendo baixa, média, alta e muito alta. Na Tabela 6 são apresentadas a quantificação dos níveis de fragilidade ambiental em área por quilômetro quadrado e a porcentagem de cada uma destas.

A classe de fragilidade ambiental baixa representa 13,00% da área total da bacia, encontram-se distribuídas em diversos locais da bacia, apresentando cobertura vegetal nativa formada por savana arbórea densa e aberta (Cerrado), fato que contribui para um menor grau de fragilidade ambiental, pois essa vegetação segundo Ross (1994) possui alta capacidade de proteção dos solos.

A média fragilidade ambiental representa 78,81% da área com 153,76 km² de extensão territorial, distribuída por quase toda a bacia, e estão associadas com fragilidade potencial baixa e com cobertura vegetal de silvicultura e pastagem plantada predominantes na área em estudo.

Tabela 6 – Fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do córrego do Porto.

Grau de fragilidade	Área em km ²	Percentual
Baixa	25,36	13,00%
Média	153,76	78,81%
Alta	0,02	0,01%
Muito alta	15,97	8,18%

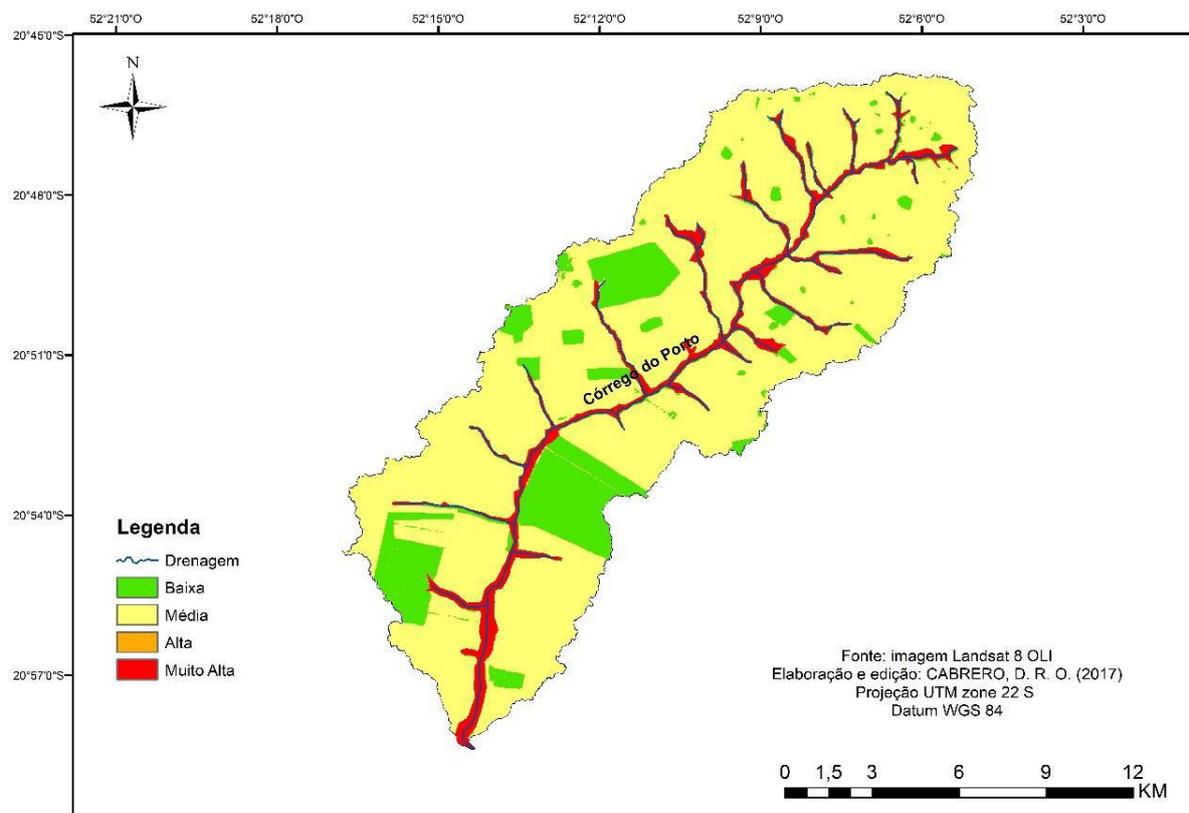


Figura 5 – Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Porto.

Nos últimos anos houve um aumento na área com cobertura de silvicultura, resultante da expansão da capacidade produtiva de papel e celulose das empresas FIBRIA e Eldorado Brasil, instaladas em Três Lagoas-MS, e o consequente aumento da demanda por matéria prima para a produção industrial (ALMEIDA, 2012). Segundo Albuquerque e Sakamoto (2015), a pastagem apesar do predomínio na área em 2008, teve uma redução de 29,16 km² durante o período entre 2001-2008, consequência da expansão do complexo eucalipto-celulose-papel.

