

## **Aplicação das Geotecnologias para a Análise Multitemporal da Fragilidade Ambiental no Município de dois Irmãos do Buriti – MS**

*Anderson Antônio Molina da Silva<sup>1</sup>*

*Vitor Matheus Bacani<sup>2</sup>*

### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi analisar a fragilidade potencial e ambiental multitemporal do município de Dois Irmãos do Buriti – MS para os anos de 1998, 2008 e 2018. Os procedimentos metodológicos fundamentaram-se em técnicas de álgebra de mapas e análise multicritério baseadas nas propostas de Ross (1994; 2012) e Bacani et al. (2015), levando em conta as variáveis, solo, declividade, pluviosidade, áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade e cobertura e uso da terra. Os resultados mostraram que a fragilidade potencial do município de Dois Irmãos do Buriti constitui-se em sua maioria um nível de muito baixo a médio, totalizando 89,23% do território, possuindo uma declividade entre 0 e 6%. A análise multitemporal da fragilidade ambiental revelou a redução da estabilidade ambiental e aumento da média fragilidade ambiental, o que evidencia estado de alerta em relação à intensificação do uso da terra pelas atividades agropecuárias no município.

**Palavras chave:** Geoprocessamento, Fragilidade Ambiental, Dois Irmãos do Buriti.

### **APPLICATION OF GEOTECHNOLOGIES FOR THE MULTITEMPORAL ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL FRAGILITY IN THE MUNICIPALITY OF DOIS IRMÃOS DO BURITI – MS**

### **ABSTRACT**

The aim of this work was to analyze the potential and multitemporal fragility of the municipality of Dois Irmãos do Buriti - MS for the years 1998, 2008 and 2018. The methodological procedures were based on map algebra techniques and multicriteria analysis based on in the proposals of Ross (1994; 2012) and Bacani et al. (2015), taking into account the variables, soil, slope, rainfall, priority areas for biodiversity conservation and land cover and use. The results showed that the potential weakness of the municipality of Dois Irmãos do Buriti is mostly a very low to medium level, totaling 89.23% of the territory, with a slope between 0 and 6%. The multitemporal analysis of environmental fragility revealed a reduction in environmental stability and an increase in the average environmental fragility, which shows a state of alert regarding the intensification of land use by agricultural activities in the municipality.

**Keywords:** Geoprocessing, Environmental Fragility, Dois Irmãos do Buriti.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, molina.and.molina@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Professor Dr.

## **Introdução**

Dutra e Silva et al. (2018) citam a localização estratégica do cerrado no centro geográfico do país, tendo como destaque a malha viária para o escoamento agrícola, o melhoramento genético de espécies adaptadas ao solo e suas planícies que facilitam a agricultura e pecuária mecanizada. Fazendo da região um atrativo para empresas e se tornando uma grande produtora de *commodities*.

Nesse contexto, destaca-se o município de Dois Irmãos do Buriti, que se localiza na Bacia do Alto Paraguai, na interface do planalto de Maracaju/planície pantaneira, que tem acompanhado essa tendência de uso da terra regional em um ambiente de extrema importância ecológica (BRASIL, 2007), que somado à agropecuária, possui projetos de assentamentos rurais (SEMAGRO, 2019) e terras indígenas (OLIVEIRA, 2011).

Um mapeamento do uso e cobertura da terra realizado no município de Dois Irmãos do Buriti – MS revelou que mais de 80% do solo do município é utilizado por pastagens e agricultura, e apenas 20% apresenta certo grau de preservação (CHAGAS, 2011). Santos (2019) também verificou que a agropecuária se mantém como o setor econômico mais importante do município em relação à geração de riqueza, evidenciando a dependência do município ao agronegócio.

O registro e monitoramento das mudanças no uso da terra e cobertura vegetal têm sido positivamente impactados pelos avanços tecnológicos nas áreas de sensoriamento remoto e de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) influenciando de sobremaneira o setor das geotecnologias aplicadas a diagnósticos ambientais rápidos, precisos e de baixo custo para a gestão de prefeituras municipais.

Segundo Paranhos Filho et al. (2016) com o avanço do poder de processamento de dados dos computadores e com o advento de softwares livres e gratuitos, nota-se uma redução de custos na análise de imagens de satélite, imagens que, por sua vez, tiveram uma queda de custo e no caso de imagens Landsat o custo é zero. Deste modo, o uso das geotecnologias no mapeamento e análise da fragilidade potencial e fragilidade ambiental no município de Dois Irmãos do Buriti, vai possibilitar um estudo de caso com economia de tempo e a análise de uma grande área de interesse de forma multitemporal, bem como relacionar os resultados com a ocorrência de processos erosivos.

Com o advento da necessidade de estudar e quantificar a relação entre as atividades antrópicas e a questão ambiental, surgiram diversos modelos para a avaliação de fragilidade potencial e ambiental, tais modelos permitem quantificar os graus de fragilidade dos ambientes

Silva & Bacani. *Aplicação das Geotecnologias para a Análise Multitemporal da Fragilidade Ambiental no Município de dois Irmãos do Buriti – MS*. Revista Pantaneira, V. 20, UFMS, Aquidauana-MS, dezembro de 2021.

e por sua vez avaliar os produtos gerados com o intuito de subsidiar o poder público na tomada de decisões e no planejamento territorial, visando a adequação do uso e ocupação do solo e a minimização dos impactos ambientais (MANFRÉ et al., 2013).

Para entendermos o conceito de Fragilidade ambiental, podemos recorrer a Teoria dos Sistemas. Conforme explica Vitte e Santos (1999) um sistema se define como um complexo de elementos em interação, interação essa de natureza ordenada. Desse modo, de acordo com a dinâmica dos sistemas ambientais, é possível mapear e quantificar suas fragilidades potenciais e ambientais.

