

**ESTUDO DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RESERVATORIO DA USINA
HIDRELETRICA DE FERREIRA GOMES (AP)****ENVIRONMENTAL VULNERABILITY MODEL OF THE HYDROGRAPHIC BASIN RESERVOIR OF
FERREIRA GOMES HYDROELECTRIC PLANT (AP)**Fabiano Luis Belem¹João Batista Pereira Cabral²**RESUMO**

Através dos estudos das variáveis do ambiente como pedologia, geologia, uso e ocupação da terra, geomorfologia este levantamento foi feito para analisar os diversos fatores de maneira sistêmica na bacia hidrográfica do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Ferreira Gomes. O estudo de vulnerabilidade ambiental torna-se importante para o entendimento da dinâmica e dos processos erosivos na área da bacia hidrográfica do reservatório da UHE Ferreira Gomes. Este processo ocorreu devido a uma mudança no nível de base local com a construção do reservatório. O estudo de vulnerabilidade tem como principal objetivo a necessidade de gerar conhecimentos sobre os processos erosivos da bacia do reservatório. Para a geração deste modelo utilizou-se os seguintes procedimentos metodológicos trabalho de campo para identificação das feições geográficas, a metodologia de vulnerabilidade ambiental adotada por Crepani *et al.* (2001) para a região amazônica. Esta pesquisa aborda de forma sistêmica o modelo de vulnerabilidade ambiental na bacia de captação direta da Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes. A partir disso, identificou que as áreas de maior saída de sedimentos são as áreas que apresentam as atividades antrópicas que se localiza na região sul do reservatório da UHE Ferreira Gomes.

PALAVRAS-CHAVE: PROCESSOS EROSIVOS, ANALISE DA PAISAGEM, ANALISE SISTEMICA.**ABSTRACT**

Through the studies of environmental variables such as pedology, geology, land use and occupation, geomorphology, this survey was carried out to analyze the various factors in a systemic way in the hydrographic basin of the hydroelectric plant reservoir (UHE) Ferreira Gomes. The study of environmental vulnerability becomes important for understanding the dynamics and erosion processes in the hydrographic basin area of the UHE Ferreira Gomes reservoir. This process occurred due to a change in the local base level with the construction of the reservoir. The vulnerability study has as its main objective the need to generate knowledge about the erosive processes of the reservoir basin. To generate this model, the following methodological procedures were used, field work to identify geographic features, the environmental vulnerability methodology adopted by Crepani *et al.* (2001) for the Amazon region. This research systematically addresses the environmental vulnerability model in the direct catchment basin of the Ferreira Gomes Hydroelectric Power Plant. From this, he identified that the areas with the greatest output of sediments are the

¹Professor do colegiado de geografia da Universidade Federal do Amapá. flb.geo@unifap.br .ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0858-0399>

²Professor Associado III da Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí. jbcabral2000@yahoo.com.br ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2046-5975>

areas that present anthropic activities located in the southern region of the reservoir of the UHE Ferreira Gomes.

KEYWORDS: EROSIVES PROCESSES, LANDSCAPE ANALYSIS, SYSTEMATIC ANALYSIS.

INTRODUÇÃO

O meio ambiente é tema que paulatinamente conquistou uma importante posição e, hoje, é objeto de estudo de diversas ciências que trabalham com a temática ambiental. As discussões e estudos alcançaram uma considerável dimensão nos diversos ramos do conhecimento científico, ou, pelo menos, um lugar comum onde várias ciências se encontram em função de um mesmo objeto, que são os estudos sobre a paisagem (CHRISTOFOLETTI, 1981; ROSS, 1996; CREPANI, 1996;).

Isto faz com que os estudos relacionados à paisagem possam ser realizados a partir de um tratamento holístico por meio da análise espacial. A partir desta visão do todo se desenvolveu modelos de análise de paisagem como fragilidade ambiental (ROSS, 1994) e vulnerabilidade ambiental (CREPANI et. al, 2001).

A partir disso este trabalho adotou o modelo de vulnerabilidade. Que foi uma metodologia inicialmente desenvolvida para a região amazônica. Crepani *et al* (2001) desenvolveu a metodologia de vulnerabilidade ambiental como base para realizar o ordenamento territorial da Amazônia proposto pela metodologia de Zoneamento Ecológico Econômico para a região da Amazônia Legal.

A vulnerabilidade ambiental apresenta uma visão multidisciplinar a fim de analisar as variáveis e todo o espectro de perspectivas que envolvem o desafio de representar a realidade ambiental o mais próximo possível de modelos ambientais confiáveis.

O modelo de vulnerabilidade ambiental serve como uma previsão das áreas mais ou menos suscetíveis aos impactos ambientais presentes na área considerando o uso e ocupação da terra por determinada sociedade. Um princípio importante do modelo de vulnerabilidade ambiental é trabalhar com uma visão multidisciplinar e sistêmica sobre o ambiente considerando diversas variáveis ambientais como pedologia, clima, uso e ocupação do solo clima, geologia e geomorfologia.

A grande quantidade de variáveis e sua variação escalar distinguem os estudos de vulnerabilidade dentro de uma perspectiva preditiva sendo com isto um forte instrumento no planejamento ambiental. A variedade de fatores ambientais e sua variação escalar colocam as pesquisas de vulnerabilidade numa perspectiva de predição com o fim de avaliar e prevenir os impactos ambientais numa região (PINESE JUNIOR, RODRIGUES, 2012).

Mas, o modelo de vulnerabilidade apresenta algumas falhas como por exemplo, as escalas dos mapas das variáveis ambientais em nível de detalhes dos mapas que devem compor o modelo, conseqüentemente, a qualidade dos mapas das variáveis que estão sendo estudadas no modelo de vulnerabilidade (SANTANA, 2017).

O método de vulnerabilidade baseia-se na classificação do grau de vulnerabilidade para cada variável ambiental, tem referência de classificação os processos de morfogênese e pedogênese e como definiu Tricart (1977). No método de vulnerabilidade os valores de cada variável ambiental são colocados de um a três. Cada valor diferente de classe é considerável um tipo de paisagem diferente que é chamado de unidades territoriais básicas .

A partir disso, são alocadas as paisagens consideradas estáveis em que tem se o predomínio do processo de pedogênese que consiste na estabilidade da paisagem. As paisagens moderadamente estáveis que o processo de pedogênese é predominante, mas existe neste tipo de paisagem o processo morfogênese que são processos na paisagem que consistem na modificação desta. As paisagens medianamente estáveis e vulneráveis têm os processos de morfogênese e pedogênese. As paisagens moderadamente vulneráveis que apresentam com predominância o processo de morfogênese, mas, há o processo de pedogênese.

O reservatório da Usina Hidrelétrica Ferreira Gomes se caracteriza principalmente por apresentar o alagamento de grande área de vegetação e uma grande quantidade de formações lenhosas mortas. Isto faz com que a qualidade da água seja afetada principalmente porque houve alteração dos parâmetros físicos-químicos da água. Como exemplo, a alteração destes parâmetros da água pode ter provocado a jusante da barragem

do reservatório da Usina Hidrelétrica da Ferreira Gomes Energia a mortandade de peixes que houve em maio 2015. De acordo com o Instituto de Ordenamento Territorial do Amapá foi causada por uma grande quantidade de oxigênio dissolvido na água que provocou uma supersaturação do oxigênio na água. Esta supersaturação do oxigênio provocou nos peixes alterações físicas como bolhas e olhos esbugalhados, a partir disso, constatou-se que a causa da morte foi embolia.

A partir disso, este trabalho tem como objetivo verificar se existem áreas de vulnerabilidade ambiental na área da bacia do rio Araguari da Usina Hidrelétrica da Ferreira Gomes. Identificar e especializar quais são as áreas que apresentam maior vulnerabilidade ambiental.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O reservatório da Usina Hidrelétrica Ferreira Gomes está localizado na bacia hidrográfica do rio Araguari no extremo Norte do Brasil. Esse reservatório teve sua construção no início do ano de 2012 e o funcionamento da UHE Ferreira Gomes se deu a partir de dezembro de 2014. O reservatório da Ferreira Gomes energia é importante para a sociedade amapaense porque está voltado para a produção da energia elétrica, a pesca da população ribeirinha, consumo da água da população local.

A área de inundação do reservatório da Ferreira Gomes Energia era composta por floresta ombrófila densa, pequenas propriedades agrícolas, cerrado e afloramentos rochosos. Após a construção do reservatório toda a área do entorno do reservatório é considerada área de proteção permanente de acordo com a Resolução Conama nº 302/2002 (BRASIL, 2002).

O reservatório da Usina Hidrelétrica Ferreira Gomes se caracteriza principalmente por apresentar o alagamento de grande área de vegetação e por apresentar uma grande quantidade de formações lenhosas mortas. Isto faz com que a qualidade da água seja afetada principalmente porque houve alteração dos parâmetros físicos-químicos da água.

O rio Araguari tem suas nascentes na serra da Lombarda no platô das Guianas no Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque no município de Serra do Navio conforme a figura 1. Apresenta uma extensão de 560 quilômetros e pode ser dividido em alto Araguari, médio Araguari e baixo Araguari. Esta divisão do rio tem como base as cotas altimétricas onde o alto rio vai até a cota de cem metros, o médio rio vai até a cota de vinte e cinco metros e o baixo rio vai da cota vinte e cinco metros até a foz do rio Araguari.

O médio rio Araguari passa pelo município de Porto Grande, neste trecho o rio Araguari recebe os seus afluentes mais importantes que são os rios Amapari e Falsino que passa pelos municípios de Serra do Navio e Pedra Branca do Amapari. Esta área é muito utilizada para a exploração de seixos e areia e se caracteriza por estar sobre uma região de embasamento cristalino. Isto faz com que a litologia seja composta por granodiorito, diorito e quartzo-diorito (RADAMBRASIL, 1974; DO ESPIRITO SANTO, 2017). Também se localizam três usinas hidrelétricas que são a Usina Hidrelétrica do Caldeirão, a Usina Hidrelétrica de Coroacy Nunes, a Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes conforme o mapa de localização da bacia do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes (Figura 1). Demonstra o grande potencial hidrelétrico desta área.

