



## FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS, MATO GROSSO DO SUL, BRASIL

Rafael Bartimann <sup>1</sup>  
Rafael Bastazini <sup>2</sup>

### RESUMO

Esta pesquisa analisou a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio das velhas visando deduzir se o tipo de uso das terras interfere na carga de sedimentos transportados em suspensão. Trata-se de um estudo prévio orientativo para futuros trabalhos em campo, constituindo uma etapa de um projeto de doutorado. Utilizamos os procedimentos da análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados (ROSS, 1994; ROSS, 2012) e técnicas de geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial propostas por CREPANI et al. (2001), com base na teoria das unidades ecodinâmicas (TRICART, 1977). Os resultados indicam que a bacia do rio das velhas está bem preservada e com possibilidades de expansão econômica, caso sejam tomadas as devidas medidas de manejo e conservação do solo. As áreas de maior fragilidade ambiental têm pouca representatividade espacial e parecem não responder, em maior medida, pela carga transportada em suspensão. Isso não invalida a necessidade de manejo adequado e também indica a necessidade de novos estudos voltados a esta perspectiva.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento; Fragilidade Ambiental; Erosão; Planejamento.

### RESUMEN

Esta investigación analizó la fragilidad ambiental de la cuenca hidrográfica del Rio das Velhas con el fin de deducir si el tipo de uso del suelo interfiere en la carga de sedimentos transportados en suspensión. Se trata de un estudio preliminar para orientar el trabajo futuro en el campo, constituyendo una etapa de un proyecto de doctorado. Utilizamos los procedimientos de análisis empírico de la fragilidad de ambientes naturales y antrópicos (ROSS, 1994; ROSS, 2012) y técnicas de geoprocementamiento aplicadas a la zonificación ecológica-económica y planificación territorial propuestas por CREPANI et al. (2001), basado en la teoría de unidades ecodinámicas (TRICART, 1977). Los resultados indican que la cuenca del río das Velhas está bien conservada y con posibilidades de expansión económica se han tomado las medidas necesarias de manejo y conservación de suelos. Las zonas de mayor fragilidad ambiental tienen escasa representación espacial y parecen no responder en mayor medida a la carga transportada en suspensión. Esto no invalida la necesidad de un manejo adecuado y también sugiere la necesidad de más estudios dirigidos a esta perspectiva.

**Palabras clave:** Geoprocementamiento; Fragilidad ambiental; Erosión; Planificación.

<sup>1</sup> Professor da rede pública em Campo Grande – MS e doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), câmpus de Três Lagoas - MS, [rafaelbartimann@gmail.com](mailto:rafaelbartimann@gmail.com);

<sup>2</sup> Professor da rede pública em Campo Grande – MS e doutorando em Geografia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), câmpus de Presidente Prudente, [rafaelbastazini.geo@gmail.com](mailto:rafaelbastazini.geo@gmail.com);



## ABSTRACT

This research analyzed the environmental fragility of the Rio das Velhas watershed in order to deduce whether the type of land use interferes in the load of sediments transported in suspension. It is a preliminary study to guide the future field work, constituting a stage of a doctoral project. We use the empirical analysis procedures of the fragility of natural and anthropic environments (ROSS, 1994; ROSS, 2012) and geoprocessing techniques applied to ecological-economic zoning and territorial planning proposed by CREPANI et al. (2001), based on the theory of ecodynamic units (TRICART, 1977). The results indicate that the Rio das Velhas basin is well preserved and with the possibility of economic expansion, if the necessary soil management and conservation measures are taken. The areas of greater environmental fragility have little spatial representation and seem not to respond to a greater extent to the load transported in suspension. This does not invalidate the need for proper management and also suggests the need for more studies directed toward this perspective.

**Keywords:** Geoprocessing; Environmental fragility; Erosion; Planning.

## INTRODUÇÃO

Os diversos processos físicos, químicos e biológicos que atuam em uma bacia hidrográfica conferem para esta unidade geográfica um caráter particular que pode ser interpretado a partir da análise integrada dos variados aspectos morfológicos de um canal de drenagem, tais como padrão, largura, profundidade e sinuosidade. Além destes aspectos, as relações de descarga líquida e sedimentar do canal também podem contribuir para a identificação dos processos de alteração morfológica dos canais e da planície de inundação (BRIERLEY, 2005; STEVAUX; LATRUBESSE, 2007).

Contudo, a carga de sedimentos em suspensão que é transportada por um canal de drenagem pode ter sua origem tanto no leito do canal (processos fluvio-geomorfológicos) quanto nas áreas adjacentes em função do uso irregular das terras. Neste sentido, quando uma bacia hidrográfica é pouco preservada, ela se torna mais frágil, mais suscetível à processos erosivos, e com isso, a tendência é que o escoamento superficial carregue uma carga maior de sedimentos para os cursos d'água, podendo resultar no assoreamento do canal (ROSS, 1994).

O objetivo desta pesquisa foi analisar a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio das velhas através de técnicas de geoprocessamento, visando deduzir hipoteticamente se o tipo de uso das terras interfere na carga de sedimentos transportados em suspensão. Esta análise tem a função de orientar trabalhos futuros em campo, visto que este manuscrito descreve apenas uma etapa de um conjunto de



trabalhos que fazem parte de um projeto de doutorado, desenvolvido junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS.

A definição da área de estudos se dá em função da sua importância hidrológica, visto que a bacia hidrográfica do rio das velhas abriga importantes canais de drenagem inclusive seu canal homônimo, que é tributário do rio Miranda, um dos mais importantes afluentes do Pantanal, a maior área úmida do mundo (POR, 1995).

Os procedimentos metodológicos aplicados estão baseados na análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados proposta por Ross (1994) e Ross (2012) e nas técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial propostas por Crepani *et al.* (2001).