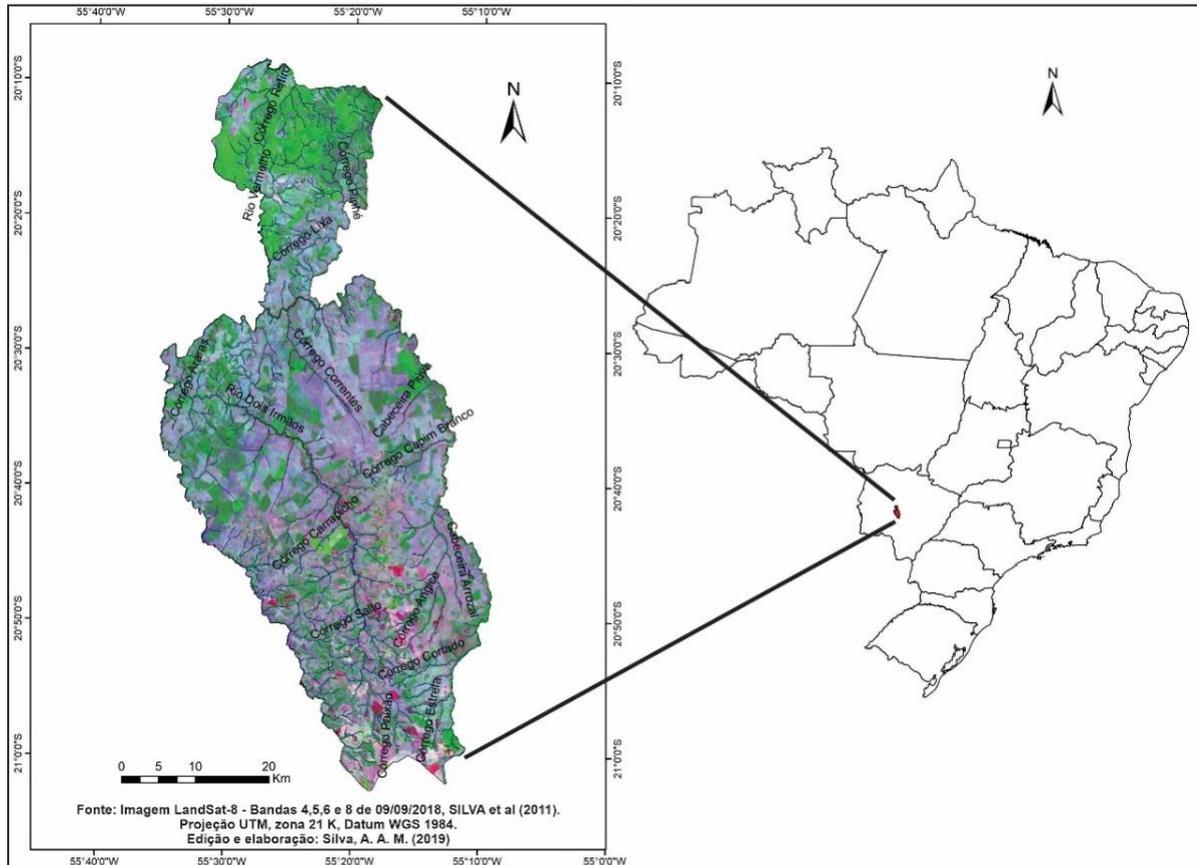
Podemos conceituar dois tipos de fragilidade ambiental diferentes, de acordo com Kawakubo et al. (2005) existe a fragilidade chamada potencial – caracterizada pela fragilidade natural que uma determinada área está submetida, ou seja, a partir do tipo de solo, declividade do relevo, erosividade, erodibilidade, entre outros, onde o local poderá ou não apresentar um equilíbrio natural e a fragilidade emergente (ou ambiental) que, além de considerar os elementos naturais observáveis na fragilidade potencial, acrescenta o fator humano, que se caracteriza pelo uso da terra.

Desse modo, embora existam vários estudos sobre a temática da fragilidade ambiental no país, bem como no estado de Mato Grosso do Sul, o município de Dois Irmãos do Buriti – MS ainda não possui esse tipo de mapeamento em nível municipal e de caráter multitemporal. Dessa forma, esta pesquisa preenche uma lacuna importante na literatura em escala municipal por um lado e por outro, propõe analisar o caráter multitemporal da fragilidade ambiental decorrente das mudanças no uso e cobertura da terra relacionando a ocorrência de processos erosivos, partindo-se da premissa que a intensificação do uso terra aumenta os níveis de fragilidade ambiental.

### **Localização e Caracterização da Área de Estudo**

O município de Dois Irmãos do Buriti tem uma área de aproximadamente 2.345 km<sup>2</sup>. Está localizado na região geográfica intermediária de Campo Grande no Estado de Mato Grosso do Sul (IBGE, 2017), no retângulo envolvente das Latitudes 20°8'23.59"S/ 21°2'35.14"S e longitudes 55°35'12.43"O/ 55°09'7.21"O (Figura 1). Faz divisa com os municípios de Aquidauana ao norte, ao sul com o município de Sidrolândia, e leste com o município de Terenos e com o município de Anastácio a oeste. O município pertence à bacia hidrográfica do Rio Miranda, que compõe a Bacia do Alto Paraguai.

Segundo os dados do Censo demográfico (IBGE, 2010), o município possuía uma população, no último censo, de 10.363 habitantes, já a estimativa para o ano de 2019 é de um total de 11.385 habitantes, um aumento de 9.86% em 9 anos, com uma densidade demográfica de 4,42 hab/km<sup>2</sup>. As atividades econômicas estão ligadas ao agronegócio e concentradas na pecuária (IBGE, 2010).



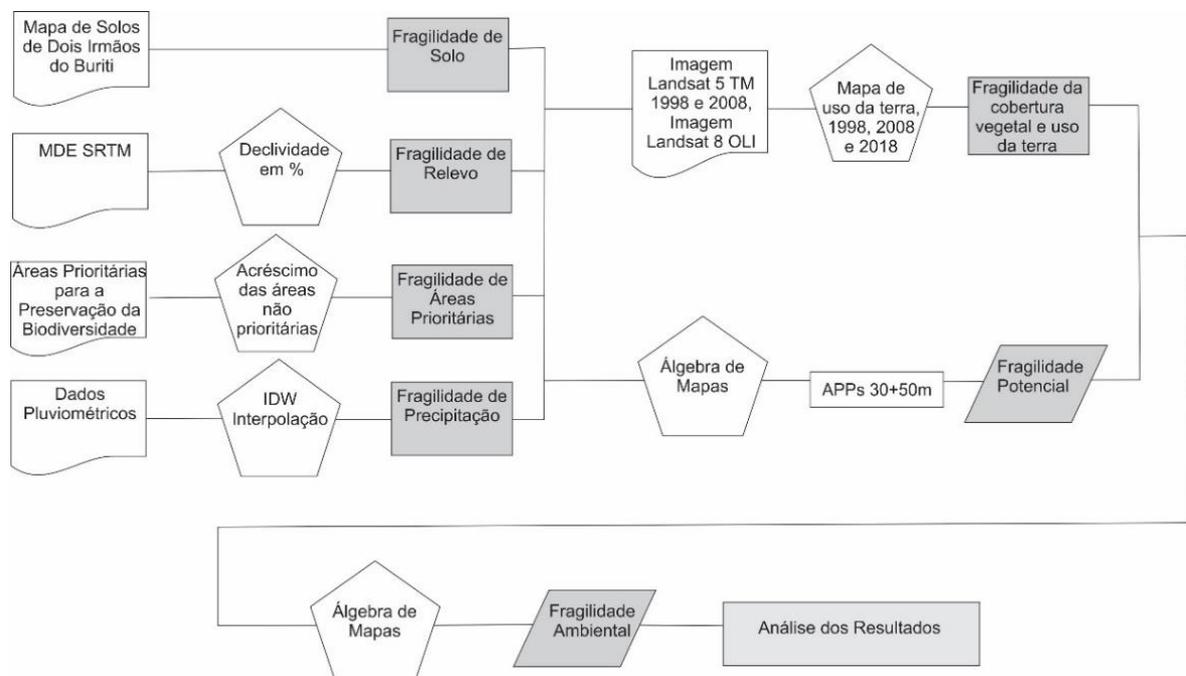
**Figura 1.** Mapa de Localização do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.

O município de Dois Irmãos do Buriti – MS possui uma área de terra indígena demarcada pela FUNAI que se localiza a sudoeste do município e possui sete aldeias dividindo o mesmo território, são elas Água Azul, Barreirinho, Buriti, Nova Buriti, Olho D'Água, Oliveira e Recanto. Todas as aldeias são da etnia Terena, segunda maior etnia de Mato Grosso do Sul (OLIVEIRA, 2011).

Existem quatro assentamentos rurais no município de Dois Irmãos do Buriti – MS, Assentamento Marcos Freire, no limite com o município de Anastácio – MS; Santa Amélia, Paulo Freire e Piúva 5, sendo que os três últimos citados ficam próximos a área urbana do município.