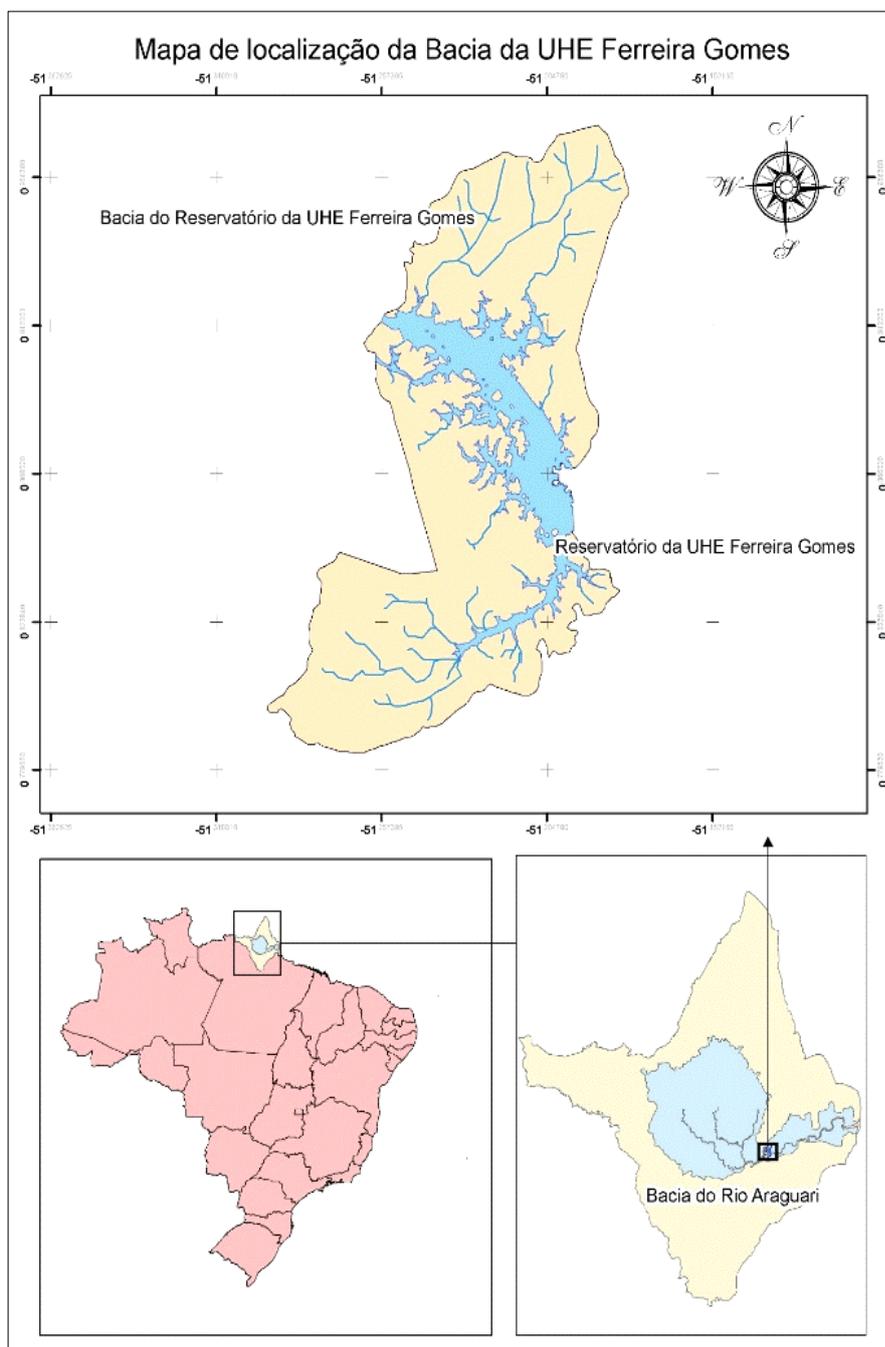


Figura 1. Mapa de localização da bacia do reservatório da UHE Ferreira Gomes

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

PROCEDIMENTOS

Para a compilação do modelo de vulnerabilidade ambiental foram seguidos de acordo com a proposta de Crepani et.al (2001).

Para isto iniciou o modelo de vulnerabilidade de geologia com o objetivo de mensurar quais são as rochas que sofrem maior processo erosivo para isto as rochas que apresentam menos suscetibilidade ao processo erosivo foram consideradas estáveis que, são a formação granulitos foi mensurado com o valor 1 e o complexo guianense que é composta por granodioritos foi alocado o valor de 1,2. Já as formações geológicas que são mais suscetíveis aos processos erosivos foram consideradas vulneráveis como as rochas do grupo barreiras com valor de 2,7 e os depósitos aluvionares foi a dado o valor de 3,0.

O modelo de vulnerabilidade de geomorfologia segundo Crepani (2001), é o resultado da média aritmética dos mapas de amplitude altimétrica, declividade e amplitude interfluvial.

O modelo de vulnerabilidade de amplitude altimétrica foi separado em classes a partir da variação de nove metros e meio as altitudes menores foram consideradas estáveis e as altitudes mais altas moderadamente estáveis. Isto ocorre porque a topografia da bacia da UHE Ferreira Gomes apresenta baixa altimetria.

O modelo de declividade foi dividido em cinco classes baseado em Crepani (2001). A primeira classe tem uma declividade menor de 2% a qual foi alocado o valor de 1 e considerada estável porque a menor inclinação da vertente consequente o escoamento superficial irá apresentar menor energia cinética para os processos erosivos. A segunda classe de 2% a 6% que apresenta uma inclinação maior que a segunda classe foi considerada moderadamente estável por isto foi alocado o valor de 1,5. A terceira classe corresponde a declividade de 6% a 20% o valor alocado ao modelo da classe para 2 e esta classe foi considerada medianamente estável e instável. A quarta classe foi para as declividades entre 20% e 50% foi alocado o valor de 2,5 e considerado moderadamente vulnerável. Por fim, a quinta classe foi considerado acima de 50% para isto foi alocado o valor de 3,0 classificado como vulnerável.

Para a criação do modelo de geomorfologia foi criado o modelo de amplitude interfluvial que consiste no estudo das incisões sobre a verticais dos interflúvios. Para a

construção deste modelo houve a separação de classes considerando a distância entre os divisores de água porque quanto maior for a divisão entre os interflúvios menor o processo erosivo entre as vertentes. A partir disso, foi formulado o tabela 01 com o valor e a distância de interflúvio segundo a metodologia de Crepani (2001).

Distância entre interflúvios	valor	classe
3500 - 3750 metros	1,6	moderadamente estável
3250 - 3500 metros	1,7	moderadamente estável
3000 - 3250 metros	1,8	medianamente estável/vulnerável
2750 - 3000 metros	1,9	medianamente estável/vulnerável
2500 - 2750 metros	2,0	medianamente estável/vulnerável
2250 - 2500 metros	2,1	medianamente estável/vulnerável
2000 - 2250 metros	2,2	medianamente estável/vulnerável
1750 - 2000 metros	2,3	moderadamente vulnerável
1500 - 1750 metros	2,4	moderadamente vulnerável
1250 - 1500 metros	2,5	moderadamente vulnerável
1000 - 1250 metros	2,6	moderadamente vulnerável
750 - 1000 metros	2,7	vulnerável
500 - 750 metros	2,8	vulnerável
250 - 500 metros	2,9	vulnerável
0 - 250 metros	3,0	vulnerável

Tabela 1. Distancia interfluvial, de peso e de cada classe de amplitude interfluvial

Fonte: Modificado de Crepani (2001)

Para fazer o modelo de geomorfologia, foi realizado a aritmética de imagens com a soma dos modelos de amplitude altimétrica, amplitude interfluvial e de declividade. Após isto foi realizado a média e gerado o mapa de vulnerabilidade do relevo.

O modelo de pedologia considerou como os solos mais estáveis aqueles solos que apresentam maior porosidade, tem menor escoamento superficial e menor processo erosivo. A partir disso, os solos que apresentam menor processo erosivo são os Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo Hiperdistrófico porque os latossolos são solos porosos o que faz com que neste tipo de solo o escoamento superficial seja menor. Por isto estas classes foram consideradas estável com peso 1,0. Já nos latossolos amarelos hiperdistróficos concrecionários por apresentar algumas lateritas isto faz com que o escoamento superficial

seja maior. Isto fez com que esta classe fosse considerada moderadamente estável e alocasse o valor de 1,4.

O modelo de vulnerabilidade de índice pluviométrico considerou a média anual que é de 3297,4 mm anuais (Crepani, 2001). Isto fez com que fosse considerado como uma classe moderadamente vulnerável segundo Crepani et. al (2001). Não se considerou a média do ano de 2017 de 1108 mm por ter ocorrido uma anomalia climática. Isto faria com que o modelo se restringisse somente a anos de anomalia climatológica.