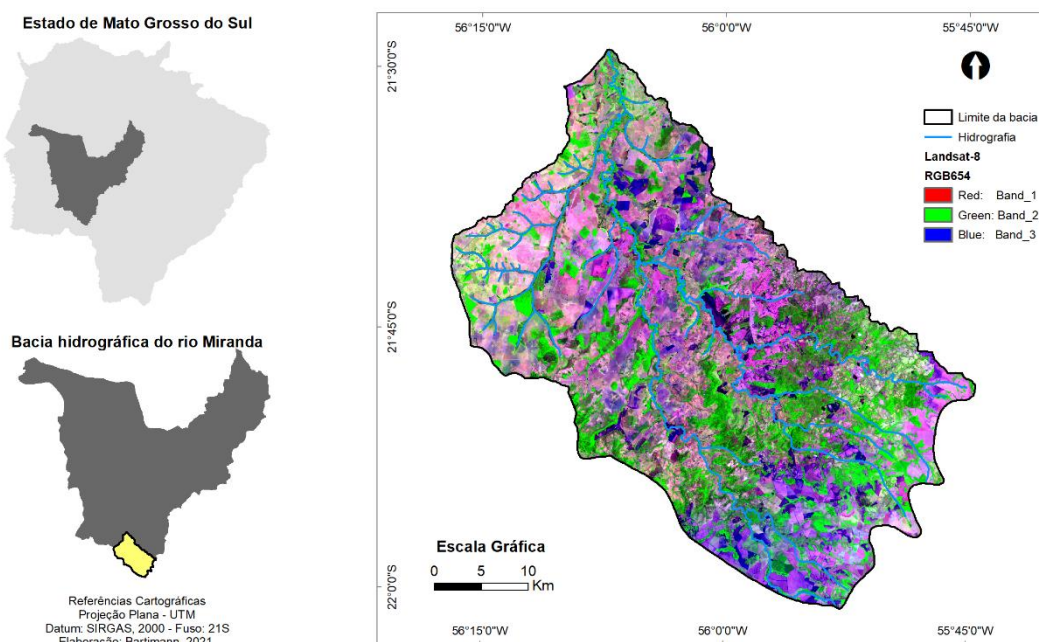
Segundo Ross (1994, p.64) “os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem intervenções humanas”. Em função disto, os procedimentos e as técnicas aplicadas se embasam na teoria das unidades ecodinâmicas proposta por Jean Tricart em 1977. Nesta ótica, a análise das características do meio ambiente são analisadas de forma holística partindo do pressuposto de que “na natureza, as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico” (ROSS, 1994, p.64) e que este equilíbrio pode ser alterado por intervenções humanas de maneira temporária ou até permanente, dependendo do grau de interferências. Desde modo, Tricart (1977) indicou que os meios naturais são estáveis quando estão em equilíbrio dinâmico e instáveis quando estão em desequilíbrio.

## ÁREA DE ESTUDOS

A bacia hidrográfica do rio das velhas está localizada no extremo sul da bacia hidrográfica do rio Miranda, entre as coordenadas geográficas 21°30'00”S e 22°00'00”S de latitude e 56°15'00”W e 55°45'00”W de longitude (Figura 1). A área de abrangência desta bacia é 1.596,90 quilômetros quadrados e envolve os municípios de Ponta Porã, Guia Lopes da Laguna e Jardim. A área estudada está integralmente inserida no estado de Mato Grosso do Sul e o recorte espacial utilizado neste estudo está em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Miranda, realizado pelo Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul – IMASUL, no ano de 2014.



Figura 1: Localização da área de estudos.



A geologia da bacia hidrográfica do rio das velhas é marcada pela presença predominante de rochas da Formação Serra Geral, expostas nas frentes das cuestas da Serra de Maracajú (MENDES; PETRI, 1971; CORREA *et al.* 1976). No extremo sul desta área, encontra-se uma pequena porção da Formação Caiuá, com arenitos quartzosos a subarcóseos finos a médios (JABUR; SANTOS, 1984). Na porção norte, ocorrem arenitos da Formação Botucatu, constituída por arenitos com alto grau de alteração devido à friabilidade dessas rochas, que permitiram o desenvolvimento de um espesso solo arenoso (GONÇALVES; SCHNEIDER, 1970; SOARES, 1975). Nas margens do rio das velhas ocorrem aluviões holocênicos onde se destacam sedimentos aluviais inconsolidados de natureza arenosa, areno-argilosa e argilo-síltica, contendo localmente seixos e matacões (GODOI, 2001).

Na bacia hidrográfica do rio das velhas predomina latossolo vermelho (distrófico e eutrófico), altamente intemperizado e com textura argilosa, provenientes da intensa alteração das rochas da formação Serra Geral (KER, 1997). Na porção intermediária da bacia, uma faixa de neossolo litólico eutrófico corta a área no sentido leste-oeste. Esses solos são constituídos de material mineral ou orgânico pouco espesso, sem alterações expressivas em relação ao material de origem (EMBRAPA, 2006; IMASUL, 2014). Nas margens do rio das velhas ocorrem plintossolos de textura arenosa e horizonte plíntico



ou litoplúntico, originados a partir de arenitos ou sedimentos aluviais do Quaternário (ANJOS *et al.* 2007; IBGE, 2012).

O relevo da área está ligado aos domínios de bacias e coberturas sedimentares fanerozóicas, onde se destacam a serra de Maracajú e os planaltos e patamares da borda ocidental da bacia do Paraná (IBGE, 2012). Na área destacam-se dois tipos de clima conforme a classificação de *Koppen*. Um é o Clima Tropical de Savana (Aw), influenciado pela Zona de Convergência Intertropical (CIT) e responsável pela estação úmida (primavera e verão) que ocorre de outubro a março. O outro é o Clima Temperado Subtropical (Cfa), influenciado pelas altas pressões do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e responsável pela estação seca (outono e inverno) que ocorre de abril a setembro (ZAVATINI, 1990; SALVI-SAKAMOTO, 2001; REZENDE-FILHO, 2011; IMASUL, 2014).