## Materiais e Métodos

Os procedimentos metodológicos fundamentaram-se em técnicas de álgebra de mapas e análise multicritério baseadas nas propostas metodológicas de análise de fragilidade ambiental descritas em Ross (1994; 2012) e Bacani et al. (2015), levando em conta as variáveis, solo, declividade, pluviosidade, áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade e cobertura e uso da terra e áreas protegidas (Áreas de Preservação Permanente), segundo a Figura 2.



**Figura 2.** Fluxograma dos procedimentos metodológicos.

O mapa de solo de Mato Grosso do Sul foi obtido em formato *shapfile* através do site do SISLA – Sistema Interativo de suporte ao Licenciamento Ambiental, site esse que é mantido pelo IMASUL – Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. Para recortar a área de interesse foi utilizado o limite do município de Dois Irmãos do Buriti (IBGE, 2017). O mapa de solos foi baseado no Macrozoneamento Geoambiental (1989). A classificação dos solos foi feita de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – Embrapa (2018), pois a classificação obtida no arquivo estava defasada.

O próximo passo foi a conversão do mapa de solos do formato vetorial para o formato raster, para tornar possível a atribuição de pesos para as classes de solos conforme a metodologia proposta por Ross (1994), para isso foi utilizado o *Software ArcGis/ArcMap®*

Silva & Bacani. *Aplicação das Geotecnologias para a Análise Multitemporal da Fragilidade Ambiental no Município de dois Irmãos do Buriti – MS*. Revista Pantaneira, V. 20, UFMS, Aquidauana-MS, dezembro de 2021.

10.5(ESRI, 2018). Foram utilizadas as ferramentas: Arctoolbox>Conversion Tools>To Raster>Polygon to Raster.

Com o arquivo no formato raster foi possível utilizar a ferramenta *Reclassify* para reclassificar a imagem atribuindo a ela os valores com os pesos referente a fragilidade do solo, assim, foi obtida o mapa de fragilidade do solo do município. Na Tabela 1 é possível observar como os solos foram agrupados em classes e nível de fragilidade referente ao peso que elas receberam.

**Tabela 1** – Agrupamento de Solos por Nível de Fragilidade.

<b>Classes de solo</b>	<b>Nível de fragilidade</b>	<b>Peso</b>
LEa11/LEa19/LRe3/LRd2/LRa1	Muito baixa	1
PVd3/PVa10	Média	3
PVd5/PVd4	Alta	4
Ra2/AQa7/Rd4/AQa11/AQa6/HGPd6/AQa12/Re4/Re1	Muito Alta	5

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

O mapa de declividade do Município de Dois Irmãos do Buriti foi obtido através do mosaico de duas imagens do RADAR SRTM (TOPODATA/INPE). O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi recortado conforme a área de interesse, em seguida foi utilizada a ferramenta *Slope* no *software* ArcGis 10.5 (ESRI, 2018) para a obtenção da declividade em porcentagem: *Spatial Analyst Tools>Surface>Slope*. Após a obtenção do MDE SRTM em porcentagem foi possível fazer a reclassificação do mesmo de acordo com as classes de declividade propostas pela metodologia de Ross (1994), para isso foi utilizada a ferramenta *Reclassify* do ArcGis 10.5: *Spatial Analyst Tools>Reclass>Reclassify*. A Tabela 2 como foram definidas as classes de fragilidade em função da declividade (ROSS, 1994).

**Tabela 2** . Divisão das classes de fragilidade da declividade.

<b>Categorias Hierárquicas</b>	<b>Classes</b>
1 – Muito Baixa	>6%
2 – Baixa	De 6% a 12%
3 – Média	De 12% a 20%
4 – Alta	De 20% a 30%
5 – Muito Alta	>30%

Fonte: Ross (1994).

Para obter o mapa das Áreas Prioritárias para a conservação da Biodiversidade, primeiramente foi incluído no ArcGis/Arcmap o *Shapefile* do levantamento das mesmas disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA, aprovada pela deliberação CONABIO nº 39, de 14 de dezembro de 2005 (BRASIL, 2005), que por sua vez foi baseada no

Silva & Bacani. *Aplicação das Geotecnologias para a Análise Multitemporal da Fragilidade Ambiental no Município de dois Irmãos do Buriti – MS*. Revista Pantaneira, V. 20, UFMS, Aquidauana-MS, dezembro de 2021.

Mapa de Biomas do Brasil elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004). Após a inclusão do *shapefile* em ambiente SIG, foi recortada a área de interesse e convertido em formato Raster para que pudesse ser reclassificado com o peso de importância biológica, conforme a metodologia proposta por Ross (1994), (Tabela 3).

**Tabela 3 .** Áreas prioritárias para a conservação.

<b>Importância Biológica</b>	<b>Níveis de Fragilidade</b>	<b>Peso</b>
Não Prioritária	Muito Baixa	1
Alta	Alta	4
Extremamente alta	Muito Alta	5
Alta	Muito Alta	5

Fonte: Probio/MMA (2007) apud Félix da Silva e Bacani (2017) – Adaptado de Ross (1994).

Para o mapa pluviométrico, foram adquiridos os dados pluviométricos entre 1977 e 2006 de 9 estações meteorológicas, extraídos da Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), disponibilizados em sua homepage. Para classificar os valores dos pesos, foi utilizada uma técnica de interpolação denominada IDW (Inverse Distance Weighted), que calcula os valores pelo inverso do quadrado das distâncias, ou seja, o interpolador assume que as feições mais próximas têm valores mais semelhantes que as mais separadas (BURROUCH; McDONNELL, 1998). A seguir, foi feita uma adaptação do valor obtido pela metodologia de Crepani et al. (2001), que tem um valor máximo de 3, para a proposta de Ross (1994) que tem o valor máximo de 5, por meio de uma regra de 3 simples (Tabela 4).

**Tabela 4 .** Escalas de Vulnerabilidade/fragilidade.

<b>Metodologia</b>	<b>Crepani et. al (2001)</b>	<b>Ross (1994)</b>
Peso	3 1,5	5 2,5

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

Para elaborar o mapa de uso da terra do ano de 1998, foram adquiridas duas imagens LANDSAT 5, sensor TM, das órbitas ponto 225/74 e 225/75, imageadas em 20 de outubro de 1998, bandas 3, 4 e 5. Para o ano de 2008, foram adquiridas duas imagens LANDSAT 5, sensor TM, das órbitas ponto 225/74 e 225/75, imageadas em 15 de outubro de 2008, bandas 3, 4 e 5. Por fim, para o ano de 2018, uma imagem LANDSAT 8, da órbita ponto 225/74, bandas 4, 5, 6, e 8, datada de 09 de setembro de 2018. As imagens foram baixadas do site do United States Geological Survey – USGS.

Das imagens LANDSAT 5 – TM (1998, 2008), foram realizadas a composição falsa cor RGB, associando o R a banda 5, o G a banda 4 e o B foi associado a banda 3. Da imagem

Silva & Bacani. *Aplicação das Geotecnologias para a Análise Multitemporal da Fragilidade Ambiental no Município de dois Irmãos do Buriti – MS*. Revista Pantaneira, V. 20, UFMS, Aquidauana-MS, dezembro de 2021.

LANDSAT 8 – OLI (2018), foi realizada a composição falsa cor RGB, onde o R foi associado a banda 6, o G foi associado a banda 5 e o B foi associado a banda 4. Também foi realizado o tratamento da imagem com a ferramenta de contraste, para assim as imagens serem recortadas usando como máscara o limite do Município.

