

## VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DE SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE – GOIÁS

**Ricardo de Faria Nicolau**

Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Socioambientais, Goiânia, Goiás, Brasil  
[ricardonicolau41@gmail.com](mailto:ricardonicolau41@gmail.com)

### RESUMO

A integração dos aspectos físicos do ambiente natural é um importante mecanismo que possibilita um melhor planejamento e gestão territorial por parte do poder público para uso e ocupação da paisagem. Com base nisso, o objetivo deste artigo é realizar a análise da vulnerabilidade da paisagem à perda de solos da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe (BHRP). Foi utilizado o Sistema de Informação Geográfica (SIG), para integração dos mapas temáticos de solos, geologia, uso e cobertura das terras, clima e declividade, com atribuição de pesos aos mesmos para confecção do mapa de vulnerabilidade à perda de solos. Os resultados mostraram que mais da metade da área da bacia possui processos de morfogênese, ou seja, áreas consideradas vulneráveis, isso mostra que de forma geral a bacia possui uma maior tendência a processos erosivos de média a elevada perda de solos, o que indica uma maior necessidade para práticas de conservação nessas regiões, dentro da área de estudos. Conclui-se que o mapa de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos da BHRP, pode ser usado como uma ferramenta essencial para tomadas de decisões, gestão e planejamento do território, quando se considera a intensidade do processo erosivo atuante na área de estudos.

**Palavra-chave:** Vulnerabilidade, perda de solos, planejamento, ordenamento do território, sistema de informação geográfica (SIG).

### VULNERABILITY OF THE LANDSCAPE TO THE LOSS OF SOILS IN THE RIO DO PEIXE (GOIÁS) HYDROGRAPHIC BASIN

The integration of the physical aspects of the natural environment is an important mechanism that allows a better planning and territorial management by the public power for usage and occupation of the landscape. Based on this, the objective of this article is to analyze the vulnerability of the landscape to the loss of soils in the Rio do Peixe hydrographic basin (BHRP). The Geographic Information System (GIS) was used to integrate the thematic maps of soils, geology, land usage and coverage, climate and slope, with attribution of weights to the maps for vulnerability to soil loss. The results showed that more than half of the basin area has morphogenesis processes, that is, areas considered vulnerable, this shows that in general the basin has a greater tendency to erosive processes from medium to high soil loss, which indicates a greater need for conservation practices in these regions within the study area. It is concluded that the vulnerability map of the landscape to the loss of soils of the BHRP can be used as an essential tool for decision making, management and planning of the territory, when considering the intensity of the erosive process in the study area.

**Keywords:** vulnerability, soil loss, planning, land management, geographic Information System (GIS).

### INTRODUÇÃO

O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) vem sendo cada vez mais utilizada nas últimas décadas, e é uma ferramenta importante para integração dos meios físicos de solos, declividade, clima e geologia, que influenciam na elaboração da carta de vulnerabilidade à perda de solos, contribuindo assim com melhor gestão do território, quando se analisa as

relações advindas das alterações antrópicas sobre este meio, seja em uma bacia hidrográfica, município, região ou qualquer área do território passível de ser analisada.

Os graus de vulnerabilidade à perda de solos na paisagem são consequência do sistema de atuação da sociedade sobre o meio natural, fazendo com que haja uma transformação da paisagem com mudanças na dinâmica e nos fenômenos da natureza (NETO, 2013).

Para Nascimento e Petta (2008), a carta de vulnerabilidade à erosão proporciona um melhor gerenciamento ambiental do território, pois é um importante recurso para se obter uma sobreposição dos meios físicos (rocha, relevo, declividade, solos e vegetação) com as várias formas de ocupação humana, identificando assim os processos erosivos atuantes.

A vulnerabilidade da paisagem à perda de solos se torna um aparato de extrema importância para questões que envolvem tomadas de decisões por parte do órgão público, já que fornece condições para entender quais zonas do território são passíveis ou não para construções civis, plantio de culturas e entre outros tipos de uso, dando enfoque para áreas de maior vulnerabilidade à erosão no território, visando assim uma maior atenção para possíveis degradações ao ambiente natural (COSTA et al., 2006).

Com isso, percebe-se que a vulnerabilidade à perda de solos também permite a identificação das áreas que necessitam ter maior preocupação para questões relacionadas a mitigação de possíveis impactos, e que além disso, podem fornecer suporte para tomadas de decisões que envolvem questões relacionadas a expansão urbana, da agricultura, de áreas destinadas para recuperação e entre outros.

De acordo com Silva Neto e Aleixo (2016), o uso e ocupação das terras deve ser feito de forma ordenada para que não haja a intensificação do processo erosivo, que ocorre normalmente sem o estudo prévio da área de estudos.

As consequências de uma ineficiência no planejamento em relação ao uso e cobertura das terras, podem acarretar em vários tipos de degradações, causando desde a perda de fertilidade dos solos com consequências na diminuição da produtividade, prejuízos para as populações, até alterações no ciclo hidrológico (AMORIM e SILVA, 2009).