## METODOLOGIA

Esta pesquisa foi estruturada em dois tipos complementares de trabalhos. O primeiro consistiu no levantamento de documentos de base que compuseram um banco de dados para caracterização da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, a saber: a) cartas topográficas da área; b) mapa de geologia; c) mapa de solos; d) mapa da rede hidrográfica; e) mapa do uso e cobertura da terra; f) mapa geomorfológico, g) carta de pluviosidade média; h) mapa de áreas de preservação permanente, e i) mapa de hipsometria e de declividade. Este banco de dados foi organizado com base em arquivos vetoriais disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, pelo Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental – SISLA (Governo do Estado de Mato Grosso do Sul) e pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA.

Para os mapas de hipsometria e declividade foram utilizadas imagens<sup>3</sup> de radar do satélite Alos-Palsar com resolução espacial de 12,5 metros. A declividade foi extraída a partir do modelo tridimensional do relevo, tendo como referência para a definição dos intervalos o trabalho de Valle *et al.* (2016).

Para o mapeamento do uso e cobertura da terra foi utilizada imagem do satélite Landsat-8, sensor OLI (*Operational Land Imager*), tendo composição colorida 4B5G6R e fusionada com a banda 8 (pancromática), visando melhorar a resolução espacial (de 30

---

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.asf.alaska.edu/sar-data/palsar/>





para 15 metros). A referida imagem<sup>4</sup> data de 30 de outubro de 2019, órbita 225, ponto 75. Para alcançar o objetivo proposto utilizamos a técnica de realce (Fusão pelo método de transformação IHS) e a técnica de classificação por pixel, por meio do algoritmo Maxver-ICM (*Iterated Conditional Modes*). Estas técnicas são capazes de considerar a dependência espacial na classificação da imagem.

A segunda etapa consistiu no diagnóstico e mapeamento da fragilidade ambiental, que envolveu uma análise multicriterial baseada nas metodologias propostas por Ross (1994), Ross (2012), Crepani *et al.* (2001) e Valle *et al.* (2016). A aplicação dos procedimentos metodológicos considera os atributos do terreno e para isso, foi feita a integração dos mapas de solos, intensidade pluviométrica, declividade e áreas de preservação permanente, resultando no mapa de fragilidade potencial. O mapa de fragilidade ambiental foi obtido a partir do cruzamento do mapa temático de uso e cobertura da terra com as informações provenientes do mapa de fragilidade potencial.

Para obtenção dos mapas finais, foi necessário reclassificar os mapas temáticos e atribuir pesos às classes de fragilidade de modo a permitir a sobreposição e os respectivos cálculos pelo *software*. Todos os procedimentos aqui mencionados foram realizados no *software* ArcGIS Desktop, no laboratório de sensoriamento remoto da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS.

A cobertura pedológica representa uma variável de extrema importância para o mapeamento de fragilidade potencial, visto que as propriedades do solo (textura, densidade, porosidade, teor de matéria orgânica, estabilidade dos agregados e pH influenciam no grau de erodibilidade. Na interpretação do mapa pedológico, os pesos de fragilidade foram definidos com base nos critérios propostos por Crepani *et al.* (2001) e adaptados ao modelo de Ross (1994), considerando o grau de resistência à erosão (Tabela 1).

**Tabela 1:** Classes de solos, pesos atribuídos e quantificação das áreas de abrangência na bacia.

Classe pedológica	Peso	Área (km <sup>2</sup> )	%
FTe - Plintossolo Argilúvico Eutrófico	4	76,42	4,79
LVe - Latossolo Vermelho Eutrófico	1	584,88	36,63
LVd - Latossolo Vermelho Distrófico	1	489,74	30,67
PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	1	32,27	2,02
RLe - Neossolo Litólico Eutrófico	5	413,58	25,90
<b>Total</b>		<b>1.596,90</b>	<b>100%</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores com base em Ross (1994); Crepani *et al.* (2008); Valle *et al.* (2016).

<sup>4</sup> Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>



Segundo Valle *et al.* (2016, p. 298), a intensidade pluviométrica “têm ação direta sobre a dinâmica de superfície principalmente no que tange ao intemperismo de rochas e solos”, por isso, deve ser considerada em mapeamentos de fragilidade potencial. Nesta pesquisa, o mapa de intensidade pluviométrica foi elaborado a partir das médias anuais pluviométricas dos últimos 20 anos (período de 1999 a 2018). Esses dados foram coletados por estações pluviométricas e estão disponíveis no sistema *Hidroweb*, da Agência Nacional das Águas – ANA (Tabela 2).

**Tabela 2:** Relação das estações pluviométricas do Hidroweb – Agência Nacional das Águas (ANA).

<b>Código da estação</b>	<b>Nome da estação</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
2156001	Jardim	-21,44	-56,09
2255004	Itaum	-22,09	-55,35
2255002	Antônio João	-22,19	-55,94
2257000	Caracol	-22,01	-57,03
2156000	Bonito	-21,11	-56,48
2157003	Santa Otília	-21,19	-57,03

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A intensidade pluviométrica foi definida com base em Crepani *et al.* (2001) e Ross (2012), considerando a relação entre a precipitação média anual e o período chuvoso registrado. A intensidade pluviométrica calculada para a área é de 159,40 mm e o peso de fragilidade atribuído foi 2, considerando que a bacia hidrográfica do rio das velhas apresenta situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno e, no verão, com maior intensidade de chuvas entre dezembro e março. A pluviosidade varia entre 1.311,73 e 1.557,48.

As áreas de preservação permanente (APP's) foram mapeadas através dos arquivos vetoriais disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente que registra as APP's de maneira oficial. Além disto, foi considerado o código florestal brasileiro para criação de um *buffer* nas áreas de nascente e no entorno dos cursos d'água observando a legislação vigente. Considerando a importância destas áreas para a conservação da biodiversidade bem como para a manutenção natural dos cursos d'água, atribuímos o peso 5 para as áreas de preservação permanente.