Para realizar a classificação, primeiramente foi necessário fazer a segmentação da imagem por regiões, o processo foi feito com a ferramenta de segmentação do Spring 5.5.4 onde é atribuído um número para similaridade e um número para Área (pixels), a segmentação que melhor separou as feições foi a de Similaridade 4 e Área 6, foi utilizado os mesmos parâmetros de segmentação em todas as imagens.

Após a realização da segmentação, foi aberta a janela de Classificação de imagens, selecionada as imagens RGB fusionadas, criado um novo arquivo de contexto por regiões e selecionado a arquivo de segmentação. Após isso foi iniciado o treinamento com a aquisição de amostras das feições, por conseguinte iniciada a classificação por regiões utilizando o Algoritmo *Batacharya*.

A delimitação das áreas de preservação permanente foi elaborada de acordo com a legislação vigente: Art. 3º, item II e delimitada nos termos do Art. 4º itens I, II, IV, V, VIII e IX da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012). Foi adquirido o *shapefile* com a hidrografia de Mato Grosso do Sul (SILVA et al., 2011) e aplicado o método de buffer no ArcGis/ArcMap.

Para que o mapa de fragilidade potencial fosse elaborado foi necessária a aplicação de técnica de álgebra de mapas, onde valores para cada classe de mapas foram atribuídas e posteriormente ponderadas em ambiente SIG, para isso foram utilizados os valores referente a metodologia de Ross (1994;2012). Para tal, foi utilizada a ferramenta Weighted Overlay do software ArcGis/Arcmap 10.5, adicionando as seguintes variáveis: Áreas Prioritárias, Solos, Pluviosidade e declividade. Após a ponderação das variáveis propostas por Ross (1994), o resultado foi convertido em formato vetorial, por meio da ferramenta Raster To Polygon, disponível em Conversion Tools>From Raster>Raster to Polygon, para assim ser realizada a sobreposição das Áreas de Preservação Permanente (APP) de 50m e 30m, por meio da ferramenta Update, disponível em Analysis Tools>Overlay>Update.

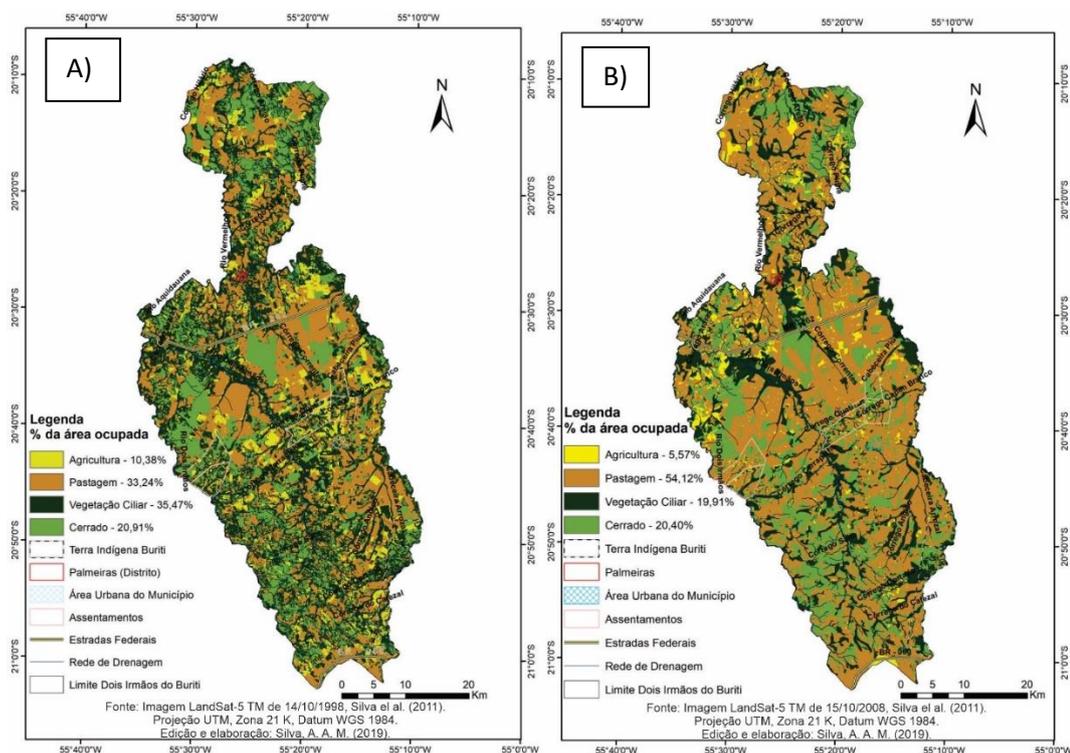
A fragilidade ambiental foi elaborada através da álgebra de mapas entre o uso da terra e a fragilidade potencial do Município, tomando como referência a metodologia de Ross (1994; 2012). Para a sobreposição ponderada ser possível, foi feita a conversão dos arquivos para o

formato raster e também a sua reclassificação. A seguir foi utilizada a ferramenta *Weighted Overlay*, disponível no seguinte caminho: *Spatial Analyst Tools / Overlay / Weighted Overlay*.

## Resultados e Discussões

### Mapeamento de uso da terra

O mapeamento multitemporal do uso e cobertura da terra do município de Dois Irmãos do Buriti – MS revelou as principais mudanças ocorridas entre 1998, 2008 e 2018 (Figuras 3 e 4). Nos anos de 1998 e 2008, foram obtidas quatro classes temáticas distintas: Agricultura, Pastagem, Vegetação Ciliar e Cerrado, tais classes foram agrupadas de modo a facilitar a posterior atribuição de peso na reclassificação, por exemplo, não foram consideradas as diferentes plantações de culturas na agricultura, tendo em vista que todas possuem o mesmo nível de fragilidade de acordo com a metodologia utilizada.



**Figura 3.** Mapa da ocupação e uso da terra do ano de 1998 (A), Mapa da ocupação e uso da terra do ano de 2008 (B).

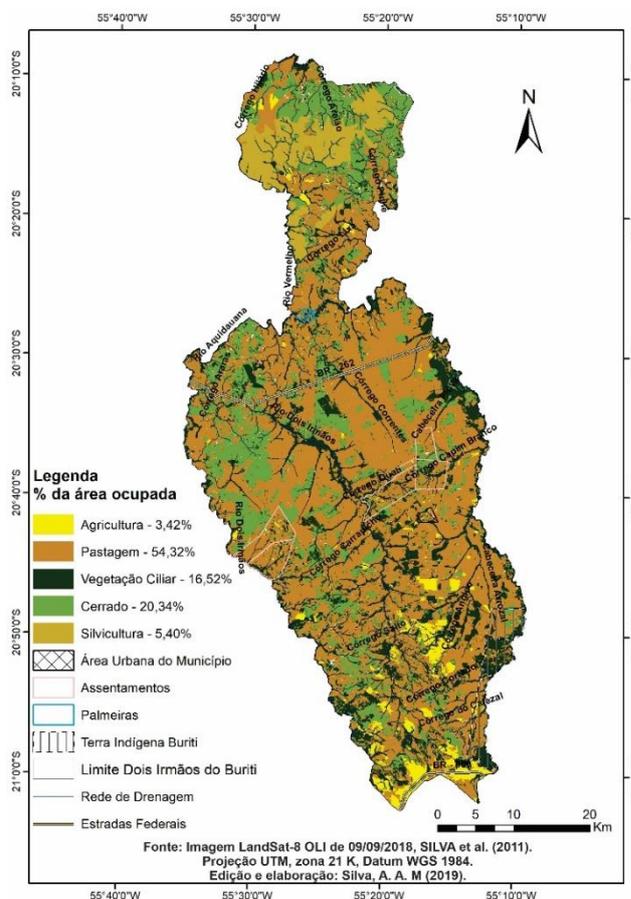
Ao comparar-se os mapas de uso da terra dos anos de 1998 e 2008 (Figura 3), nota-se que a pastagem obteve um crescimento substancial, passando de 33,24% para 54,12% da área, evidenciando a substituição da agricultura, que declinou de 10,38% para 5,57%. O mapeamento também evidenciou a retirada da vegetação ciliar, que tinha 35,47% da área do município e

declinou, no ano de 2008 para 19,91%. Na Tabela 6 observa-se os dados de área e porcentagem das classes dos anos de 1998, 2008 e 2018.