A aplicação do Sistema de Informações Geográficas (SIG), é uma importante ferramenta que facilita processos de tomada de decisões com ênfase em estudos ambientais, visando assim um melhor planejamento e ordenamento do território quando se considera os processos erosivos atuantes de uma determinada região (COSTA et al., 2006; MOTTA e VALLADARES, 2011; ROCKETT et al., 2014).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é fazer a análise da vulnerabilidade da paisagem à perda de solos da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe (BHRP), com o uso do Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com a perspectiva de que este trabalho contribua com um melhor ordenamento e gestão desta região, assim como para trabalhos relacionados a identificação de impactos e degradações ambientais.

## **METODOLOGIA**

### **LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA DA ÁREA DE ESTUDOS**

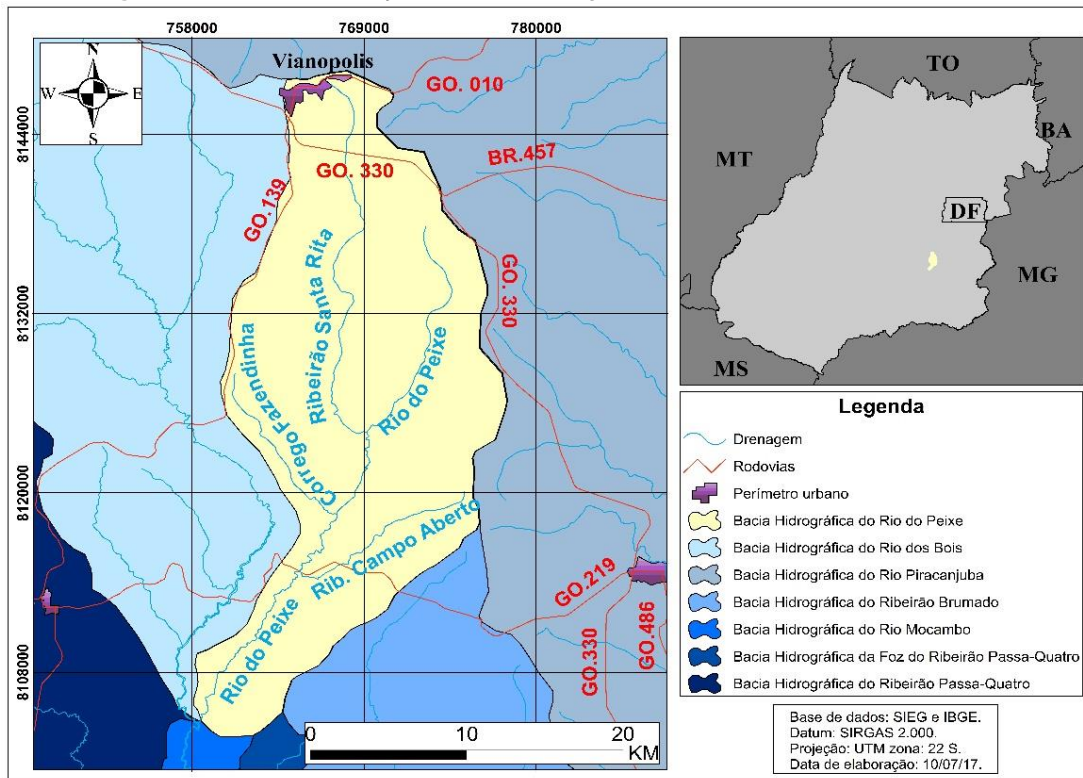
A Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe (BHRP) localiza-se a sudeste de Goiás, aproximadamente nas coordenadas 16° 51' 44" S e 48° 29' 18" O, com área total de 491,38 km<sup>2</sup>.

A referida bacia faz divisa com a Bacia Hidrográfica do Rio dos Bois, Bacia Hidrográfica do Rio Piracanjuba, Bacia Hidrográfica do Ribeirão Brumado, Bacia Hidrográfica do Ribeirão Passa Quatro e entre outras. Na porção norte da BHRP se encontra o município de Vianópolis com interligação das rodovias: GO. 010, GO. 330, e GO. 139, como pode ser observado na Figura 1.

O clima dessa região, segundo a classificação de Köppen (1948) é Aw, caracterizado como clima tropical com estação seca de inverno, conhecido como clima de savana, com temperatura variando entre 21 e 24°C anualmente. A área de estudos está situada no bioma