Outra variável de extrema importância para a elaboração do mapa de fragilidade potencial é a declividade, que se refere à inclinação do relevo em relação ao horizonte. A declividade tem influência direta nos processos que condicionam a velocidade de transformação da energia potencial das águas pluviais em energia cinética e, por



consequência, na intensidade dos processos erosivos (CREPANI *et al.* 2001; VALLE *et al.* 2016). O mapa de declividade foi gerado a partir da ferramenta *slope* e suas respectivas classes foram definidas com base em Valle *et al.* (2016), conforme demonstrado na tabela 3.

**Tabela 3:** Classes de declividade, pesos atribuídos e quantificação das áreas de abrangência na bacia.

Declividade (%)	Descrição do relevo	Peso	Área (km <sup>2</sup> )	%
0-3	Plano	1	722,07	45,22
3-6	Suave ondulado	2	572,94	35,88
6-20	Ondulado	3	213,08	13,34
20-30	Forte ondulado	4	64,87	4,06
> 30	Montanhoso e escarpado	5	23,94	1,50
<b>Total</b>			<b>1.596,90</b>	<b>100%</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores com base em Ross (1994); Crepani *et al.* (2008); Valle *et al.* (2016).

O mapa do uso das terras e cobertura vegetal foi realizado com base em técnicas de geoprocessamento descritas por Florenzano (2008) e em procedimentos para tratamento digital de imagens de satélite detalhados por Novo (2010). As classes mapeadas e os respectivos pesos de fragilidade para esta variável (Tabela 4) foram definidos com base nos critérios propostos por Ross (1994), Crepani *et al.* (2001) e Valle *et al.* (2016), conforme apresentado na tabela 4.

**Tabela 4:** Classes de uso das terras, pesos atribuídos e quantificação das áreas de abrangência na bacia.

Classes	Peso	Área (km <sup>2</sup> )	%	
Corpos d'água	5	5,68	0,36	
Mata Ciliar	2	313,94	19,66	
Vegetação Natural	1	259,69	16,26	
Produção Agropecuária	3	970,13	60,75	
Solo Exposto	5	47,46	2,97	
<b>Total</b>			<b>1.596,90</b>	<b>100%</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores com base em Ross (1994); Crepani *et al.* (2008); Valle *et al.* (2016).

A combinação destas variáveis foi realizada por meio da sobreposição ponderada via software ArcGis. Para isso, utilizamos os mapas inicialmente convertidos e reclassificados por meio da ferramenta *Weighted Overlay*, realizando a sobreposição e considerando o mesmo peso nas diferentes variáveis.