O modelo de vulnerabilidade ambiental utilizou a mensuração de classes feita por Crepani et. al (2001). Para isto Crepani et. al (2001) separou as classes de uso e ocupação da terra de acordo com os processos de morfogênese e pedogênese. As classes de uso do solo que facilitam o processo de morfogênese foram mensuradas nos valores mais altos enquanto que os usos da terra que mantem o processo de pedogênese foram alocadas com os valores mais baixos. A classe de uso da terra com os valores mais baixos foram hidrografia e floresta ombrófila densa foram considerados com o valor 1,0 e colocada como classe estável. A classe urbana foi colocada com o valor de 2,0 e considerada uma classe medianamente estável. O autor considerou a classe urbano como uma classe que apresenta o processo de morfogênese intenso no processo de desmate da vegetação natural e na terraplanagem da área natural, e depois de consolidado o centro urbano, o processo de pedogênese prevalece na área. As classes de savana, mata galeria e campo inundável que são áreas de vegetação mais abertas em que o solo está exposto são áreas que o processo de morfogênese se predomina sobre o processo de pedogênese. Isso fez com que estas classes tivessem o peso de 2,7 e fossem consideradas vulneráveis. Já as classes de solo exposto, agricultura, mineração e pecuária são áreas que tem uma predominância da morfogênese foram considerados como vulneráveis e obtiveram peso 3,0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE DE VULNERABILIDADE GEOLOGIA DA BACIA DE CAPTAÇÃO DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DA FERREIRA GOMES ENERGIA

Utilizando o estudo dos fatores físicos e os fatores antrópicos que compõe a bacia de captação do reservatório usou-se o modelo de vulnerabilidade ambiental para análise espacial dos processos erosivos sobre a área de estudo. Realizou-se a análise de cada fator físico e sua vulnerabilidade ambiental.

Sobre a geologia, a característica mais importante para o estudo da vulnerabilidade é a coesão das rochas pois quanto maior for a coesão da rocha menor é o processo erosivo presente no ambiente. No estudo da bacia hidrográfica do reservatório de captação os grupos geológicos que compõe esta área são grupo barreiras e as unidades geológicas granulitos e complexo guianense também depósitos aluvionares.

A mensuração mais alta foi colocada com valor três que são os depósitos aluvionares que é composto por areia que não tem nenhuma compactação e por estarem próximos aos reservatórios são carregados mais facilmente.

Também foi mensurado o grupo barreiras com o valor de 2,7 na escala até três. Isto ocorre porque a Formação Barreiras é formada por rochas composta por arenito conglomerático e argilito arenosos que são rochas sedimentares que são erodidas mais facilmente.

A mensuração também foi realizada no complexo de granulitos que são rochas metamórficas que compõe a bacia hidrográfica do reservatório por ser rochas que são mais coesas. O complexo granulito são compostos por rochas granulitas felsicas que são rochas difíceis de serem erodidas. Isto fez com que estas rochas tenham valor de 1,3.

Por fim, o complexo guianense teve o valor de mensuração foi mais baixo foi de 1,2 são compostas por rochas magmáticas intrusivas que com menor processo erosivo, como por exemplo, gnaise, granitoide, granulito, migmatito, ortognaise, tonalito, granodiorito, gnaise, ortoanfíbolito e ortognaise. As mensurações foram representadas conforme o

mapa geológico da área de vulnerabilidade ambiental. Realizou a espacialização da vulnerabilidade geológica conforme a Figura 2.

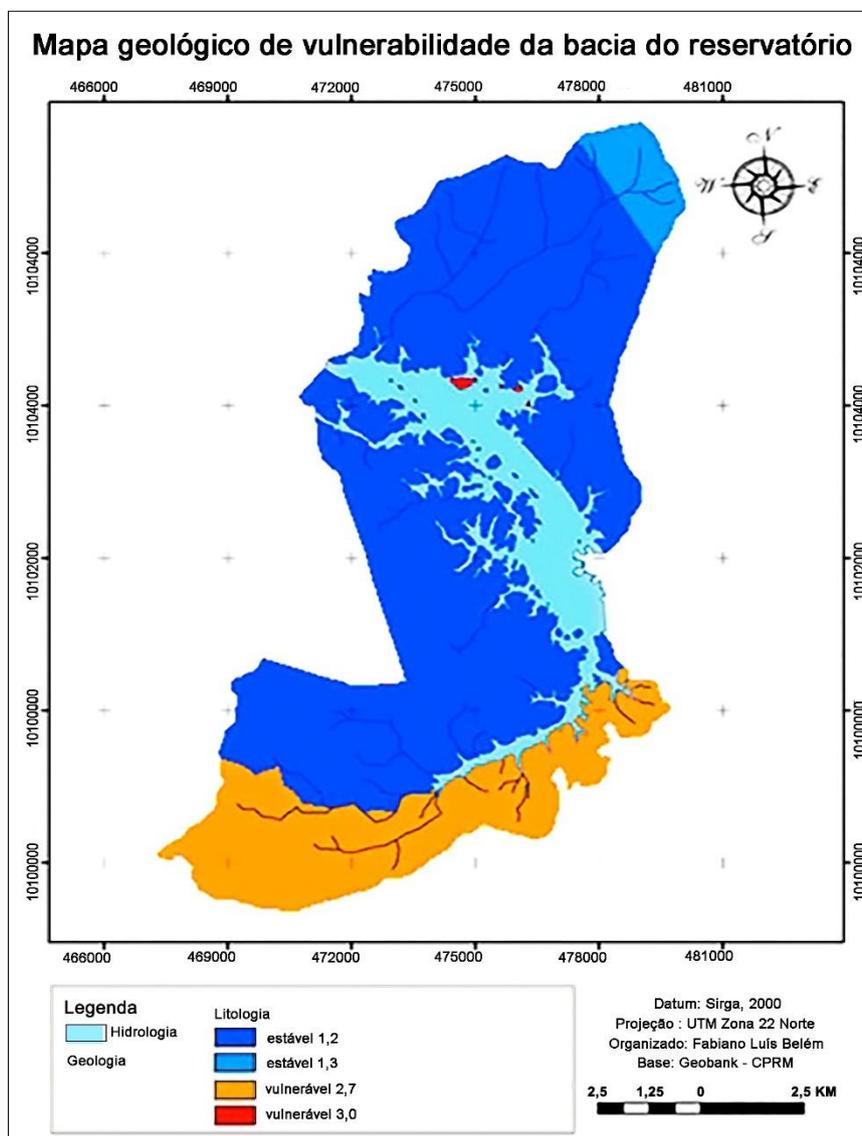


Figura 2. Mapa geológico de vulnerabilidade da bacia de captação do reservatório

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

A partir disso, a Tabela 1 mostrou que as unidades territoriais básicas consideradas estável apresenta maior área na bacia hidrográfica da UHE Ferreira Gomes.

Modelo de Vulnerabilidade Geológica				
<i>Classes</i>	Unidades Territoriais Básicas	Peso	Área	%
<i>Complexo Guianense</i>	Estável	1,2	86,05 Km ²	22,89%
<i>Granulitos</i>	Estável	1,3	15,13 Km ²	1,59%
<i>Grupo Barreiras</i>	Vulnerável	2,7	30,64 Km ²	3,73%
<i>Depósitos Aluvionares</i>	Vulnerável	3,0	2,13 Km ²	71,77%

Tabela 1. Áreas do modelo de vulnerabilidade de geologia da UHE Ferreira Gomes

Fonte: Adaptado de Crepani (2001)

ANÁLISE DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA GEOMORFOLOGIA DA BACIA DE CAPTAÇÃO DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DA FERREIRA GOMES ENERGIA

Outra variável ambiental que deve ser considerada no modelo de vulnerabilidade é a geomorfologia. Na variável geomorfologia considerou-se as características que aumentam a energia do escoamento superficial sobre a superfície. Esta energia do runoff provoca a dissecação do relevo isto faz com que quanto maior for a energia de escoamento superficial haverá a probabilidade de haver maior processos erosivos sobre a vertente e mais o relevo estará dissecado. Então foram mapeados os seguintes fatores ambientais como a amplitude altimétrica, declividade e a intensidade de dissecação.

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA AMPLITUDE ALTIMÉTRICA DA BACIA DE CAPTAÇÃO DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DA FERREIRA GOMES ENERGIA

A amplitude altimétrica consiste na diferença que existe entre a maior hipsometria do relevo e a menor presente numa determinada região (CASTRO, CARVALHO 2009). Quanto maior for a diferença altimétrica do relevo maior vai ser a dissecação presente neste relevo. A diferença altimétrica na bacia de captação do reservatório e de 68 metros conforme o modelo de vulnerabilidade ambiental da variável da amplitude altimétrica apresentada na Figura 3.