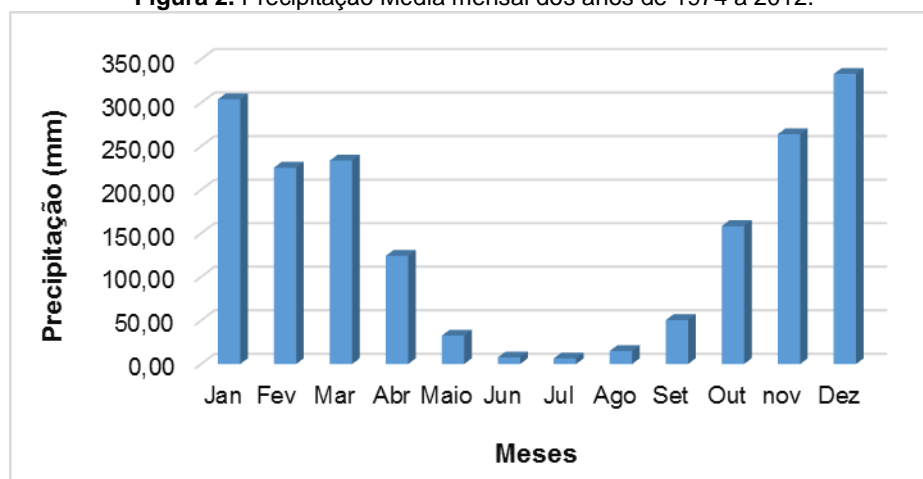
Cerrado e apresenta período de seca, de maio a setembro com precipitação média mensal que varia de 32 a 50 milímetros. Logo o período chuvoso é compreendido do mês de outubro a abril com níveis de precipitação que vão de 158 a 124 milímetros mensais, sendo que o mês com maior índice pluviométrico é o mês de dezembro com precipitação média mensal de 333 milímetros (Figura 2). A precipitação média anual, da série histórica de 1974 a 2013 é de 1660 milímetros.

**Figura 1.** Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe (BHRP) /Goiás.



Fonte: Autor (2017).

**Figura 2.** Precipitação Média mensal dos anos de 1974 a 2012.



Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2017).

#### AQUISIÇÃO DA BASE DE DADOS

Os dados de Geologia foram extraídos através da base de dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), no portal Geobank, na escala de 1:500.000.

A aquisição da base de dados de solos foi realizada por meio do Sistema Estadual de Geoinformação do Estado de Goiás (SIEG), na escala de 1:250.000.

A base de dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) para a elaboração do mapa de declividade, foi baixada através do portal TOPODATA, que é disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os dados de uso e cobertura das terras foram obtidos através da *United States of Geological Survey* (USGS) da Base de dados do *Earth Explorer* ambos na escala de 1.100.000.

Para confecção do mapa de uso e cobertura das terras foi realizada primeiramente a aquisição da imagem do Landsat 8, do ano de 2017, do mês de agosto. A cena que engloba a BHRP compreende-se na órbita ponto 220/42, com 30 metros de resolução especial.

Este procedimento foi executado no *software* ArcGis 10.1 com o georreferenciamento desta cena com a imagem do Landsat GLS. Por conseguinte, foi realizado o registro desta imagem através da coleta de 50 pontos amostrais com erro médio de 0,3 pixels.

Em seguida, no *software* de sensoriamento remoto ENVI 5, foi utilizado o método de segmentação: *Feature extraction example based*, onde foi colocado em nível de escala o valor de 40 e 97 em merge. Valores estes que possibilitaram uma maior delimitação dos alvos espectrais da área de estudo. Em seguida foi dado o procedimento de atribuição das classes correspondentes a cada polígono, com o respectivo uso e cobertura das terras no *software* ArcGis 10.1, com a análise de polígono a polígono.

A série histórica de precipitação média anual e mensal e a duração do período chuvoso, constituem a série climática do ano de 1974 a 2012 e foram extraídos através da base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), que através do portal Hidroweb possibilitou o acesso aos dados climáticos, que são referentes a estação pluviométrica do município de Vianópolis.

A referida estação possui código de identificação de número 1648002, e localiza-se nas coordenadas de Latitude -16.746400 e longitude -48.524700.

De acordo com Crepani et al. (2001), a intensidade pluviométrica pode ser calculada através da razão ou divisão entre a precipitação média anual e a duração do período chuvoso. A intensidade pluviométrica é um dos temas ou atributos que é utilizado para elaboração do mapa síntese de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos, sendo calculada segundo este método.

#### **CONFECÇÃO DO MAPA DE VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DE SOLOS**

A confecção do mapa de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos foi realizada conforme a metodologia de Becker e Egler (1996), de Barbosa (1997), Crepani et al. (2001) e os princípios empregados por Tricart (1977), onde foi realizada a avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas, considerando que as classes de vulnerabilidade à perda de solos próximas ao valor de 1,0, possuem maior estabilidade, posteriormente a classe que possui Equilíbrio Pedogênese/Morfogênese são descritos com valores entre 2,0, e por último os valores ao redor de 3,0 são caracterizados com maior vulnerabilidade, ou seja, onde prevalece a morfogênese (Tabela 1).

**Tabela 1.** Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas.

<b>Categoria morfodinâmica</b>	<b>Relação Pedogênese/Morfogênese</b>	<b>Valor</b>
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio Pedogênese/Morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,0

**Fonte:** Crepani et al. (2001, p.21).

A escala de vulnerabilidade para as Unidades Territoriais Básicas (UTBs), foi aplicada para a área de estudos, através da atribuição de pesos, de acordo com a metodologia de Crepani et al. (2001), como pode ser observado na Tabela 2.

É identificado que os valores com maior estabilidade vão de 1,0 a 2,0, ou seja, da classe estável até medianamente estável/vulnerável, em contrapartida dos valores de 2,0 a 3,0, as classes que possuem maior vulnerabilidade, precedendo assim os processos de morfogênese (Tabela 2).