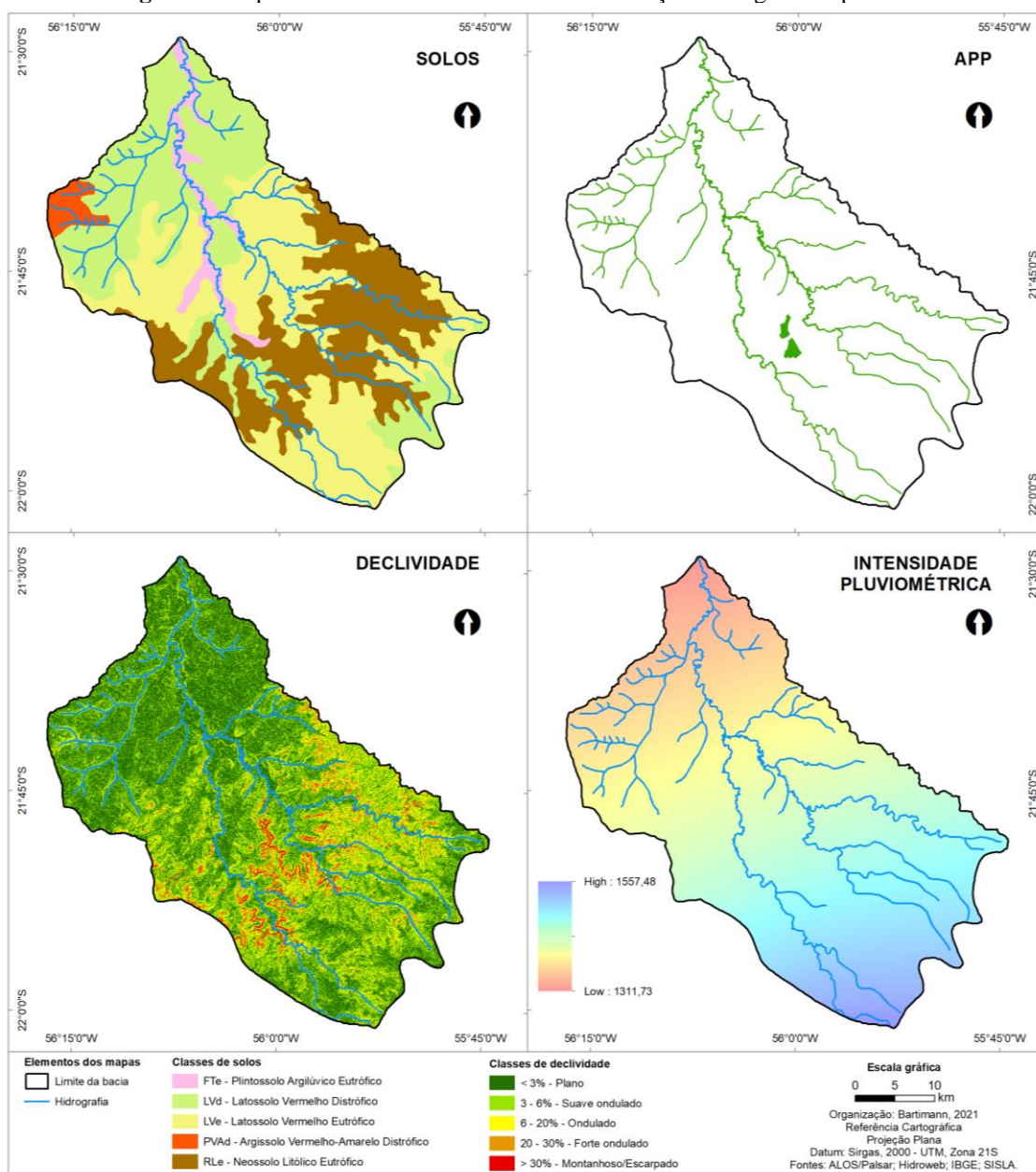




## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 apresenta os mapas das variáveis utilizadas na elaboração do primeiro mapa síntese, que representa a fragilidade potencial da bacia hidrográfica do rio das velhas. As variáveis utilizadas neste procedimento foram: solos, áreas de preservação permanente, declividade e intensidade pluviométrica (resultante da relação entre pluviosidade média e período chuvoso).

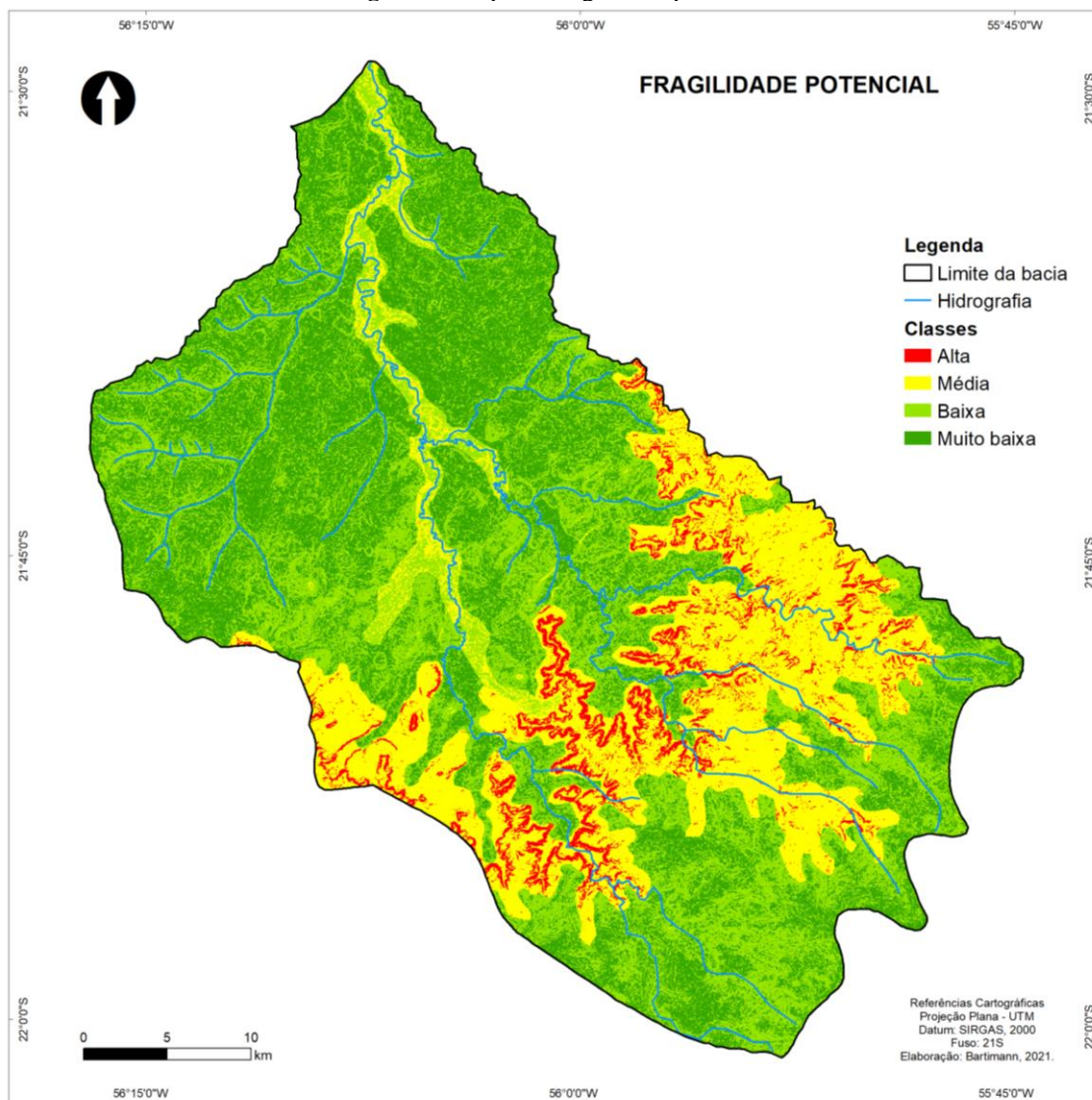
**Figura 2:** Mapas das variáveis utilizadas na identificação da fragilidade potencial.



A combinação entre os mapas de solos, áreas de preservação permanente, declividade e intensidade pluviométrica realizada por meio da ferramenta *Weighted Overlay* possibilitou caracterizar a bacia hidrográfica do rio das velhas em quatro graus de fragilidade potencial: muito baixa, baixa, média e alta (Figura 3 e Tabela 5).

O mapa de fragilidade potencial é muito importante para análises de bacias hidrográficas, pois é capaz de indicar a sensibilidade de ecossistemas às pressões que podem alterar a dinâmica deste ambiente. Considerando que os sistemas ambientais respondem de maneiras distintas às intervenções humanas e que as alterações nos elementos da paisagem (relevo, clima, solo, vegetação, etc.) são reflexos destas respostas, avaliar a fragilidade potencial permite definir áreas que exigem maior atenção e planejamento para sua utilização (FRANCO *et al.* 2013).