**Tabela 5** . Uso da terra no município de Dois Irmãos do Buriti em 1998, 2008 e 2018 – quantificação e porcentagem.

Uso e cobertura da terra	Área 1998		Área 2008		Área 2018		% de mudança (1998-2018)	Grau de fragilidade	Peso
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%			
Agricultura	243,11	10,38	130,47	5,57	79,97	3,42	-6,96	Alto	4
Pastagem	778,22	33,24	1266,9	54,12	1271,56	54,32	+21,08	Médio	3
Vegetação Ciliar	830,28	35,47	466,02	19,91	386,77	16,52	-18,95	Muito Baixa	1
Cerrado	489,43	20,91	477,60	20,40	476,33	20,34	-0,57	Baixa	2
Silvicultura	-	-	-	-	126,41	5,40	+5,40	Baixa	2

Fonte: Adaptado de Ross (1994).



**Figura 4.** Mapa de Uso da Terra do município de Dois Irmãos do Buriti – MS – 2018.

Silva & Bacani. *Aplicação das Geotecnologias para a Análise Multitemporal da Fragilidade Ambiental no Município de dois Irmãos do Buriti – MS*. Revista Pantaneira, V. 20, UFMS, Aquidauana-MS, dezembro de 2021.

O mapeamento de uso da terra no ano de 2018 (Figura 4) chegou aos seguintes resultados: a classe Agricultura ocupou a menor área, totalizando 3,42%, com alto grau de fragilidade, é observável um decréscimo na região norte e central do município, porém houve um aumento na região sul, impulsionado pelo plantio da soja próximo ao limite entre Dois Irmãos do Buriti e Sidrolândia, cabe ressaltar que a agricultura do município é composta basicamente por soja e milho.

A área de Pastagem totalizou 54,32%, com um médio nível de fragilidade, observa-se que em 2018 a classe teve a mesma porcentagem que no ano de 2008. A cobertura de pastagem é do tipo plantada na região de Cerrado, *Brachiara decubens*, pois tem um fácil manejo e adaptação, além da boa palatabilidade e digestibilidade pelo rebanho (AGRAER, 2019).

Com 16,52% a menor área foi a Vegetação Ciliar, com uma fragilidade muito baixa, houve declínio da área nos últimos 20 anos. Porém o município adotou políticas públicas do município voltadas para o Meio Ambiente, tal como a criação do Conselho Municipal de Meio Ambiente em 2009, que freio o declínio da classe nos últimos 10 anos (DOIS IRMÃOS DO BURITI, 2009). As áreas cobertas por Cerrado ocupam a segunda maior área, totalizando 20,34%, com um nível baixo de fragilidade. Por fim, as áreas classificadas como Silvicultura ocupam uma porcentagem de 5,4%, com um nível baixo de fragilidade, é a segunda menor classe de uso da terra, porém não menos importante, pois vem crescendo nos últimos anos. A Silvicultura destaca-se ao norte do município com o plantio de eucalipto, que vem substituindo áreas de pastagem por tal cultura.

### **Fragilidade Potencial e Ambiental**

Para o mapeamento da fragilidade potencial e ambiental, foram obtidos os mapas que subsidiariam a análise e as operações de álgebra em ambiente SIG. Tais mapas foram, mapa de solos, declividade em porcentagem, precipitação, áreas prioritárias e APPS.

Ao verificar o mapa de solos de Dois Irmãos do Buriti – MS, identificaram-se 18 classes de solo (Tabela 1, p. 4). A área urbana, todos os assentamentos rurais e a Terra Indígena Buriti, bem como a maior parte do município apresentam solos com fragilidade muito baixa. Destaca-se a presença de Latossolo Vermelho.

Podemos observar que 63,76% da área apresenta declividades menores que 6%, sendo considerado de fragilidade muito baixa. A segunda maior classe, com 27,44% da área, foi a de

Silva & Bacani. *Aplicação das Geotecnologias para a Análise Multitemporal da Fragilidade Ambiental no Município de dois Irmãos do Buriti – MS*. Revista Pantaneira, V. 20, UFMS, Aquidauana-MS, dezembro de 2021.

declividade de 6% a 12%, com grau de fragilidade baixa (Tabela 6). A Fragilidade alta ficou com uma área de 1,57%, ou seja, entre 20% a 30%. A menor classe foi a muito baixa, com apenas 0,96%, com uma declividade maior que 30%.

**Tabela 6** .Quantificação das classes de declividade do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.

<b>Classes de Declividade</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Grau de Fragilidade</b>
>6%	1491,75	63,76	1-Muito Baixa
De 6% a 12%	641,92	27,44	2-Baixa
De 12% a 20%	146,59	6,27	3-Média
De 20 % a 30%	36,79	1,57	4-Alta
>30%	22,44	0,96	5-Muito Alta