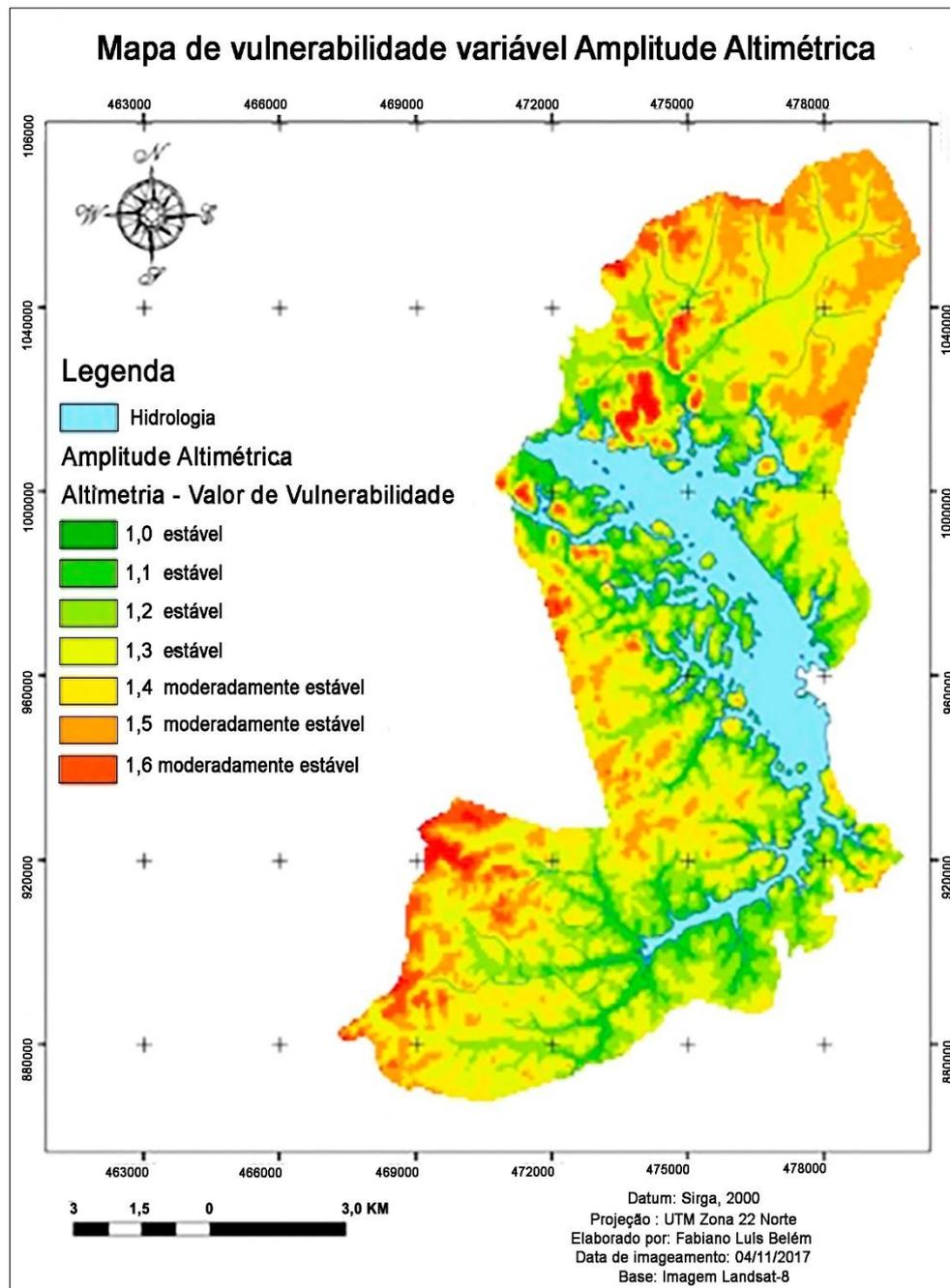


Figura 3. Mapa de vulnerabilidade ambiental da variável da amplitude altimétrica.
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2018

A divisão de classes deu-se a divisão em sete classes cujo valor mensurado foi crescente de 1 até 1,6. As unidades territoriais básicas que apresentaram maior área foi a classe estável conforme a Tabela 2.

Modelo de Vulnerabilidade de Amplitude Altimétrica				
<i>Classes</i>	Unidades Territoriais Básicas	Peso	Área	%
<i>16 - 35 metros</i>	Estável	1,0	17,80 km ²	13,30%
<i>35 - 44,5 metros</i>	Estável	1,1	18,79 km ²	14,04%
<i>44,5 - 55 metros</i>	Estável	1,2	23,00 km ²	17,18%
<i>55 - 64,5 metros</i>	Estável	1,3	28,81 km ²	21,52%
<i>64,5 - 73 metros</i>	Moderadamente estável	1,4	23,67 km ²	17,68%
<i>73 - 82,5 metros</i>	Moderadamente estável	1,5	16,47 km ²	12,30%
<i>82,5 - 84 metros</i>	Moderadamente estável	1,6	5,28 km ²	3,92%

Tabela 2: Áreas do modelo de vulnerabilidade de Amplitude Altimétrica.

Fonte: Adaptado de Crepani (2001)

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA DECLIVIDADE DA BACIA DE CAPTAÇÃO DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DA FERREIRA GOMES ENERGIA

A outra variável ambiental estudada foi a de declividade que consiste na inclinação de um ponto sobre a superfície de um plano. A maior ou menor declividade de uma posição determina um aumento ou diminuição da energia cinética do escoamento superficial fazendo com que os processos erosivos sobre as vertentes sejam maiores ou menores. Segundo Crepani (2001), a declividade no modelo de vulnerabilidade é dividida em muito baixa, baixa, media, alta e muito alta cujos valores de mensuração são 1; 1,5; 2; 2,5; 3 conforme Figura 4.

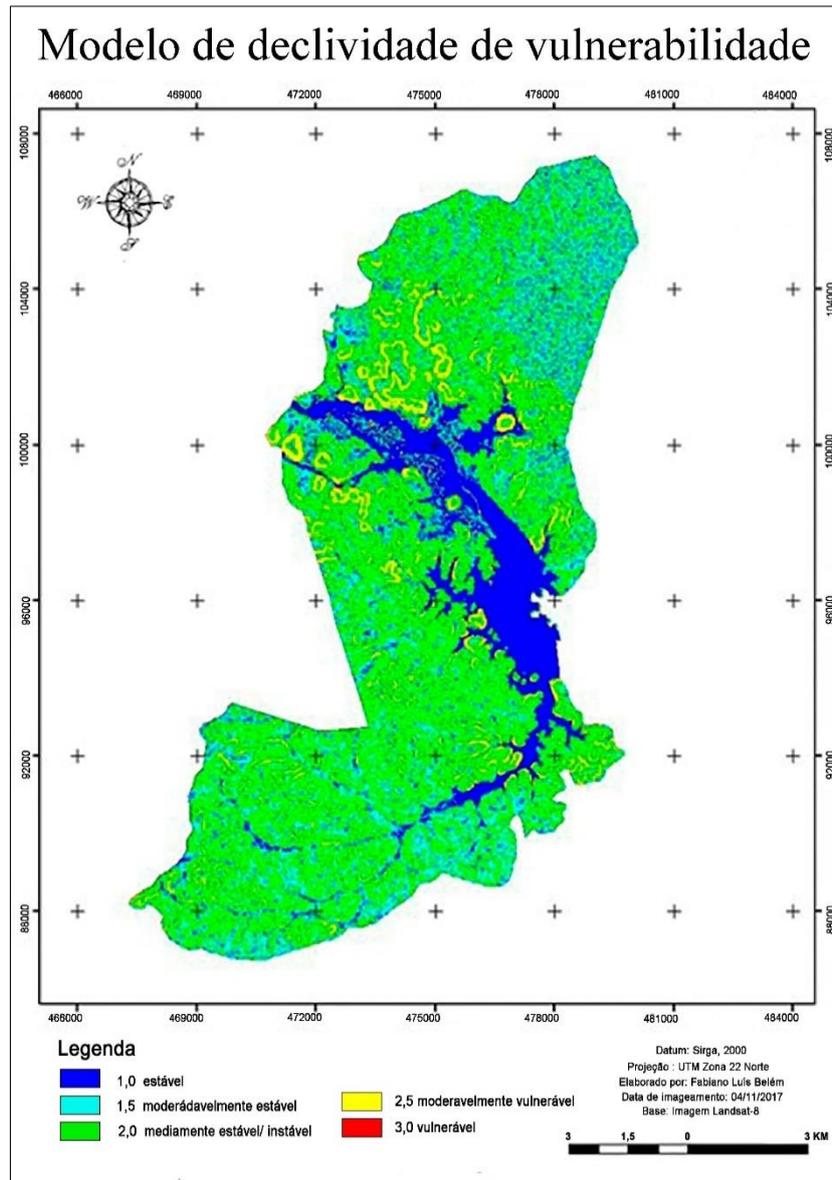


Figura 2. Mapa de vulnerabilidade ambiental da variável da declividade da bacia
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

A partir da Tabela 3 de vulnerabilidade de declividade mostrou que a classe de maior abrangência na bacia hidrográfica predomina entre 6% a 20% mostrando que a unidade medianamente estável e vulnerável predomina nesta variável.

Modelo de Vulnerabilidade de Declividade				
<i>Classes</i>	Unidades Territoriais Básicas	Peso	Área	%
<2%	Estável	1,0	19,69 km ²	14,71%
2% a 6%	Moderadamente estável	1,5	32,16 km ²	24,03%
6% a 20%	Medianamente estável / vulnerável	2,0	68,04 km ²	50,84%
20% a 50%	Moderadamente vulnerável	2,5	13,28 km ²	9,92%
>50%	Vulnerável	3,0	0,65 km ²	0,48%

Tabela 3. Tabela de área do modelo de vulnerabilidade de declividade

Fonte: Adaptado de Crepani (2001).

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA AMPLITUDE INTERFLUVIAL DA BACIA DE CAPTAÇÃO DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DA FERREIRA GOMES ENERGIA

A intensidade de dissecação de um relevo segundo Crepani (2001), pode ser obtida através de dois índices que são a densidade de drenagem e a amplitude interfluvial. A densidade de drenagem consiste no número de canais pela unidade de área. Já a amplitude interfluvial consiste na distância que ocorre entre os canais de drenagem. Os dois parâmetros são um inverso do outro.

Gerou-se a imagem de densidade de drenagem e depois se multiplicou por menos um para que se pudesse obter a amplitude interfluvial conforme a metodologia de Crepani (2001). O valor absoluto da densidade de drenagem obtida considerando que o reservatório foi utilizado no cálculo é de 1,16 km².

A densidade de drenagem indica a capacidade de infiltração da água na bacia hidrográfica. O valor de 1,16, por ser baixo, indica que na bacia de captação do reservatório ocorre maior infiltração da água e que o escoamento superficial é baixo. A densidade de drenagem se relaciona diretamente com o processo climático que ocorre na área como por exemplo, a evapotranspiração, pluviosidade presente. Como o valor de 1,16 é baixo mostra que os solos e as rochas presentes nesta bacia são mais permeáveis diminuindo com isto o escoamento superficial e a densidade de drenagem.

