



**INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO**

**Campus Recife**

**Departamento de Ambiente, Segurança e Saúde - DASS**

**Licenciatura em Geografia**

**IZABELLY VICTORIA ALVES DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE DE RISCOS EROSIVOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
JABOATÃO – PE**

Recife

2019

IZABELLY VICTORIA ALVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DE RISCOS EROSIVOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
JABOATÃO – PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, em cumprimento às exigências legais como requisito para obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Orientador (a): Prof. Dr<sup>a</sup>. Manuella Vieira Barbosa Neto.

Recife

2019

O48d  
2020

Oliveira, Izabelly Victoria Alves de.  
Análise de riscos erosivos na bacia hidrográfica do Rio Jaboatão-PE / Izabelly Victoria Alves de Oliveira. --- Recife: O autor, 2019.  
51f. il. Color.

TCC (Curso de Licenciatura em Geografia) – Instituto Federal de Pernambuco, Departamento Acadêmico de Ambiente, Saúde e Segurança - DASS, 2020.

Inclui Referências.

Orientador: Professor Dr<sup>a</sup> Manuella Vieira Barbosa Neto.

1. Problemas ambientais. 2. Solos. 3. Erosão. I. Título. II. Barbosa Neto, Manuela Vieira (orientadora). III. Instituto Federal de Pernambuco.

CDD 363.7 (21ed.)

IZABELLY VICTORIA ALVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DE RISCOS EROSIVOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
JABOATÃO – PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, em cumprimento às exigências legais como requisito para obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e \_\_\_\_\_ em 13 de dezembro de 2019, pela Banca Examinadora:

---

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Manuella Vieira Barbosa Neto - Presidente  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Socorro Bezerra de Araújo - Examinadora Externa  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

---

Prof. Ms. Marcelo Ricardo Bezerra de Miranda- Examinador Interno  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE

Recife

2019

Dedico este trabalho a todos que de alguma forma contribuíram para tornar esse sonho real.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, que me salvou por sua graça, me sustentou, guiou e ajudou a concluir essa jornada. A Ele, toda glória, e minha gratidão pelas pessoas que pôs no meu caminho ao longo dessa jornada, que colaboraram e me ajudaram a crescer e realizar este sonho.

Sendo assim, inicialmente gostaria de demonstrar minha eterna gratidão a todos os professores que compõem o curso de Licenciatura em Geografia do IFPE - *Campus Recife*, obrigada por todo aprendizado, conhecimento, conselhos e puxões de orelha, vocês me ajudaram numa dimensão que nem imaginam.

Em especial, gostaria de agradecer a minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Manuella Vieira Barbosa Neto, que me “adotou” no terceiro período da faculdade, e desde então vem me ajudando e ensinando. Obrigada Manu, por todo apoio, todos os puxões de orelha, todas as madrugadas corrigindo trabalhos, e todos os “Izabelly, eu sei que você pode mais!”, sem sombra de dúvidas eu não poderia ter tido orientadora melhor, obrigada!

Aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, e sonharam todos os meus sonhos comigo! Vocês são e sempre serão minhas grandes referências, agradeço a Deus todos os dias por ter vocês comigo!

A Lala, Davi, Thuanny, Paulo, Carla, tia Maria, e o mais lindo e compreensivo de todos André, por terem aguentado meu estresse e correria durante essa trajetória, e por sempre me entender e ajudar, vocês são incríveis e a melhor família do mundo!

A Luzia, Valdo, Mari e demais familiares, por todo apoio e torcida, amo vocês!

E por fim, mas não menos importante, a melhor turma de geografia que esse Brasil já viu, a turma da Licenciatura em Geografia do IFPE – Campus Recife, turma 2016.1 (e todos os seus agregados), em especial a:

A Henrique, Marlla, Diogo (Paixão) e Rebeka, pela formação do grupo “las mentirosas” que tanto nos rendeu risadas durante esses 4 anos, por todo apoio e pelas pessoas incríveis que vocês são. Com certeza, sentirei muita falta de estar e dividir todas as noites da semana com vocês, amo vocês demais!