**Figura 3:** Mapa de fragilidade potencial.





**Tabela 5:** Quantificação das áreas de fragilidade potencial.

<b>Fragilidade Potencial</b>	<b>Peso</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Muito baixa	1	592,95	37,13
Baixa	2	551,97	34,57
Média	3	377,86	23,66
Alta	4	74,12	4,64
<b>Total</b>		<b>1.596,90</b>	<b>100%</b>

As áreas classificadas com fragilidade potencial muito baixa e baixa são predominantes na bacia hidrográfica do rio das velhas, ocupando 71,70% da bacia (aproximadamente 1.145 km<sup>2</sup>). Estes resultados decorrem principalmente da associação das áreas mais planas da bacia (declividade < 6%) com as zonas de ocorrência de latossolos.

As áreas classificadas como zonas de média fragilidade potencial ocupam uma extensão de 377,86 km<sup>2</sup>, o que equivale a 23,66% da área da bacia. Estes resultados ocorrem sobretudo em função da associação de neossolos com áreas com maior declividade (acima de 30%), o que contribui para maior velocidade de escoamento superficial e desagregação de partículas. As áreas onde a declividade varia entre 6% e 12% também foram classificadas com média fragilidade potencial independente das outras variáveis.

As áreas de ocorrência de plintossolos também foram classificadas como áreas de média vulnerabilidade, sobretudo em função da associação do seu caráter genético com a erosão química (precipitação cíclica do Fe). A gênese dos plintossolos está associada às condições de excesso de umidade ou restrição temporária à percolação d'água. Atualmente ocorrem em condições de boa drenagem próximas à terrenos de várzeas, áreas com relevo plano ou suave ondulado, o que favorece o processo de plintização - acumulação de óxidos de Fe (KAMPF; CURI, 2012).

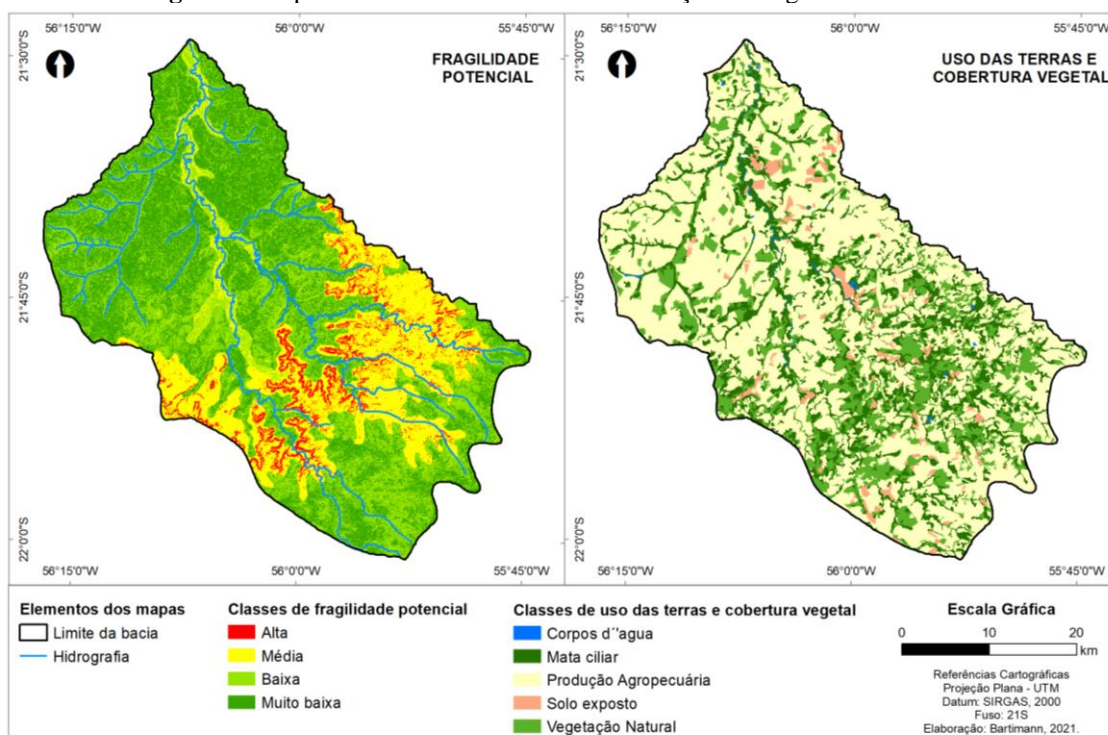
Já as áreas classificadas com fragilidade potencial alta estão diretamente relacionadas às declividades muito elevadas (acima de 30%). Isto reforça a importância desta variável na elaboração de zoneamentos ambientais e demais projetos de uso e ocupação das terras.

O mapeamento das áreas de fragilidade potencial considera o ambiente natural e a interação entre estas variáveis, no entanto, o tipo de ocupação e uso das terras



interferem diretamente na estabilidade dos ambientes. Deste modo, foi necessário cruzar as informações da fragilidade potencial com os variados tipos de uso das terras, visando obter a fragilidade ambiental (Figura 4).

**Figura 4:** Mapas de variáveis usadas na identificação da fragilidade ambiental.



Foram identificados cinco graus de fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio das velhas: muito baixa, baixa, média, alta e muita alta, com variações distintas de área (Tabela 6 e Figura 5).