A amplitude interfluvial é um índice que apresenta o grau de dissecação de relevo. Os valores de amplitude interfluvial elevados indicam um modelo da superfície mais planos, que indicam um processo erosivo mais estável. No entanto, quando a amplitude interfluvial apresenta valores pequenos mostra que o relevo tem maior energia para ser dissecado, ou seja, os processos erosivos ocorrem de maneira elevada e os sedimentos são mais facilmente carregados (GOMES, 2005). Na Figura 5 apresenta o mapa de amplitude interfluvial da bacia de captação predomina-se áreas de amplitude interfluvial em que o processo erosivo é mais efetivo.

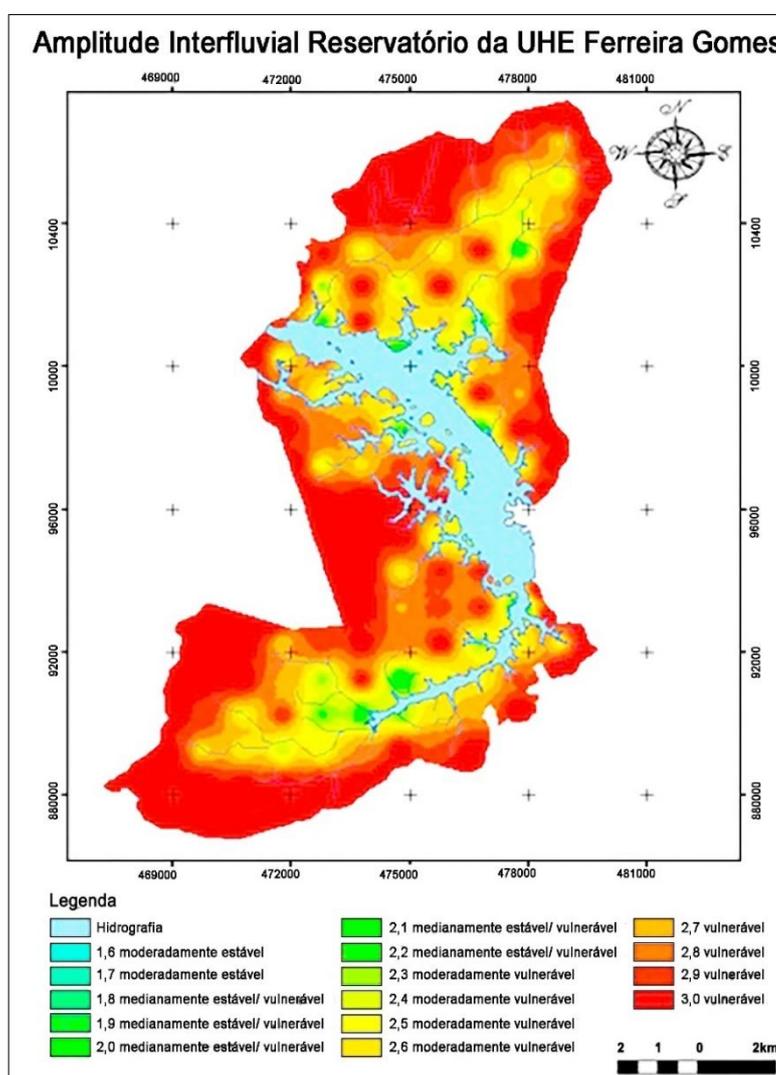


Figura 5. Mapa de vulnerabilidade ambiental da variável da amplitude interfluvial da bacia de captação do reservatório da UHE Ferreira Gomes.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

A partir do modelo de vulnerabilidade de amplitude interfluvial foi possível detectar que as unidades territoriais básicas que apresentam maior área na bacia hidrográfica são de áreas vulneráveis. A maior parte do modelo de vulnerabilidade apresenta interflúvios com áreas menor de 250 metros de distância entre os interflúvios conforme a Tabela 4.

Modelo de Vulnerabilidade de Amplitude Interfluvial				
<i>Distancia de interfluvios</i>	Unidades Territoriais Básicas	Peso	Área	%
3500 - 3750 metros	Moderadamente estável	1,6	0,02 km ²	0,014%
3250 - 3500 metros	Moderadamente estável	1,7	0,06 km ²	0,04%
3000 - 3250 metros	Medianamente estável / vulnerável	1,8	0,14 km ²	0,10%
2750 - 3000 metros	Medianamente estável / vulnerável	1,9	0,20 km ²	0,14%
2500 - 2750 metros	Medianamente estável / vulnerável	2,0	0,29 km ²	0,21%
2250 - 2500 metros	Medianamente estável / vulnerável	2,1	0,67 km ²	0,50%
2000 - 2250 metros	Medianamente estável / vulnerável	2,2	1,82 km ²	1,36%
1750 - 2000 metros	Moderadamente vulnerável	2,3	3,68 km ²	2,74%
1500 - 1750 metros	Moderadamente vulnerável	2,4	6,29 km ²	4,70%
1250 - 1500 metros	Moderadamente vulnerável	2,5	12,41 km ²	9,27%
1000 - 1250 metros	Moderadamente vulnerável	2,6	15,72 km ²	11,74%
750 - 1000 metros	Vulnerável	2,7	17,35 km ²	12,96%
500 - 750 metros	Vulnerável	2,8	20,39 km ²	15,23%
250 - 500 metros	Vulnerável	2,9	18,62 km ²	13,91%
< 250 metros	Vulnerável	3,0	36,16 km ²	27,02%

Tabela 4. Tabela de área de amplitude interfluvial

Fonte: Adaptado de Crepani (2001).

Após avaliação das três variáveis ambientais geomorfológicas foram realizados a operação aritmética de raster somando as imagens de amplitude interfluvial, declividade e amplitude altimétrica. Após isto, dividiu-se por três e realizou-se a média aritmética para gerar o mapa de vulnerabilidade geomorfológica. O modelo de vulnerabilidade do relevo mostrou consideradas estáveis e moderadamente estáveis são pequenas e se localizam próximo reservatório conforme Figura 6.

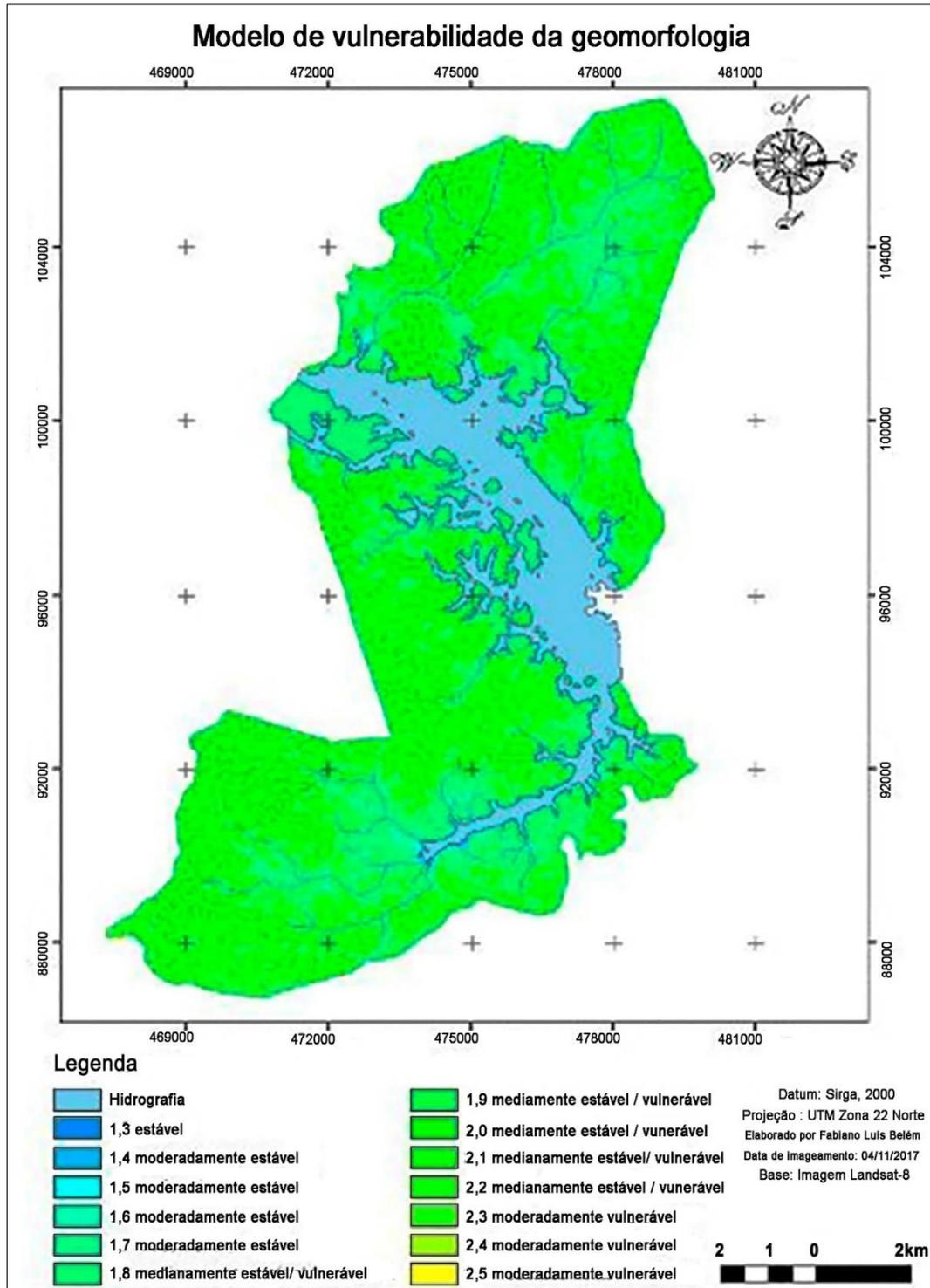


Figura 6. Mapa de vulnerabilidade ambiental da geomorfologia da bacia de captação do reservatório da UHE Ferreira Gomes.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Isso mostra que apesar da área ter relevo mais plano o processo de morfogênese tem uma atuação na área e que o processo de pedogênese também é atuante na área. O modelo de vulnerabilidade geomorfológica ter extensas áreas nas unidades territoriais básicas como medianamente estável/ vulnerável conforme a Tabela 5.