**Tabela 2.** Escala de vulnerabilidade à perda de solos das unidades territoriais básicas.

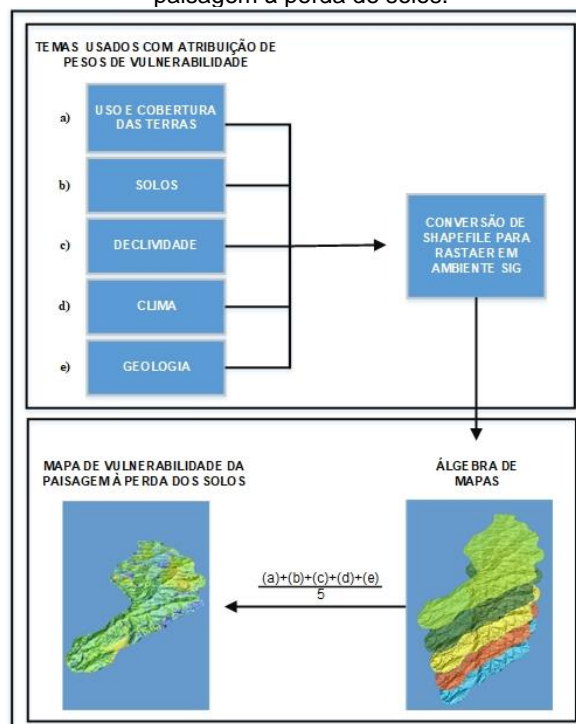
Unidade da paisagem	Valor da análise morfodinâmica		Grau de vulnerabilidade
UTB 1	↑ Vulnerabilidade	3,0	Estabilidade Vulnerável
UTB 2		2,9	
UTB 3		2,8	
UTB 4		2,7	
UTB 5		2,6	
UTB 6		2,5	Moderadamente Vulnerável
UTB 7		2,4	
UTB 8		2,3	
UTB 9		2,2	
UTB 10		2,1	
UTB 11		2,0	Medianamente Estável/ Vulnerável
UTB 12		1,9	
UTB 13		1,8	
UTB 14		1,7	
UTB 15		1,6	
UTB 16		1,5	Moderadamente Estável
UTB 17		1,4	
UTB 18		1,3	
UTB 19		1,2	
UTB 20		1,1	
UTB 21		1,0	Estável

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001, p. 22).

Foram utilizados os temas de uso e cobertura das terras, solos, declividade, clima e geologia para confecção do mapa de vulnerabilidade a paisagem à perda de solos (Figura 3).

Com a aquisição destes dados, foram atribuídos para cada classe, pesos relativos à vulnerabilidade e posteriormente feita a conversão de cada tema do formato *shapefile* para *raster* em ambiente SIG (Figura 3).

**Figura 3.** Fluxograma mostrando o processamento para a confecção do mapa de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos.



Fonte: Autor (2017).

Para isso, utilizou-se o *software* ArcGis 10.1 através da extensão *Spatial Analyst (Reclassify)*, transformando cada tema do meio físico para *raster*.

Posteriormente em *Raster Calculator*, foi realizado pelo *software* a média aritmética simples, com base na metodologia elucidada por Crepani et al. (2001) com a aplicação dos pesos, resultando assim no mapa síntese de vulnerabilidade da paisagem à perda de solo.

Em seguida, este último foi transformado em vetor ou *shapefile* para quantificação em porcentagem da área em km<sup>2</sup> de cada classe dentro da bacia hidrográfica. A metodologia utilizada pode ser observada na Figura 3, abaixo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### APLICAÇÃO DE PESOS PARA AS CLASSES DOS MAPAS TEMÁTICOS

Os pesos dos temas de geologia, solos, uso e cobertura das terras, intensidade pluviométrica em milímetros por mês e declividade foram atribuídos de acordo com Crepani et al. (2001), com valores que vão de 1,0 a 3,0, como pode ser observado na Tabela 3.

Para termos de melhor comparação, é elucidado na Tabela 3 os pesos atribuídos para cada classe dos referidos temas, e na Figura 4, são visualizados todos estes temas espacializados, com exceção da precipitação, pois a mesma possui apenas uma classe que está relacionada à estação pluviométrica de Vianópolis, tornando-se desnecessário a sua espacialização cartográfica.

**Tabela 3.** Atribuição de pesos para os temas do meio físico.

<b>Geologia</b>			
<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Grupo Araxá- Unidade A - Quartzito ferruginoso	1.0	122,54	24,94
Complexo granulítico Anápolis-Itauçu - Associação Supracrustais	1.3	99,66	20,28
Complexo granulítico Anápolis-Itauçu - Associação Ortogranulitos	1.6	145,19	29,54
Grupo Araxá- Unidade B	1.7	3,20	0,65
Formação Cachoeirinha - Conglomerado	2.5	6,26	1,27
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	3.0	114,60	23,32
<b>Solos</b>			
<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Latossolo Vermelho Distrófico	1.0	279,23	56,83
Cambissolo Háplico	2.5	212,15	43,17
<b>Uso e cobertura das terras</b>			
<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Água	0,0	0,27	0,07
Vegetação Primária	1.7	131,80	26,82
Pastagem	2.7	181,08	36,85
Agricultura	3.0	173,19	35,24
Área urbana	3.0	5,03	1,02
<b>Intensidade pluviométrica em milímetros por mês (1974 a 2013)</b>			
<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
415 mm	2.5	491,38	100
<b>Declividade</b>			
<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
0 – 3 %	1.1	71,83	14,62
3 – 8 %	1.2	231,69	47,15
8 – 20 %	1.7	164,53	33,48
20 – 45 %	2.7	23,10	4,7
45 – 75 %	3.0	0,23	0,05

Fonte: Autor (2017).