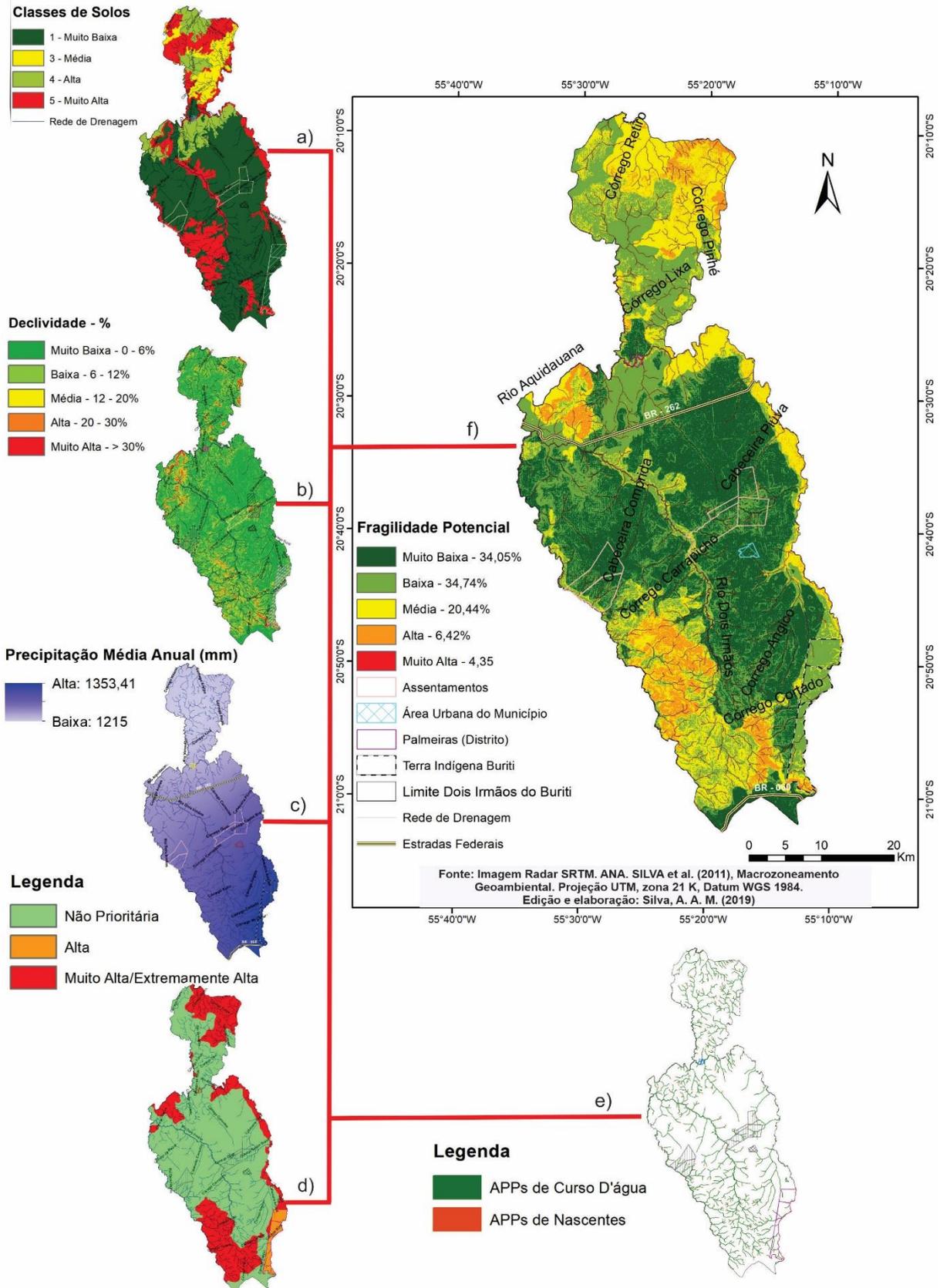
Fonte: Dados da pesquisa/Adaptado de Ross (1994).

A partir dos dados é possível verificar que na maior parte da área do município de Dois Irmãos do Buriti - MS predominam as classes muito baixa e baixa, as duas classes somam 91,20% da área do município, ou seja, a maior parte do município possui relevo plano, com exceção das áreas a noroeste, próximo ao limite com o município de Aquidauana, no sul do município, próximo ao quilômetro 458 da BR-060 e algumas poucas áreas ao norte.

Na área analisada é possível observar que a média anual varia de 1215mm a 1353,41mm por ano. O período chuvoso no município dura 9 meses do ano (setembro a maio), possuindo 3 meses de estiagem (junho e agosto), tais dados foram levados em conta para a elaboração da carta de intensidade pluviométrica e posterior combinação dos dados para chegar na carta de fragilidade potencial.

Quanto as Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade, nota-se que a os quatro assentamentos do município encontram-se em áreas não prioritárias. A Terra indígena Buriti é considerada como uma área de alta prioridade, a sudeste do município, contendo 7 aldeias indígenas em seu território. As áreas que correspondem as de alta de muito alta prioridade são: Ao norte a Serra de Maracaju, a sudeste uma região de beleza paisagística onde se considera o fomento ao ecoturismo, por fim, a sudoeste onde se situa um corredor da Serra de Maracaju, área de muitas nascentes e segundo o MMA (2007), há estudos sobre a criação de um Parque Nacional.

Sobre as APPs mapeadas, nota-se que, apesar da área de vegetação ciliar estar diminuindo ao longo das décadas analisadas, ou seja, menos 18,95%, tal diminuição não invadiu as áreas de preservação permanente.



**Figura 5.** Combinação de dados de solo (a), declividade (b), pluviosidade (c) e áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (d), áreas de proteção permanente (e), originaram a fragilidade potencial (f).

Como resultado da combinação das variáveis: solo, declividade, pluviosidade, áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade e Áreas de Preservação Permanente caracterizou-se a fragilidade potencial do município de Dois Irmãos do Buriti – MS (Figura 5), agrupadas em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, distribuídas espacialmente em áreas apresentadas na Tabela 7.

**Tabela 7** . Áreas correspondentes a Fragilidade Potencial do município de Dois Irmãos do Buriti – MS.

Classes de Fragilidade Potencial	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
1 – Muito Baixa	796,65	34,05
2 – Baixa	812,68	34,74
3 – Média	477,98	20,44
4 – Alta	150,16	6,42
5 – Muito Alta	101,87	4,35

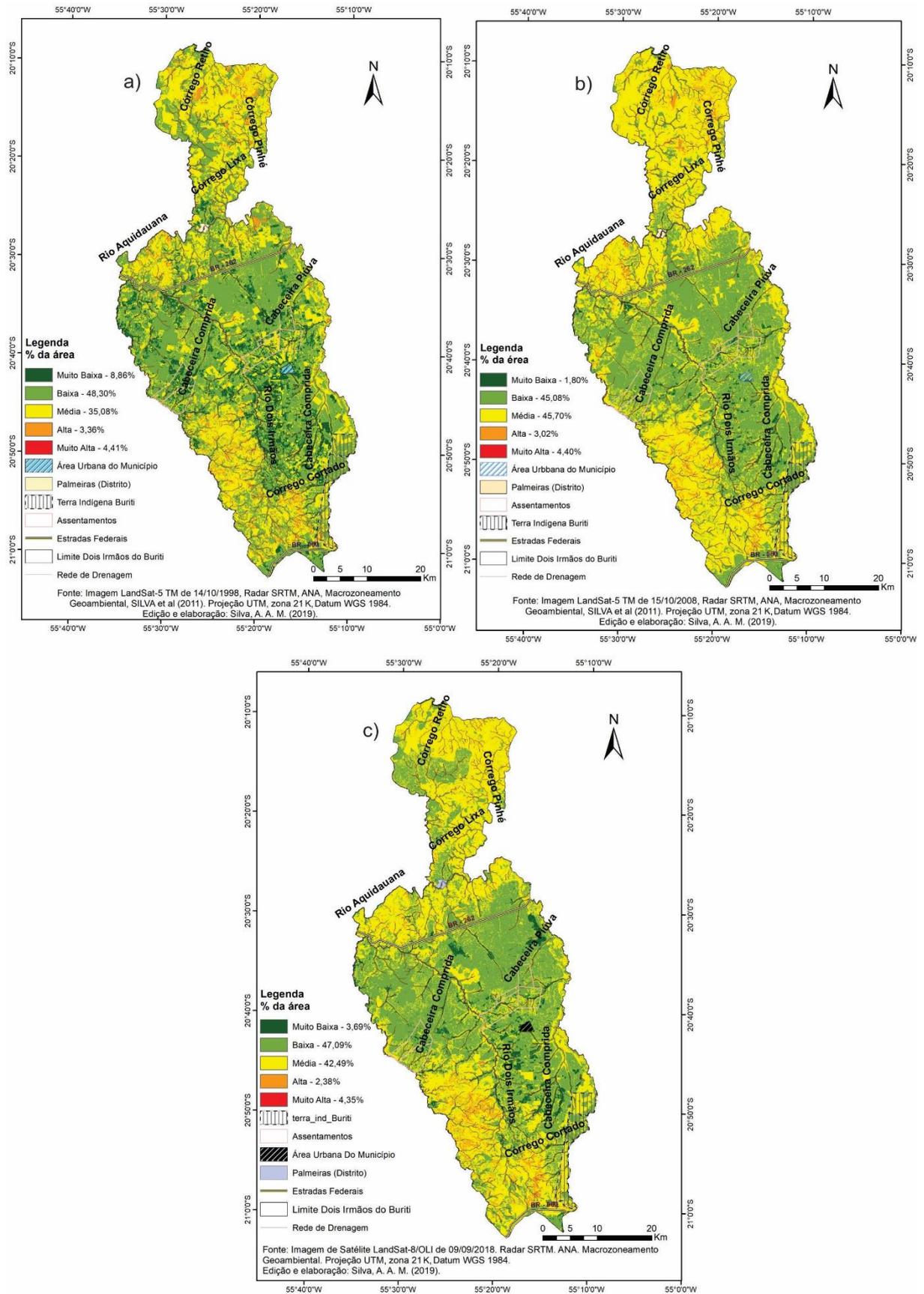
Fonte: Dados de pesquisa.