Modelo de Vulnerabilidade de Geomorfologia			
<i>Unidades Territoriais Básicas</i>	Peso	Área	%
<i>Estável</i>	1,3	0,02 Km ²	0,014%
<i>Moderadamente estável</i>	1,4	2,60 Km ²	1,94%
<i>Moderadamente estável</i>	1,5	5,70 Km ²	4,25%
<i>Moderadamente estável</i>	1,6	0,06 Km ²	0,04%
<i>Moderadamente estável</i>	1,7	0,55 Km ²	0,41%
<i>Medianamente estável / vulnerável</i>	1,8	0,39 Km ²	0,29%
<i>Medianamente estável / vulnerável</i>	1,9	32,70 Km ²	24,43%
<i>Medianamente estável / vulnerável</i>	2,0	34,73 Km ²	25,95%
<i>Medianamente estável / vulnerável</i>	2,1	26,41 Km ²	19,73%
<i>Medianamente estável / vulnerável</i>	2,2	14,86 Km ²	11,10%
<i>Moderadamente vulnerável</i>	2,3	8,23 Km ²	6,15%
<i>Moderadamente vulnerável</i>	2,4	7,44 Km ²	5,55%
<i>Moderadamente vulnerável</i>	2,5	0,13 Km ²	0,09%

Tabela 5. Áreas do modelo de vulnerabilidade de geomorfologia.

Fonte: Adaptado de Crepani (2001).

A vulnerabilidade ambiental do relevo mostra que grande parte da bacia hidrográfica está nas classe de vulnerabilidade ambiental medianamente estável e vulnerável. Isto deve-se principalmente, a baixa declividade que apresentou grande parte de suave a suavemente ondulado. Isto pode se verificar no Modelo Digital de Terreno (MDT) conforme a Figura 7.

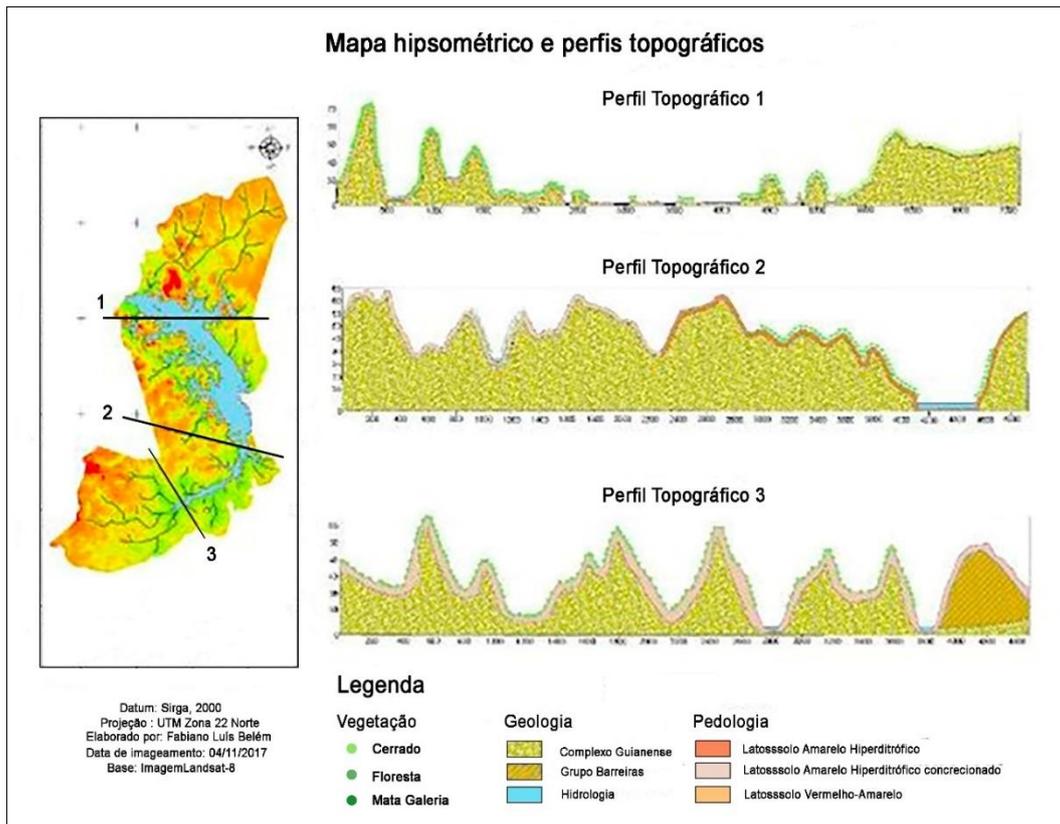


Figura 7. Mapa hipsométrico e perfil topográfico
Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Além disso, o perfil topográfico mostrou que a bacia apresenta algumas áreas de dissecação que ficou evidente na variável de declividade e de deposição pela baixa cota altimétrica conforme a figura 8. As áreas mais estáveis pelo modelo de vulnerabilidade do relevo estão no entorno do reservatório.

ANÁLISE ESPACIAL DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DO SOLO DA BACIA DE CAPTAÇÃO DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DA FERREIRA GOMES ENERGIA

A outra variável que é utilizada no modelo de vulnerabilidade são os solos. A característica do solo mais importante para estudo do modelo de vulnerabilidade e a maturidade do solo, conseqüentemente, a capacidade de infiltração da água. Na bacia hidrográfica do reservatório de captação da UHE Ferreira Gomes é composta por três tipos de latossolo, que são os latossolos amarelos, os latossolos amarelos concrecionarios e

latossolo vermelho-amarelo. Os latossolos se caracterizam por serem solos estáveis, que apresentam grande profundidade, porosidade e alta tempo de desenvolvimento ou maturidade (SOUZA, 2005).

A partir disso foi possível distinguir as áreas conforme a tabela 7.

Modelo de Vulnerabilidade de Solo				
<i>Classes</i>	Unidades Territoriais Básicas	Peso	Área	%
<i>Latossolo Vermelho-Amarelo, Latosso Amarelo Hiperdistrofico</i>	Estável	1,0	62.17 km ²	46,45%
<i>Latossolo Amarelo Hiperdistrofico Concrecionario</i>	Moderadamente estável	1,4	71,65 km ²	53,54%

Tabela 7. Áreas do modelo de vulnerabilidade do solo

Fonte: Adaptado de Crepani (2001)

A partir disso, foi possível verificar que as classes de moderadamente estável apresentam uma maior área no reservatório da UHE Ferreira Gomes. A partir disso, gerou-se a espacialização dos dados de vulnerabilidade ambiental de pedologia conforme a Figura 8.

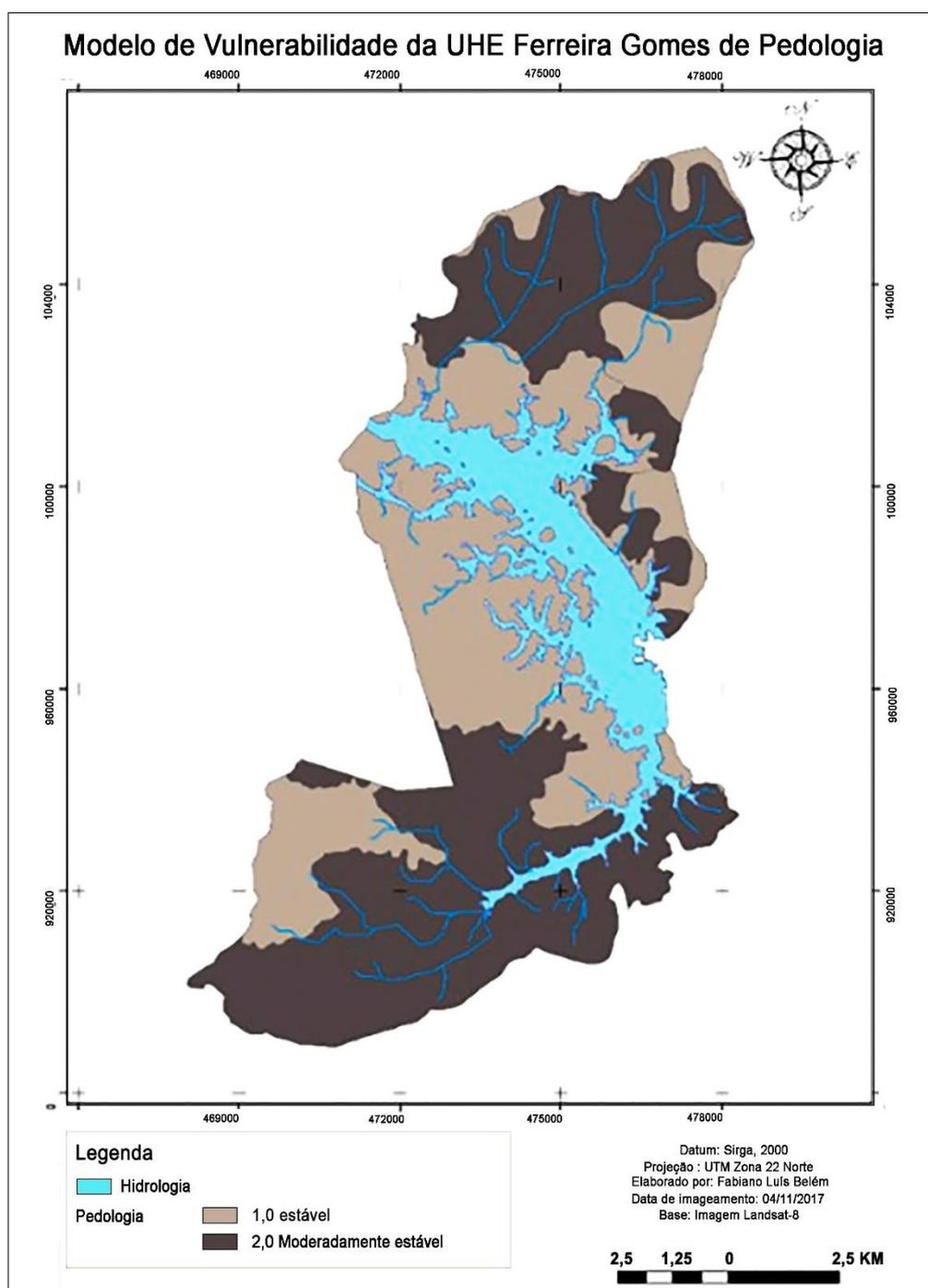


Figura 8. Mapa de vulnerabilidade ambiental dos solos da bacia de captação do reservatório da UHE Ferreira Gomes.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DO USO E COBERTURA DA
TERRA DA BACIA DE CAPTAÇÃO DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA
DA FERREIRA GOMES ENERGIA.