Os tipos de solos encontrados nessa região são caracterizados como Latossolo Vermelho Distrófico e Cambissolo Háplico.

O Latossolo Vermelho Distrófico, é considerado com uma estrutura mais coesa, mais profundos, por apresentar maior permeabilidade, que somadas à estrutura bem desenvolvida (entre blocos e granular), é compreendido como solo mais inerte a processos erosivos em comparação ao Cambissolo Háplico, que é um solo considerado mais jovem, localizado em locais mais declivosos, pouco coeso e mais propenso a processos erosivos (RESENDE, 1985; SPERA et al., 2002; SILVA et al., 2005; SANTOS et al., 2013).

Isso evidencia que o Latossolo Vermelho Distrófico, possui menor peso com 1.0, e logo menor vulnerabilidade, em comparação ao Cambissolo Háplico, que apresenta maior susceptibilidade erosiva, com valores de 2.5 (Figura 4).

De acordo com o artigo 11 da Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012):

Em áreas de inclinação entre 25° e 45°, serão permitidos o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris, bem como a manutenção da infraestrutura física associada ao desenvolvimento das atividades, observadas boas práticas agronômicas, sendo vedada a conversão de novas áreas, excetuadas as hipóteses de utilidade pública e interesse social.

Com base nesta lei supracitada, essas áreas de 25° a 45° que correspondem de 28% a 50% de declividade, são consideradas de uso restrito e representam aproximadamente a 4,7 % do território da bacia com valores atribuídos de 2.7 (Tabela 3), e por estes fatores são consideradas áreas com alto grau de vulnerabilidade.

Segundo Pereira e Neto (2004), declividades que variam de 25% a 45%, são considerados relevos muito acidentados, sendo assim terras impróprias para mecanização, além de ser um terreno com muita rochoso/pedregosidade, ao passo que relevos que variam de 0 a 3% possuem aptidão para qualquer maquinário.

Na região norte da BHRP há maiores área de relevos planos que vão de 0 a 3% totalizando 14,62 %, e também a classe de 3 a 8% que abrange maiores áreas dentro da bacia com aproximadamente 47,15%, com pesos atribuídos para estas classes que vão de 1.1 a 1.2.

Essas classes possibilitam maior infiltração da água da chuva, ao passo que na região sul do território são encontrados declividade mais acentuadas, que aumentam a velocidade de escoamento da água causando maior desprendimento de partículas dos solos e consequentemente maiores perdas de solo, que são evidenciadas pelas classes que vão de 8 a 20%, que possuem relevo ondulado, com peso de 1.7, englobando grande parte da bacia com 33,48%, como pode ser observado na Tabela 3 anteriormente.

Por conseguinte, as classes com menor representatividade na bacia são as de 20 a 45%, com peso atribuído de 2.7, consideradas de relevo fortemente ondulado, e por último a classe de 45 a 75% classificada como montanhosa, com área de 0,05 % da bacia e peso de 3.0 (Figura 4).

Como pode ser observado na Figura 4, os temas de solos e declividade na região norte da bacia possuem classes consideradas de menor vulnerabilidade à erosão, no entanto os temas de uso e cobertura das terras, e geologia contribuem com maiores pesos a essa porção do território, influenciando em maiores instabilidades ao terreno e consequentemente gerando maior vulnerabilidade nessas regiões.

Isto é explicado devido o tema de uso das terras possuir maiores alterações antrópicas com área urbana, cultivo de agricultura e pastagem nesta região. E também ao tema de geologia por apresentar rochas menos coesas, ou seja, que possuem uma menor resistência aos processos erosivos, com a classe Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, que possui sobre a sua estratificação depósitos de silte, depósitos de areia e depósitos de argila, com peso 3,0 e área de 23,32% dentro da bacia.

Valores altos também foram aplicados a classe da Formação Cachoeirinha com valores de 2.5, compondo em torno de 1,27% da bacia, e para o Grupo Araxá unidade B, atribuiu-se valor de 1.7, que compõem apenas 0,65% da área total da bacia, que são áreas constituídas de rochas com maior grau de intemperismo e menos coesas (Tabela 3) e (Figura 4).

Para a região da bacia há uma única estação pluviométrica localizada em Vianópolis, é por isso a área de estudos contém uma classe de intensidade pluviométrica que é expressa com o valor 415 milímetros por mês e com peso de 2,5 englobando toda a região da bacia.