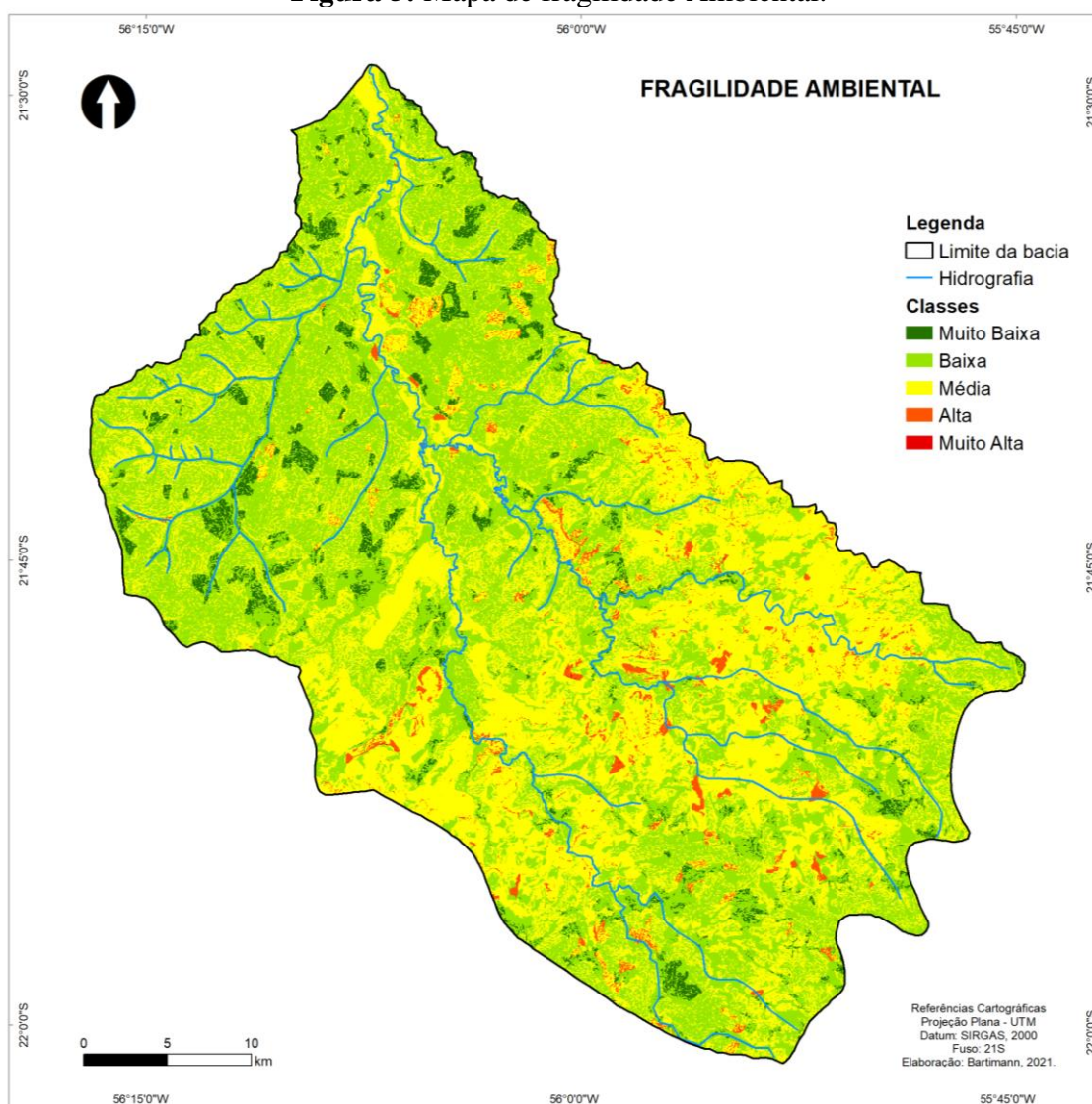
Conforme a tabela 6, foi possível identificar que 52,63% da área estuda foi classificada com baixa ou muito baixa fragilidade ambiental. Este resultado se deu por que as áreas que apresentam fragilidade potencial variando de médio à alta estão relativamente bem protegidas por formações vegetais naturais típicas do bioma Cerrado.

Quando estas áreas margeiam a rede hidrográfica, nota-se a existência de áreas de preservação permanente bem conservadas com predomínio de floresta estacional semidecidual. Nota-se que a bacia hidrográfica do rio das velhas apresenta predomínio das classes de fragilidade ambiental que permitem o uso de forma sustentável e bem planejada, caracterizando-as como possíveis áreas de expansão das atividades econômicas, considerando adequadas práticas de manejo e conservação do solo.

As áreas classificadas com baixa ou muito baixa fragilidade potencial apresentam atividades agropecuárias ligadas à criação extensiva de gado de corte ou gado leiteiro com pastagens bem conservadas e que dividem espaço com vegetações típicas do Cerrado que, sobretudo na porção sul da área de estudos, ainda parecem estar bastante conservadas.

A presença desta diversidade de formações vegetais (naturais ou plantadas) contribui (em graus distintos) para a redução da perda de solos por processos erosivos diversos, visto que a vegetação atua na diminuição da velocidade na qual as gotas de chuva atingem o solos (redução do efeito *splash*) e além disso, melhoram a infiltração, retardam os movimentos de escoamento superficial (WANG *et al.* 2013) e podem minimizar os impactos sobre os canais de drenagem.

**Figura 5:** Mapa de fragilidade Ambiental.







**Tabela 6:** Quantificação das áreas de fragilidade Ambiental.

<b>Fragilidade Ambiental</b>	<b>Peso</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Muito baixa	1	62,39	3,91
Baixa	2	777,93	48,72
Média	2	716,97	44,90
Alta	4	39,15	2,45
Muito alta	5	0,46	0,03
<b>Total</b>		<b>1.596,90</b>	<b>100%</b>

As áreas de média fragilidade ambiental relacionam-se majoritariamente com zonas de ocorrência de Neossolo Litólico Eutrófico associado ao relevo ondulado. Neste caso, entendemos que essa porção do espaço deva ser considerada área de conservação, visando a melhoria quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos.