Outra variável ambiental importante no modelo de vulnerabilidade segundo Crepani (2001), é a vegetação e o uso da terra. Separou-se os usos da terra de maneira diferenciada as que apresentam maior instabilidade e morfogênese como por exemplo, as áreas de mineração, agrícola e pecuária. Estes usos da terra foram mensurados com valor 3 principalmente, por causa, de serem mais propícios aos processos erosivos que ocorrem sobre as vertentes. As áreas em que predomina a pedogênese como a floresta ombrófila foram valorados a 1. As áreas de centro urbano foram consideradas como medianamente estável/vulnerável e alocado o peso 2. Já as áreas de vegetação abertas como os cerrados, campo inundável, cerrado e mata galeria foram mensurados com o valor de 2,7 e considerados vulneráveis. A partir do estudo de vulnerabilidade gerou-se o modelo de vulnerabilidade de uso e ocupação da terra conforme a Figura 9.

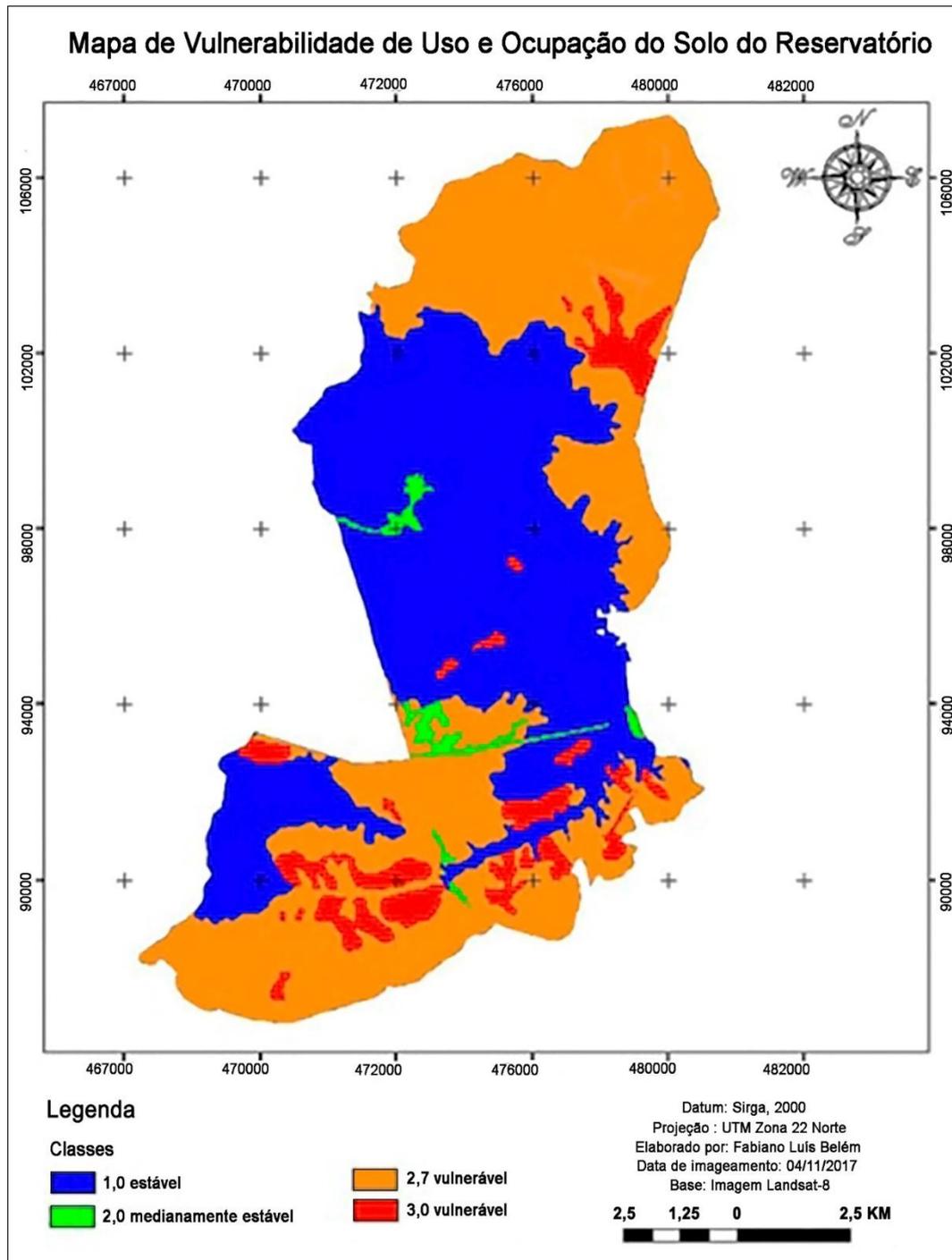


Figura 9. Mapa de vulnerabilidade ambiental do uso do solo da bacia de captação.
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

ANÁLISE DA PLUVIOMETRIA DA BACIA DE CAPTAÇÃO DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DA FERREIRA GOMES ENERGIA.

Como a variação de pluviometria na área de estudo apresentou uma normalidade climática seguiu o método segundo Crepani *et al.* (2001) em que seus anexos considera o índice pluviométrico anual de 3297 mm anuais sendo considerado uma classe vulnerável de peso 2,7. A pluviometria para esta área foi inferior no ano de 2017 com um valor de 1300 mm então considerou a pluviometria determinada por Crepani *et al.* (2001) que fica mais próximo da normal climatológica de 1961 a 2000 de 2700 mm anuais.

De acordo com o estudo realizado as áreas de maior possibilidade à vulnerabilidade ambiental são as áreas que apresentam geologia do grupo Barreiras. Mas, também a influência do uso da terra, principalmente nas áreas de mineração e áreas urbanas. Estas áreas estão localizadas na jusante da barragem correspondem a aproximadamente trinta e quatro quilômetros quadrados ou vinte e cinco por cento da área do reservatório.

As áreas com menor probabilidade de haver vulnerabilidade estão localizadas a montante do reservatório. Estas áreas são as regiões protegidas do reservatório da Usina Hidrelétrica de Coroacy Nunes. Nesta área o mais comum é a presença de florestas ombrófilas densas e latossolos. Isto mostra que o uso e ocupação do solo e a geologia tem uma alta influencia na vulnerabilidade ambiental da bacia do reservatório da UHE Ferreira Gomes.

As Unidades Territoriais Básicas que mais se predominam foi de moderadamente estável, medianamente estável/vulnerável, vulnerável. A partir disso, o modelo de vulnerabilidade ambiental da UHE Ferreira Gomes apresentou classes vulneráveis e medianamente estável/vulnerável conforme a Tabela 8.

Modelo de vulnerabilidade de uso e ocupação do solo

Classes	Unidades Territoriais Básicas	Peso	Área (km ²)	%
<i>Hidrografia, Floresta Ombrófila Densa</i>	Estável	1,0	51,76	38,67%
<i>Áreas Urbanas</i>	Medianamente estável / vulnerável	2,0	6,66	4,97%
<i>Campo Inundável, Cerrado, Mata Galeria</i>	Vulnerável	2,7	62,06	46,37%
<i>Pecuária, Mineração, Solo Exposto, Áreas Agrícolas</i>	Vulnerável	3,0	13,34	9,96%

Tabela 8. Modelo de Vulnerabilidade de Uso e Ocupação do Solo

Fonte: Adaptado de Crepani (2001)

Como a variação de pluviometria na área de estudo apresentou uma normalidade climática seguiu o método segundo Crepani *et al.* (2001) em que seus anexos considera o índice pluviométrico anual de 3297 mm anuais sendo considerado uma classe vulnerável de peso 2,7. A pluviometria para esta área foi inferior no ano de 2017 com um valor de 1300 mm então considerou a pluviometria determinada por Crepani *et al.* (2001) que fica mais próximo da normal climatológica de 1961 a 2000 de 2700 mm anuais.

De acordo com o estudo realizado as áreas de maior possibilidade à vulnerabilidade ambiental são as áreas que apresentam geologia do grupo Barreiras. Mas, também a influência do uso da terra, principalmente nas áreas de mineração e áreas urbanas. Estas áreas estão localizadas na jusante da barragem correspondem a aproximadamente trinta e quatro quilômetros quadrados ou vinte e cinco por cento da área do reservatório.

As áreas com menor probabilidade de haver vulnerabilidade estão localizadas a montante do reservatório. Estas áreas são as regiões protegidas do reservatório da Usina Hidrelétrica de Coroacy Nunes. Nesta área o mais comum é a presença de florestas ombrófilas densas e latossolos. Isto mostra que o uso e ocupação do solo e a geologia tem uma alta influencia na vulnerabilidade ambiental da bacia do reservatório da UHE Ferreira Gomes.