O cálculo de Intensidade Pluviométrica (mm/mês), para a área da bacia foi realizado conforme a metodologia de Crepani et al. (2001), descrita anteriormente. Na Tabela 4, pode ser visualizado a precipitação média anual em milímetros, a duração do período chuvoso (meses) e a intensidade pluviométrica em milímetros por mês referentes ao ano de 1974 a 2012.

**Tabela 4.** Valores de Intensidade referente à Pluviosidade Média Anual (mm), Duração do Período Chuvoso (meses) e Intensidade Pluviométrica (mm/mês) do ano de 1974 a 2012, para a área de estudos.

Pluviosidade Média Anual (mm)	Duração do Período Chuvoso (meses)	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)
1660	4 meses*	415

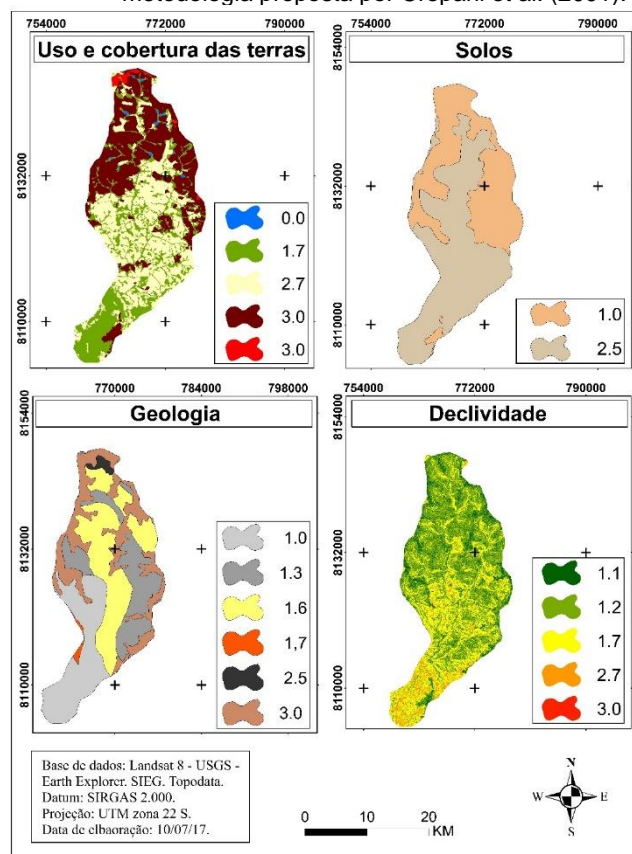
\*Média do quantitativo de dias chuvosos com transformação para meses de chuva do período de 1974 a 2012.

**Fonte:** Agência Nacional de Águas – ANA (2017).

A precipitação é uma variável fundamental na análise de perdas de solos, pois influencia diretamente o solo, que se estiver descoberto ou com ausência de vegetação, produz elevadas taxas de perda de solo.

O valor de intensidade de precipitação de 415 milímetros por mês do ano de 1974 a 2012 observado anteriormente na Tabela 4, é um valor elevado e que influencia em altos níveis de erosão para a região e conseqüentemente em altos valores de vulnerabilidade, principalmente na estação chuvosa (verão).

**Figura 4.** Coleção de mapas temáticos com atribuição de pesos de vulnerabilidade, de acordo com a metodologia proposta por Crepani et al. (2001).



**Fonte:** Autor (2017).

Dessa forma, recomenda-se para a Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, maiores áreas destinadas para conservação, assim como maiores cuidados com o solo, utilizando-se de



técnicas agrícolas que não deixem o solo descoberto, com o intuito de possibilitar a mitigação ou inibição de processos erosivos acelerados.

**MAPA DE VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DE SOLOS**

Ao analisar o mapa de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos, observa-se que na região leste e parte da região noroeste do município, predomina-se a classe estável com valor de 1,1 e moderável estável, com valores de 1.7 (Figura 5).

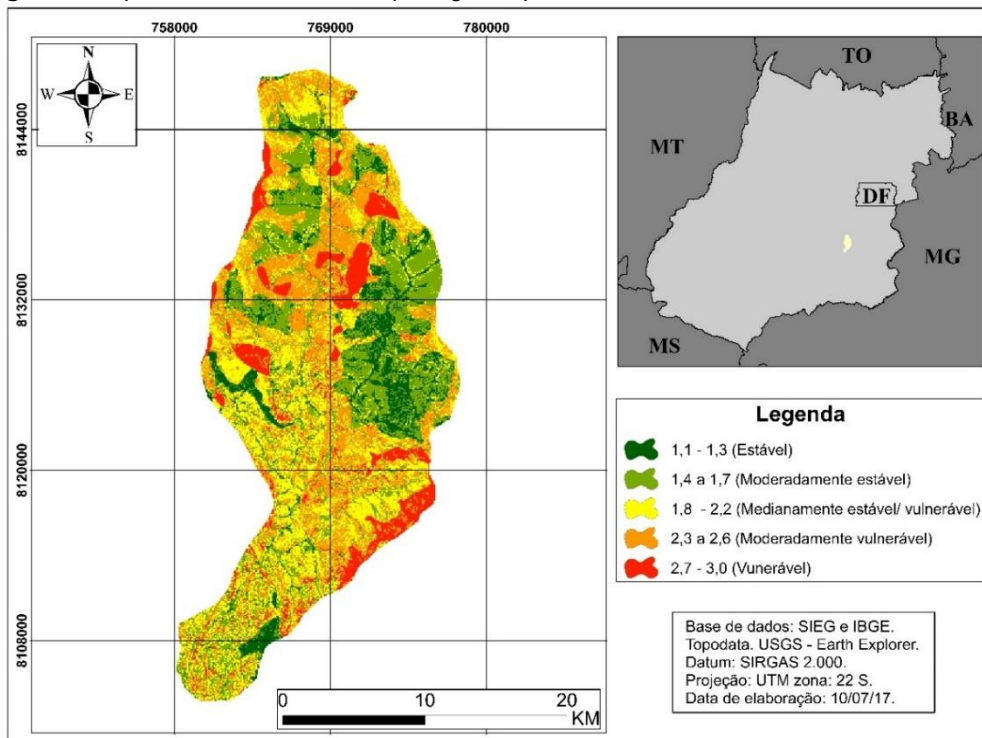
Esses valores estão relacionados a maior estabilidade do terreno, onde os temas de solos, com a classe Latossolo Vermelho e a declividade com relevos planos que vão 0 a 3%, contribuíram com um menor peso, prevalecendo assim neste local processos de pedogênese.