A expansão das coberturas vegetais resultantes de ações antrópicas aumentam a instabilidade ecodinâmica na área da bacia, e assim, alteram o nível da fragilidade ambiental, uma vez que, essa cobertura apresenta grau de proteção menor em relação as áreas ocupadas por vegetação nativa, como o cerrado e as matas ciliares. Ross (1994) destaca a importância de elaborar mecanismos para o planejamento territorial das intervenções antrópicas no ambiente natural, respeitando as suas fragilidade e potencialidades, e assim reduzindo o impacto desses fatores permitindo a conservação e recuperação ambiental.

5. Conclusões

Dessa forma, conclui-se que a bacia hidrográfica do córrego do Porto apresenta predomínio do médio grau de fragilidade ambiental e apresentou resultados satisfatório dentro da proposta metodológica de análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais desenvolvida por Ross (1994) e a adaptação da metodologia proposta de Crepani et al. (2001).

Constatou-se a necessidade da adoção de práticas de manejo com planejamento adequado, para determinar os níveis aceitáveis de utilização e evitar que ocorra um aumento nos graus da fragilidade ambiental. Ressalta-se que, as áreas de baixa fragilidade potencial foram menores que a da baixa fragilidade ambiental, chamando a atenção para o uso apropriado nestas áreas onde há um desenvolvimento potencial natural de aumento da fragilidade, levando em consideração o uso da terra como fator determinante para ambas as fragilidades.

Assim, as áreas que possuem grau de fragilidade muito alto, devem ser preservadas, sem nenhuma intervenção e cumprindo a legislação atual. Por fim, nas áreas com baixa fragilidade ambiental, devem ser adotadas estratégias de limitação do uso para conservar a cobertura vegetal e proteger os solos por meio da utilização de práticas conservacionistas.

Os resultados deste trabalho demonstram que a aplicação da proposta metodológica pode ser utilizada também para áreas úmidas como o Pantanal, uma vez que, esse ambiente pode apresentar diferentes níveis de fragilidade, e devido a sua importância necessita de práticas de utilização aceitáveis para que as intervenções antrópicas não aumentem os níveis de fragilidade deste ambiente, e possam causar transformações irreversíveis.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus Três Lagoas (PPGGEO/UFMS).

7. Referências

Almeida, R. A. Territorialização complexo eucalipto-celulose-papel em Mato Grosso do Sul. In: **XXI Encontro de Nacional de Geografia Agrária**, Uberlândia, 2012.

Albuquerque, L. B.; Sakamoto, A. Y. Análise ambiental e o sistema hidrográfico do córrego do Porto, Três Lagoas (MS) para fins de planejamento ambiental. **Revista Geográfica Acadêmica** [online]. Vol.9, n.1, 2015

Bacani, V. M.; Sakamoto, A. Y.; Luchiari, A.; QUENOL, H. Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. **Mercator** (Fortaleza) [online]. vol. 14, n.2, pp. 119-135, 2015.

Crepani, E.; Medeiros, J. S. de; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V.; Barbosa, C. C. F. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial. (INPE-8454-RPQ/722). **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, São José dos Campos. 2001.

Cruz, L. M.; Pinese Júnior, J. F.; Rodrigues, S. C. Abordagem Cartográfica da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Glória – MG. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 62/04, 2010

Cunha, E. R; Bacani, V. M. Caracterização da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Come Onça, Água Clara-MS. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.10, n.22, jan./abr. de 2016. pp.193-205

BRASIL, Ministério das Minas e Energias. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso potencial da terra. Rio de Janeiro. Folha SE. 21 Campo Grande. 1982.

BRASIL. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização - Portaria MMA nº223, de 23 de junho de 2016.** / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. – Brasília: MMA, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª Edição, **Embrapa Solos**, Brasília-DF, 2013 353p.

Morato, R. B.; Kawakubo, F. S.; Luchiari, A. O geoprocessamento como subsídio ao estudo da fragilidade ambiental. **X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**. 2003.

Oliveira, P. C. A. de; Rodrigues, G. S. de S. C.; Rodrigues S. C. Fragilidade ambiental e uso do solo da bacia hidrográfica do Córrego Pindaíba, Uberlândia, MG, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v.3, n.1, p. 54-67, 2008.

Ross, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia**, nº 8. FFLCH-USP. São Paulo. 1994.

SEPLAN, Atlas Multirreferencial/MS. Secretaria de Planej. e Coord. Geral. Fundação IBGE, 1990.

Spörl, C.; Ross, J. L. S. Análise comparativa a fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **Revista GEOUSP – Espaço e tempo**, São Paulo, n. 15, p. 39-49, 2004.

Tricart, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE/ SUPREN (**Recursos Naturais e Meio Ambiente**), 1977. 91 p.