Ao analisar o mapa de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio das velhas, fica nítida a influência negativa da produção agropecuária na classificação das áreas que apresentam alto grau de fragilidade ambiental e elevado potencial à processos erosivos. Embora estas áreas representem apenas 3,94% da bacia, devemos chamar atenção para esta classe, visto que ela está associada à corpos d'água artificiais (açudes, barragens, etc.) e áreas de solo exposto (provavelmente, áreas de preparo para plantio). Estas áreas exigem maior cuidado e aplicação de técnicas de manejo e conservação do solo, visto que podem caracterizar uma típica área de recuperação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa indicaram que a análise da fragilidade ambiental por meio da sobreposição ponderada é uma alternativa eficaz nos estudos ambientais e constitui uma importante ferramenta para a elaboração de zoneamentos, pois permitem a identificação de áreas de conservação, expansão e recuperação.

A bacia hidrográfica do rio das velhas está bastante conservada, sobretudo em função do tipo de uso das terras associado à manutenção das áreas de preservação permanente. Devemos atentar para as áreas onde o solo fica exposto, mesmo que por tempo determinando (período de plantio, por exemplo), pois estas áreas podem contribuir para o aumento da carga de sedimentos transportada para o leito dos cursos d'água via escoamento superficial.

Em função das classes de fragilidade ambiental identificadas, acenamos que a carga de sedimentos transportada em suspensão pelos canais de drenagem parece estar



ligada diretamente à processos fluviais (erosão natural do canal), tendo pouca ou nenhuma influência do tipo de uso das terras. Contudo, mais estudos ainda precisam ser realizados para que esta questão se torne mais clara e possa de fato, contribuir para o gerenciamento adequado da bacia. Por fim, ressaltamos a viabilidade da metodologia na avaliação da dinâmica ambiental em bacias hidrográficas quando estas são utilizadas como unidades de planejamento, tornando-se um importante instrumento para a tomada de decisões de agentes dos setores privados e públicos.

## REFERÊNCIAS

ANJOS, Lúcia Helena Cunha dos. PEREIRA, Marcos Gervasio. PÉREZ, Daniel Vidal. RAMOS, Doracy Pessoa Ramos. **Caracterização e classificação de plintossolos no município de Pinheiro-MA.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31:1035-1044, 2007.

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

BRIERLEY, G. J. **River Styles, a Geomorphic Approach to Catchment Characterization:** Implications for River Rehabilitation in Bega Catchment, New South Wales, Australia. *Environmental Management*, v. 25, n. 6, p. 661–679, 31 maio 2000.

CORREA, J. A., NETO, C., CORREIA FILHO, F. d., SCISLEWSKI, G., CAVALLON, L. A., & CERQUEIRA, N. L. **Projeto Bodoquena.** Goiânia-GO: CPRM, 1976.

CREPANI E. MEDEIROS, J.S. AZEVEDO, L.G. DUARTE, V. HERNANDEZ, P. FLORENZANO, T. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: INPE; 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo. Oficina de Textos, 2008.

FRANCO, G. B. BETIM, L. S. MARQUES, E.A. G. GOMES, R. L. CHAGAS, C. S. **Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia.** *Brazilian Journal of Geology*, 2013; 42: 114-127.

GODOI, H. d. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil:** Aquidauana - Folha SF.21-X-A. Brasília-DF: CPRM, 2001.

GONÇALVES, A. SCHNEIDER, R. L. **Geologia do centro-leste de Mato Grosso,** Ponta Grossa, Petrobrás-DESUL, 1970.



IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Sistema fitogeográfico; Inventário das formações florestais e campestres; Técnicas e manejo de coleções botânicas; Procedimentos para mapeamentos Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IMASUL. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda**. Campo Grande: SEMAC, 2014.

JABUR, I. C., & SANTOS, M. L. **Revisão estratigráfica da formação Caiuá**. Boletim de Geografia - UEM - Universidade Estadual de Maringá, 1984. p. 91-106.

KÄMPF, Nestor. CURI, Nilton. **Formação e evolução do solo** (Pedogênese). In: KER, J.C.; SHAEFER, C.E.G.R; VIDAL-TORRADO, P. Pedologia: fundamentos. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG, 2012, p.207-302.

KER, J. C. **Latossolos do Brasil**: uma revisão. Geonomos/UFGM. Instituto de Geociências. 5ed. v1. 1997. p.17-40.

MENDES, J. C., & PETRI, S. **Geologia do Brasil**. Rio de Janeiro-RJ: Instituto Nacional do Livro, 1971.

NOGUEIRA, V. L., OLIVEIRA, C. C., CERQUEIRA, N. L., VANDERLEI, A. A., TAKAHASHI, A. T., & ABREU-FILHO, W. **Projeto Bonito-Aquidauana**: relatório final. Goiânia-GO: CPRM, 1978.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

POR, F. D. **The Pantanal of Mato Grosso (Brazil) World's Largest Wetlands**. Monographiae Biologicae volume 73. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht, Boston, London. Printed in the Netherlands, 123 p.

REZENDE-FILHO, A. T. **Variabilidade química das águas na Bacia do Alto Paraguai**: uma compartimentação do Pantanal Mato-grossense. Tese de Doutorado (Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo). São Paulo: FFLCH-USP, 2011.

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

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

SALVI-SAKAMOTO, L. L. **A chuva na Bacia do Alto Paraguai**: contribuição ao estudo de aspectos das flutuações interanuais durante o século XX. Tese doutorado (Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo). São Paulo: FFLCH-USP, 2001.

SOARES, P. C. **Divisão estratigráfica do mesozoico no estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Geociências, 1975. p. 229-251.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977. 97 p.



VALLE, Ivana Cola. FRANCELINO, Márcio Rocha. PINHEIRO, Helena Saraiva Koenow. **Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ.** Revista Floresta e Ambiente 2016; 23(2): 295-308.

WANG, L.; HUANG, J.; DU, Y.; HU, Y.; HAN, P. **Dynamic assessment of soil erosion risk using Landsat TM and HJ satellite data in Danjiangkou Reservoir area, China.** Remote Sensing, v. 5, n. 8, p. 3826-3848, 2013.

ZAVATINI, J. A. **A dinâmica atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul.** Tese doutorado. (Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo). São Paulo: FFLCH-USP, 1990.