No entanto, entre as classes de medianamente estável/ vulnerável até a classe vulnerável é possível verificar que a morfogênese prevaleceu em relação a pedogênese. Isso acontece especialmente pelo maior peso atribuído as variáveis de solos, geologia e declividade, que possuem maior vulnerabilidade a processos erosivos, e que por isso foram responsáveis pela classificação das áreas de maior vulnerabilidade a processos erosivos (Figura 5).

As classes com maior estabilidade no terreno são representadas com uma pequena área dentro do território, caracterizada pela classe estável com valores de 9,85 % ou 48,41 km² e moderadamente estável com 25,96% ou 127,54 km². Portanto, os restantes das classes são compreendidos como: Medianamente estável/vulnerável, com maior extensão no território totalizando 27,64 % ou 135,81 km², a classe moderadamente vulnerável com 26,58% ou 130,61 km², e por último a classe vulnerável com apenas 9,97 % ou 49,01 km² do território (Figura 5).

Consequentemente, compreende-se que os processos de morfogênese abrangem maiores áreas dentro da bacia em comparação aos processos de pedogênese, compondo cerca de 64,19 % do território da bacia, que é caracterizado com a classe medianamente estável/vulnerável até a classe vulnerável. Sendo assim, estas áreas merecem maior preocupação para mitigação de processos erosivos que são formados com maior facilidade, e com ênfase na preservação da cobertura vegetal, para redução ou prevenção de possíveis degradações ambientais.

**Figura 5.** Mapa de vulnerabilidade da paisagem à perda dos solos da bacia do Rio do Peixe/GO.



Fonte: Autor (2017).

De acordo com Mesquita et al. (2010) todos os temas do meio físico são de elevada importância para o mapeamento da vulnerabilidade à perda de solos, no entanto a geologia e a cobertura vegetal são elementos fundamentais para proteção e estabilização da paisagem.

Portanto, Silva Neto e Aleixo (2016), verificaram que a medida que há mudanças no uso e ocupação das terras com o aumento de áreas antrópicas, a intensidade ou grau de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos também são alterados.

No presente estudo, identificou-se que os temas de uso e cobertura das terras e geologia, também foram de elevada importância para as análises, com destaque para o tema de solos, que também contribuiu para identificar as áreas susceptíveis/vulneráveis à erosão.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o avanço da tecnologia, assim como as metodologias que englobam o Sistema de Informações Geográficas (SIG), é comum que melhores análises sejam realizadas, uma vez que influenciam sobremaneira na qualidade, e conseqüentemente no resultado de produtos cartográficos, que possibilitam aos órgãos gestores maior controle e planejamento da região estudada.

A análise da vulnerabilidade da paisagem à perda de solos é uma ferramenta de elevada importância para tomadas de decisões, pois permite maior compreensão das áreas que necessitam de manejo adequado dos solos e medidas de prevenção para controle erosivo, possibilitando melhor ordenamento do território.

Os processos de pedogênese observados na área de estudo estendem-se da classe estável que possui 9,85 % até a classe moderadamente estável com 25,96%, ao passo que os processos de morfogênese foram mais evidenciados nas classes medianamente estável/vulnerável, em relação às demais classes do território com 27,64%, a classe moderadamente vulnerável com 26,58% e vulnerável com 9,97 %.

Com isso, percebe-se que em 64,19% da bacia, predominaram com processos de erosão (morfogênese), ou seja, são áreas consideradas vulneráveis à perda de solos, com processos erosivos atuantes, que engloba as classes representadas como moderadamente estável/vulnerável até a classe vulnerável. Isso evidencia que é preciso ter maior preocupação em relação a essas áreas de maior vulnerabilidade, pelos órgãos gestores com recursos que possibilitem a mitigação ou prevenção de degradações ambientais. Recomenda-se para essas áreas o manejo adequado dos solos com sistemas que possibilitem a preservação destes locais, seja com o plantio de espécies nativas do local ou com práticas agrícolas mais sustentáveis.