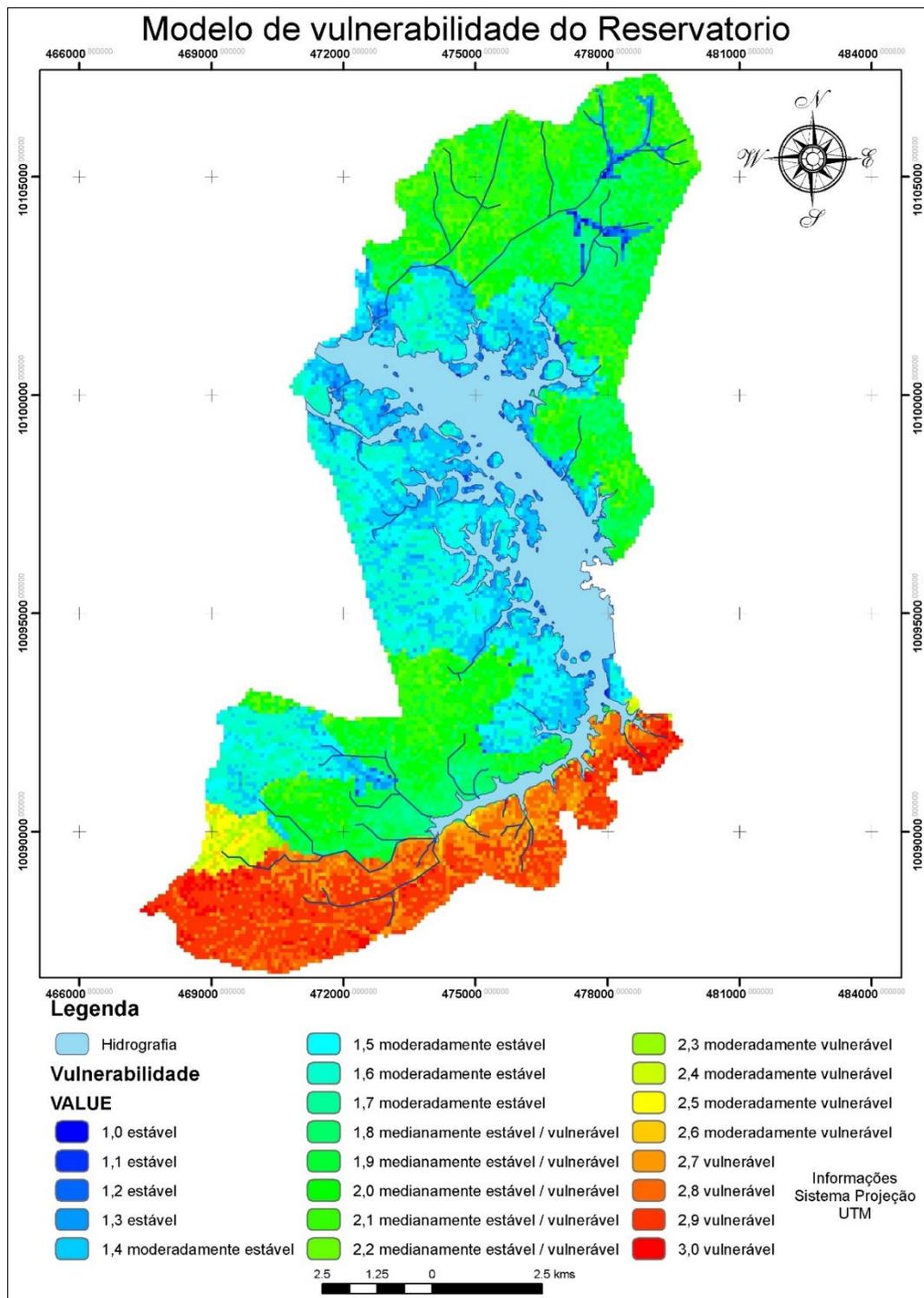


Figura 3. Modelo de vulnerabilidade ambiental da bacia do reservatório da UHE.
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

As Unidades Territoriais Básicas que mais se predominam foi de moderadamente estável, medianamente estável/vulnerável, vulnerável. A partir disso, o modelo de

vulnerabilidade ambiental da UHE Ferreira Gomes apresentou classes vulneráveis e medianamente estável/vulnerável conforme a Tabela 9.

Modelo de Vulnerabilidade			
<i>Unidades Territoriais Básicas</i>	Peso	Área	%
<i>Estável</i>	1,0	1,06 km ²	0,79%
<i>Estável</i>	1,1	12,42 km ²	9,28%
<i>Estável</i>	1,2	6,95 km ²	5,19%
<i>Estável</i>	1,3	16,04 km ²	11,98%
<i>Moderadamente estável</i>	1,4	19,43 km ²	14,51%
<i>Moderadamente estável</i>	1,5	8,82 km ²	6,59%
<i>Moderadamente estável</i>	1,6	7,43 km ²	5,55%
<i>Moderadamente estável</i>	1,7	1,07 km ²	0,80%
<i>Medianamente estável / vulnerável</i>	1,8	2,48 km ²	1,85%
<i>Medianamente estável / vulnerável</i>	1,9	9,57 km ²	7,15%
<i>Medianamente estável / vulnerável</i>	2,0	12,91 km ²	9,64%
<i>Medianamente estável / vulnerável</i>	2,1	10,71 km ²	13,38%
<i>Medianamente estável / vulnerável</i>	2,2	0,20 km ²	0,14%
<i>Moderadamente vulnerável</i>	2,3	0,22 km ²	0,15%
<i>Moderadamente vulnerável</i>	2,4	0,31 km ²	0,23%
<i>Moderadamente vulnerável</i>	2,5	0,70 km ²	0,52%
<i>Moderadamente vulnerável</i>	2,6	1,10 km ²	0,82%
<i>Vulnerável</i>	2,7	1,76 km ²	1,31%
<i>Vulnerável</i>	2,8	3,95 km ²	2,91%
<i>Vulnerável</i>	2,9	11,09 km ²	8,28%
<i>Vulnerável</i>	3,0	6,30 km ²	4,70%

Tabela 9: Áreas das unidades territoriais básicas do modelo de vulnerabilidade da Bacia da UHE Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes
 Fonte: Adaptado de Crepani (2001)

O modelo de vulnerabilidade ambiental da bacia de captação direta do reservatório da UHE Ferreira Gomes mostrou que áreas mais preservadas e as áreas alagadas tem a menor probabilidade de processos erosivos. Apesar que pela variável do modelo de vulnerabilidade de relevo esta área tem a maior probabilidade de haver os processos erosivos o que poderia afetar a qualidade da água do reservatório.

Já nas áreas mais a jusantes que apresentaram diferentes ações antrópicas existe uma maior probabilidade de haver erosão. Isso mostra que as ações antrópicas nessa área têm um fator relevante no estudo da bacia hidrográfica como são as atividades agrícolas e a pecuária. Estas áreas também apresentam litologias como o grupo Barreiras que são áreas mais propícias ao processo erosivo. A jusante do reservatório é uma área em que existe uma litologia que é friável ao processo erosivo e as atividades antrópicas fazem com que os recursos hídricos desta área tenham maior chance de ter a qualidade da água afetada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mostrado que algumas áreas são mais propícias aos processos erosivos. Isso ocorre principalmente na parte sul do reservatório e estas áreas mais vulneráveis podem liberar sedimentos no reservatório afetando a qualidade da água do reservatório. Estes processos erosivos ocorrem principalmente nas áreas de pastos presentes no reservatório da UHE Ferreira Gomes. Existe uma tendência que estas áreas agrícolas tendem aumentar na área do reservatório com as plantações de soja na região central do estado do Amapá. Além disso, este mapeamento poderá gerar políticas públicas para preservação da qualidade da água na bacia hidrografia do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ferreira Gomes visando a preservação do ambiente aquático presente nesta bacia.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 302 de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Data da legislação: 20/03/2002 - Publicação DOU nº 090, de 13/05/2002, págs. 67-68.
- RADAMBRASIL, Projeto. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. **Ministério das Minas e Energia, Folha Macapá. NA / NB - 22**, v. 6, 1974.
- CREPANI, E., MEDEIROS, J. D., AZEVEDO, L. D., DUARTE, V., HERNANDEZ, P., FLORENZANO, T. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE., 1996.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de.; AZEVEDO, L. G.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos. INPE, 2001.

CHRISTOFOLETTI I, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

DO ESPIRITO SANTO, C. M.; GUERRA, A. J. T.; SZLAFSZTEIN, C. F. **GEODIVERSIDADE NO MÉDIO CURSO DO RIO ARAGUARI, MUNICÍPIO DE FERREIRA GOMES-ESTADO DO AMAPÁ**. In: 1º Workshop ARTE & Ciência: Reflexão Integrada na Paisagem. 2017.

JÚNIOR, J. F. P.; RODRIGUES, S. C. O método de análise hierárquica—AHP—como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Piedade MG. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 23, 2012. p. 4-26,.

RADAMBRASIL Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. **Ministério das Minas e Energia, Folha Macapá. NA / NB - 22**, v. 6, 1974.

SANTANA, N. S. **Análise da Vulnerabilidade Ambiental de Salvador: Um Subsídio ao Planejamento e à Gestão Territorial da Cidade**. 2017.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia, nº8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994**.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1996.

TRICART, J. Ecodinâmica. In: **Série recursos naturais e meio ambiente**. SUPREN/IBGE, 1977.

TURNER, B. C. Geographic distribution of Neurospora spore killer strains and strains resistant to killing. **Fungal Genetics and Biology**, v. 32, n. 2, 2001. p. 93-104.

ZONNEVELD, I. S. The land unit—a fundamental concept in landscape ecology, and its applications. **Landscape Ecology**, v. 3, n. 2, 1989. p. 67-86.

SOUZA, C. G. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1995.