A Jacy e Claudinha, por serem minha dupla de quarto durante todas as aulas de campo, e por todas as conversas e momentos únicos e divertidos que tivemos, eu amo vocês meninas!

A Ana Claudia e Jaque por todo o conhecimento compartilhado, por todas as vezes que me salvaram com os seus resumos, por todas as explicações dos conteúdos, e por serem pessoas incríveis nas quais eu me inspiro.

A Deivid, por ser meu parceiro acadêmico durante esses 4 anos, por todos os PIBEX, PIBIC, TCC, e trabalhos acadêmicos compartilhados, por todas as vídeo chamadas e conversas cheias de desespero com a pressão da vida acadêmica, te amo brô!

A Júinu (Milton), por todo o apoio e ajuda nos estudos (principalmente nas provas de humanas kkk), por ter sido e ser um amigo incrível, que apesar de testar minha paciência diariamente, eu vou sentir muita saudade!

A Joyce e Jederson por serem pessoas incríveis, e por todos os momentos que tivemos juntos, a saudade já está imensa!

A Rebeka e Rodrigo por todo apoio e horas de almoço desperdiçadas me ajudando com o Qgis, vocês são incríveis, valeu!

Aos meus parceiros do grupo do LaGeo, Deyse, Fernando, Alberto, Deivid e Diogo, vocês são a melhor equipe do mundo!

E a todos, que passaram pela minha vida ao longo desses quatro anos, e que de alguma forma me ensinaram, ajudaram e apoiaram, minha gratidão a vocês também.

*“Os céus declaram a glória de Deus e o firmamento anuncia a obra das suas mãos.  
Um dia faz declaração a outro dia, e uma noite mostra sabedoria a outra noite.  
Não há linguagem nem fala onde não se ouça a Sua voz.”*

*Bíblia Sagrada (Versão NTLH) - Salmos 19:1-3*



## RESUMO

A erosão é vista como um dos principais problemas ambientais, fazendo assim com que estudos acerca de sua dinâmica, agentes e fatores condicionantes se apresentem como uma importante ferramenta para tomada de decisões. Tendo em vista, que o processo erosivo é um dos mais danosos causadores de degradação ambiental, um diagnóstico do potencial erosivo de uma região pode auxiliar no entendimento dos mecanismos que atuam nas áreas naturais e antropizadas, tornando possível a orientação das atividades a serem desenvolvidas, de maneira a corroborar com o equacionamento entre a demanda de uso do solo e as perdas por erosão, evitando-se danos irreversíveis e conservando os recursos socioambientais. Desse modo, o presente estudo teve por objetivo analisar os riscos decorrentes da vulnerabilidade natural à erosão da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão – PE. Para isso, foi utilizada a metodologia de mapeamento e análise da vulnerabilidade natural à perda de solo de Crepani et al. (2001), que se fundamenta no conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977). Foi realizada uma avaliação do balanço existente entre os processos de morfogênese e pedogênese a partir dos atributos da paisagem: Pedologia, Geologia, declividade, cobertura vegetal e intensidade pluviométrica, com a utilização de ferramentas de Geoprocessamento. Por fim, foram realizados trabalhos de campo para análise dos riscos decorrentes dos processos erosivos presentes na bacia, onde a partir do estudo, foi possível verificar que em 70% da área predomina a classe de erosão medianamente estável/vulnerável, verificou-se também que a predominância do Argissolo aliada à preponderância de uma declividade ondulada, e uma intensidade pluviométrica significativa são parâmetros naturais de grande importância para compreensão dos graus de vulnerabilidade à erosão da área e devem ser considerados para o planejamento do seu uso. Observou-se por fim, uma quantidade significativa de locais com construções em áreas propícias a movimentos gravitacionais de massa (com altos graus naturais de vulnerabilidade), demonstrando assim a necessidade de mais estudos na área, e medidas conservacionistas para diminuição dos riscos.