A confecção do mapa de vulnerabilidade à perda de solos da BHRP, é um importante recurso que proporciona ao gestor maior entendimento dos processos antrópicos que influenciam diretamente nos processos físicos naturais da região, com a perspectiva de entender áreas potenciais ou restritas a determinado tipo de uso, com o entendimento de zonas definidas no território que possibilitem o desenvolvimento da agricultura com menor perda de custos para o produtor rural, áreas mais propícias para construção civil, até possíveis áreas que mereçam maior preservação com a recuperação de áreas degradadas.

Devido à falta de recursos financeiros para análise dos aspectos físicos com maior nível de detalhamento cartográfico de solos e geologia para a área de estudos *in loco*, não foi feito o refinamento dos mesmos, mas para o conhecimento a nível de detalhe dos processos de vulnerabilidade à perda de solos, recomenda-se para trabalhos futuros, esse tipo de análise.

## REFERÊNCIAS

AMORIM R. F.; SILVA F. M. Modelagem do processo de vulnerabilidade à erosão do Solo utilizando o SPRING. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, abril, 2009. **Anais...** XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto, Natal, INPE, 2009, p.5073-5080.

ANA - Agência Nacional De Água. **Portal HIDROWEB: Dados Hidrológicos**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: Julho de 2017.

- BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**. 1997. 157 f. Tese (Dissertação de Mestrado)–Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1997.
- BECKER, B. K.; EGLER, C. A. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. Brasília: SAE/MMA, 1996, 43p.
- BRASIL. Presidência da República. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Código Florestal Brasileiro. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2012 maio. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/ lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 25 de junho de 2017.
- COSTA F. H. S.; PETTA R. A.; LIMA R. F. S.; MEDEIROS C. N. Determinação da vulnerabilidade ambiental na bacia potiguar, região de Macau (RN), utilizando sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, nº58/2, p.119-127, 2006.
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Portal do GeoBank**. Disponível em:< <http://geosgb.cprm.gov.br/>> Acesso em: 12 de junho de 2017.
- CREPANI E.; MEDEIROS J. S.; FILHO P. H.; FLORENZANO T. G.; DUARTE V.; BARBOSA C.C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos, SP: INPE, jun. 2001, 113 p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas (base cartográficas – Malhas digitais). Shapefile do Brasil com regiões 2015**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhasdigitais.html>>. Acesso em: 03 maio de 2017.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TOPODATA - Bancos de dados geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 30 de julho de 2017.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: con un studio de los climas de la tierra**. México: Fundo de Cultura Econômica, 1948. 478p.
- MESQUITA C.; ASSIS A. Q. S.; SOUZA R. M. Vulnerabilidade natural à perda de solos da bacia hidrográfica do rio sagrado – Morretes/pr. **Revista de Geografia, UFPE**, v. 27, n. 2, p.214-264, 2010.
- MOTTA L. H. S. O; VALLADARES G. S. Vulnerabilidade à degradação dos solos da Bacia do Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 39-50, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000100006>
- NASCIMENTO P. S. R.; PETTA R. A. Análise das similaridades das cartas de vulnerabilidade à erosão realizadas por dois operadores zonais de álgebras de mapas. **Revista escola de minas**, v. 61, n. 2, p.135-140, 2008.
- NETO J. C. A. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solos na bacia do rio Salobra, MS, com base nas formas do terreno. **Geografa (Londrina)**, v. 22, n.1, p. 05-25, 2013.
- PEREIRA L. C.; NETO F. L. **Avaliação da aptidão Agrícola das Terras: proposta metodológica**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004, 36p.
- RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 128, p. 3-18, 1985.
- ROCKETT G. C; MARTINS E. M.; TODT V.; THUM A. B.; BARBOZA E. G. Geoprocessamento aplicado análise ambiental: vulnerabilidade natural perda de solo no morro do osso, porto alegre/rs. **Geografia**, v. 39, n. 3, p. 465-481, 2014.
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013. 353p

SIEG - Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás. **Base de dados SIG - Shapefiles**. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/>>. Acesso em: 28 de mar. 2017.

SILVA A. M.; SILVA M. L. N.; CURI NILTON; LIMA J. M.; AVANZI J. C.; FERREIRA M. M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.12, p.1223-1230, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005001200010>

SILVA NETO J. C. A.; ALEIXO N. C. R. Análise temporal da vulnerabilidade da paisagem à perda dos solos na bacia hidrográfica do rio salobra- serra da bodoquena, mato grosso do sul. **Revista Formação (Online)**, v. 2, n. 23, p.252-270, 2016.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V.; CARVALHO JÚNIOR O. A.; GUIMARÃES R. F. **Solos e aptidão agrícola das terras da área de proteção ambiental de Cafuringa, Distrito Federal**. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento). Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002, 54 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977, 91p.

USGS - United States of Geological Survey. **Portal do Earth Explorer**. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 de agosto de 2017.

---

Recebido em: 21/08/2017

Aceito para publicação em: 08/03/2018