Nota-se que a baixa fragilidade potencial é a maior classe em área ocupada no município, com 34,74%; seguido do nível muito baixo, com 34,05%; o terceiro maior nível de fragilidade potencial foi a média fragilidade potencial, com 20,44% da área do município. Sendo assim, essas três classes somadas equivalem a um total de 89,23% da área do município, ou seja, levando em consideração a soma de todos os fatores analisados para gerar a carta de fragilidade potencial, verifica-se que considerando apenas os elementos do meio físico natural a maior parte de Dois Irmãos do Buriti não possui um elevado nível de fragilidade potencial. Esse resultado, se explica, pelo predomínio do solo encontrado na área, Latossolo Vermelho, cuja fragilidade é muito baixa e relevo plano, com declividades entre 0 e 6%.

Com a combinação dos dados de fragilidade potencial (solo, declividade, pluviosidade e áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade) somadas aos mapas de uso da terra dos anos de 1998, 2008 e 2018, identificou-se a fragilidade ambiental referente aos mesmos anos (Figura 6). Observa-se a quantificação das classes e a respectiva porcentagem dos anos mapeados na Tabela 8.

**Tabela 8** . Áreas correspondentes a Fragilidade Ambiental do município de Dois Irmãos do Buriti – MS, em 1998, 2008 e 2018.

Classes de Fragilidade Ambiental	1998		2008		2018		% de mudança (1998-2018)
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	
1 – Muito Baixa	207,45	8,86	42,21	1,80	86,36	3,69	-5,17
2 – Baixa	1130,55	48,30	1055,24	45,08	1101,34	47,09	-1,21
3 – Média	821,13	35,08	1069,46	45,70	993,87	42,49	+7,41
4 – Alta	78,58	3,36	70,79	3,02	55,61	2,38	-0,98
5 – Muito Alta	103,14	4,40	103,03	4,40	101,83	4,35	-0,05



**Figura 6.** Mapa de fragilidade ambiental do município de Dois Irmãos do Buriti – MS, dos anos 1998 (a), 2008 (b) e 2018 (c).

Analisando os dados dos três anos, nota-se que a fragilidade ambiental muito baixa apresentou uma variação no período de 20 anos, no ano de 1998 representava 8,86% da área, diminuiu no ano de 2008 representando 1,8% da área de estudo, em 2018 aumentou para 3,69%. Tal fato, ocorreu devido a retirada da vegetação natural para uso antrópico, os dados podem ser associados com a redução de vegetação ciliar dos anos analisados.

A classe de fragilidade ambiental classificada como baixa também sofreu variações, representava 48,30% em 1998, caiu para 45,08% em 2008 e subiu no ano de 2018 para 47,09%. Também, influenciado pela troca de vegetação natural, para uso antrópico, associado as mudanças econômicas ocorridas no município nos últimos 20 anos, quando o município fez uma transição para a criação de bovinos, aumentando assim, o plantio de pastagens.

A classe de fragilidade ambiental média em 1998 representava uma área equivalente a 35,08%, aumentou consideravelmente em 2008 para 45,69% e regrediu para 42,49% no ano de 2018. Tal acontecimento, se deu, pois, houve um aumento significativo na pastagem nos últimos anos, aumentando de 33,24% em 1998 para 54,79% em 2018. O uso da terra como pastagem para criação de gado foi incentivada pela inauguração do frigorífico no município em 2010 e da organização da Cooperativa de Produtores de Leite – COOPERDIB (ACRISUL, 2018).

As áreas classificadas como sendo de alta fragilidade ambiental e a muito alta não variaram muito durante as três datas analisadas. A Alta representava um total de 3,36% em 1998, foi para 3,02% no ano de 2008 e para 2,38% em 2018. A classe considerada de Muito Alta fragilidade ficou praticamente restrita as APPs variando entre 4,41% no ano de 1998, 4,40% no ano de 2018 e 4,35% no ano de 2018.

A redução da classe de alta fragilidade ambiental se deve ao fato de uma pequena recuperação da Mata Ciliar, nos últimos 10 anos e a substituição da agricultura temporária em áreas de fragilidade potencial alta, por pastagem. Essas melhorias, também coincidem com a criação da Lei Complementar nº 05/2009, de 27 de janeiro de 2009, que dispõe sobre a Política Municipal de Meio Ambiente, que em seu art. 4º, inciso I, versa sobre o incentivo à adoção de hábitos, costumes, posturas e práticas sociais e econômicas não prejudiciais ao meio ambiente, dentre outros interesses municipais. Também foi criado, com essa lei, o Conselho Municipal de Meio Ambiente, que dentre outras funções deve estabelecer normas, padrões, critérios e parâmetros de qualidade ambiental, realizar o zoneamento ambiental e o licenciamento e revisão de atividades potencialmente poluidoras (DOIS IRMÃOS DO BURITI, 2009).

Desta forma, os resultados do estudo da fragilidade ambiental no município de Dois irmãos do Buriti- MS corroboram e agregam-se aos outros estudos realizados no Mato Grosso do Sul, pois, assim como os estudos citados, a maior porcentagem da área de estudo está classificada com fragilidade baixa e média. Tendo também como fator predominante o uso da terra como pastagem e declividades pouco acentuadas.

## **Conclusão**

A partir da análise dos resultados deste trabalho, conclui-se que, considerando apenas variáveis do meio físico-natural, o município de Dois Irmãos do Buriti – MS tem uma fragilidade potencial predominante entre muito baixa e média, totalizando 89,23% de seu território. A fragilidade potencial baixa foi a maior classe mapeada com 34,74% da área, situada em uma região com relevo plano, (declividades entre 0 e 6%), são as áreas mais utilizadas para a pecuária e plantio de eucalipto, o que reflete diretamente na fragilidade ambiental.

Quanto à análise da fragilidade ambiental dos anos de 1998, 2008 e 2018, notou-se uma variação entre as classes que evidenciam uma antropização do uso da terra nos últimos 20 anos, principalmente pelo plantio de pasto para a criação de bovinos, a agricultura sendo introduzida de maneira mecanizada no sul do município, com o plantio da soja, próximo ao limite com Sidrolândia – MS, próximo a BR-060.

Apesar do município se manter com mais de 50% de classes de fragilidade baixa e muito baixa no ano de 2018, e somado com a média chega-se ao total de 93,27%, se comparado ao ano de 1998, houve uma queda das classes de fragilidade muito baixa e baixa.

O município não tem altos níveis de fragilidade ambiental alta e muito alta, por causa do seu solo, em sua maioria Latossolos, baixas declividades e o uso da terra em sua maioria com pastagem, com fragilidade média entre outros usos, com menor fragilidade como o eucalipto.

O mapeamento de fragilidade potencial e ambiental foi de grande importância para a compreensão da dinâmica da área em análise, pois com os graus de fragilidades estabelecidos é possível um planejamento por parte dos gestores de forma estratégica. Analisou-se uma grande área de interesse, ou seja, toda área do município, utilizando as geotecnologias e com economia de tempo e recursos. Por fim, a pesquisa pode ser usada como subsídio para o planejamento territorial e pode ser o ponto de partida para o avanço do conhecimento da região e outras pesquisas.

Silva & Bacani. *Aplicação das Geotecnologias para a Análise Multitemporal da Fragilidade Ambiental no Município de dois Irmãos do Buriti – MS*. Revista Pantaneira, V. 20, UFMS, Aquidauana-MS, dezembro de 2021.

## REFERÊNCIAS

- ACRISSUL. **Associação dos Criadores de Mato Grosso do Sul**. 2018. Disponível em: <encurtador.com.br/atEY6>. Acesso em 10 nov. 2019.
- AGRAER. Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão e Rural. /Agraer promove dia de campo sobre reforma de pastagem em Dois Irmãos do Buriti/. 2019. Disponível em <encurtador.com.br/nJOSW> Acesso em: 13 out 2019.
- ANA. Agência Nacional de Água. **Precipitação pluviométrica**. 2018. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/>. Acesso em: 15 dez. 2018.
- 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.
- BRASIL. Código Florestal Brasileiro. **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012**. Brasília, Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: <encurtador.com.br/cKNT5>. Acesso em: 15. jun. 2018.
- BRASIL. **Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. IBGE. Contagem Populacional**. Disponível em: <encurtador.com.br/fsFOP>. Acesso em: jul. 2018.
- BRASIL. MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização – Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007**. / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. – Brasília: MMA, 2007.
- BRASIL. MMA. Ministério do Meio Ambiente. **CONABIO nº 39, de 14 de dezembro de 2005**. Atualização - Portaria MMA nº9 de 23 de janeiro de 2007.
- BURROUGH, P.; MCDONNELL, R. **Principles of geographical Information Systems**: Oxford: Clarendon. 1998. 333p.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO. J.; LI, M. F. **SPRING: integrating remote sensing and GIS with object-oriented data modeling**. **Computers and Graphics**, Amsterdam, v. 15, p. 13-22, 1996.
- CHAGAS, C. S. **Zoneamento Agroecológico do município de Dois Irmãos do Buriti – MS**. Dados eletrônicos. - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 63 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Solos, ISSN 1678- 0892; 181).
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; GALLOTTI, T.; VALDETE, F.; CLÁUDIO, D.; FARIA BARBOSA, C.; JOSÉ, S.; CAMPOS, D. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE,124 p., 2001.
- DOIS IRMÃOS DO BURITI. Lei Complementar nº 05/2009, de 27 de janeiro de 2009. Dispõe sobre a Política Municipal de Meio Ambiente e dá outras providências. Dois Irmãos do Buriti, Mato Grosso do Sul, 27 jan de 2009.
- EMBRAPA - Solos, 2018. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed., Brasília: EMBRAPA Solos, 356p.
- ESRI. ArcGis 10.5. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, CA. 2018.
- DUTRA E SILVA, S.; BOAVENTURA, J. K.; PORFÍRIO JÚNIOR, D. E.; SILVA NETO, C. M. A Última Fronteira Agrícola do Brasil: o Matopiba e os Desafios de Proteção Ambiental no Cerrado. **Estudios Rurales**, vol. 8, Nº Especial (Outubre), CEAR-UNQ. Buenos Aires; pp. 145-178, 2018.
- EMBRAPA - Solos, 2018. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed., Brasília: EMBRAPA Solos, 356p.
- ESRI. ArcGIS 10.5. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, CA. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Brasília: DF. Disponível em <encurtador.com.br/AGOSU>. Acesso em: 16 de jul. 2019.

Silva & Bacani. *Aplicação das Geotecnologias para a Análise Multitemporal da Fragilidade Ambiental no Município de dois Irmãos do Buriti – MS*. Revista Pantaneira, V. 20, UFMS, Aquidauana-MS, dezembro de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão Regional do Brasil. 2017. Disponível em: <encurtador.com.br/drzAN>. Acesso em: 01 set. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE cidades@: Dois Irmãos do Buriti: MS. 2017. Disponível em: <encurtador.com.br/ayIJJN>. Acesso em: 31 ago. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas de biomas. 2004. Disponível em: <encurtador.com.br/bW378>. Acesso em: 15 jun. 2019.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução: José Carlos Neves Ephiphany et al. São José dos Campos:Parênteses, 2009. 599p.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2203 - 2210.

MANFRÉ, L. A.; DA SILVA, A. M.; URBAN, R. C.; RODGERS, J. **Environmental fragility evaluation and guidelines for environmental zoning: a study case on Ibiuna (the Southeastern Brazilian region)**. Environmental Earth Sciences, v. 69, n. 3, p. 947–957, 2013.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3ª ed 1ª reimp. Ed. da UFV, 2007. 320p.

NOVO, E. M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto - Princípios e Aplicações**. São Paulo, Bucher, 2008. p363.

OLIVEIRA, J. E. Sistema de assentamento e processo de territorialização entre os Terena da Terra Indígena Buriti, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Habitus - Revista do Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia**, v. 9, n. 1, p. 169-199, 2011.

PARANHOS FILHO, A. C.; MIOTO, C. L.; MARCATO JÚNIOR, J.; CATALANI, T. G. T. **Geotecnologias em aplicações ambientais**: material didático. Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 2016.

QGIS Development Team, 2016. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em <<http://www.qgis.org/>>.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. Revista do Departamento de Geografia - USP, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. **Revista do Departamento de Geografia - USP**, vol. esp. p.38-51, 2012.

SEMAGRO. Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar. / Portal de Informações e Geoposicionamento de Mato Grosso do Sul (PIN MS)/.2019. Disponível em <<https://www.pinms.ms.gov.br/portal/home/index.html>> Acesso em: 7 de dez 2019.

SRTM30. Topodata-INPE. 2008. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>> Acesso em: 19 out. 2018.

SILVA, J. S. V.; SPERANZA, E. A.; GONÇALVES, L. V.; ESQUERDO, J. C. D. M.; MAURO, R. A.; BIANCHINI, S. L.; FLORENCE, R. O. **Projeto GeoMS: melhorando o Sistema de Licenciamento Ambiental do Estado do Mato Grosso do Sul**. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2011.

SILVA, L. F.; BACANI, V. M. Análise da Fragilidade Ambiental e das Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Córrego Fundo, Município de Aquidauana – MS. **Caderno de Geografia**, vol 27, n.49, 2017.

SILVA, R. M. Uso e Ocupação do Solo Agrícola no Município de Dois Irmãos do Buriti – MS. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2019.

USGS - **UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY**. Disponível em <<http://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em: 12 Dez 2018.

VITTE, A. C.; SANTOS, I. **Proposta Metodológica para Determinação de “Unidades de Conservação” a partir do Conceito de Fragilidade Ambiental**. Revista Paranaense de Geografia. 4, 60-68. 1999.