**Palavras-chave:** Solos; Erosão. Problemas Ambientais. Álgebra de Mapas.

## ABSTRACT

The erosion is seen as one of the main environmental problems, making studies about its dynamics, agents and conditioning factors an important decision-making tool. Bearing in mind that erosion is one of the most damaging causes of environmental degradation, a diagnosis of the erosive potential of a region can help to understand the mechanisms that act in the natural and anthropized areas, making it possible to orient of the activities to be developed, in order to corroborate the equation between the soil use demand and the losses due to erosion, avoiding irreversible damages and conserving the social and environmental resources. That way, the present assignment had as objective analyze the risks arising from the natural vulnerability to the Jabotão River's – PE - Hydrographic Basin's erosion. For this, it was used the mapping methodology and analysis of the natural vulnerability to soil loss of Crepani et al. (2011), it fundament itself in the concept of ecodynamics of Tricart (1977). An evaluation of the existing balance between the morphogenesis and pedogenesis processes was carried out from the landscape attributes: pedology, geology, declivity, vegetal cover and pluviometric intensity, with the use of geoprocessing tools. Lastly, field work was done for analysis of the risks arising from the erosive processes presents in the basin, where, from the study, it was possible to verify that in 70% of the area it predominates in the moderately stable/vulnerable erosion class, t was also verified that the predominance of argisoil allied to the preponderance of a wavy declivity, and a significative pluviometric intensity are natural parameters of great importance for understanding the degree of vulnerability to erosion of the area and it should be considered for the planning of its use. Finally, there was a significant amount of construction sites in areas that are conducive to mass gravitational movements (with high natural degrees of vulnerability), thus demonstrating the need for further studies in the area, and conservationist measures to reduce risks.

Keywords: Soils; Erosion; Environmental Problems; Maps Algebra.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco .....	25
Figura 2 - Mapa de Pedologia da Bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco .....	29
Figura 3- Mapa da Geologia da Bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco.....	31
Figura 4 - Mapa da declividade da Bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco .....	33
Figura 5 - Mapa da cobertura vegetal a partir do índice de vegetação da diferença normalizada - NDVI da Bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco .....	34
Figura 6- Mapa da Intensidade Pluviométrica dos municípios que compõem a Bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco.....	36
Figura 7 - Mapeamento da Vulnerabilidade Natural aos processos erosivos da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco.....	38
Figura 8 – A e B: Pontos em Vitória de Santo Antão - PE próximo a nascente do Rio Jaboatão, 2019. C e D: Plantações de cana – de - açúcar no município de Vitória de Santo Antão – PE, dentro do contexto da bacia do rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco, 2019 .....	40
Figura 9 – Riscos à erosão observados na bacia hidrográfica do rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco.....	41
Figura 10 – Barreira exposta com construções irregulares, no município de São Lourenço da Mata - PE, 2019.....	42
Figura 11 - Área de barreira com construções irregulares no município de Jaboatão dos Guararapes – PE, 2019 .....	43
Figura 12 – Área de morro com encosta densamente povoada, no município de Moreno – PE, 2019 .....	43
Figura 13 - Centro de Tratamento de Resíduos - CTR Candeias, no município de Jaboatão dos Guararapes – PE, 2019 .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valor de estabilidade de unidades de paisagens para avaliação de suscetibilidade para análise de vulnerabilidade à erosão .....	26
Tabela 2 - Vulnerabilidade à erosão do atributo pedologia da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco .....	30
Tabela 3- Vulnerabilidade do atributo geologia da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco .....	32
Tabela 4- Vulnerabilidade do atributo declividade da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco .....	33
Tabela 5 – Vulnerabilidade do atributo índice de cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco.....	35
Tabela 6– Vulnerabilidade erosiva do atributo intensidade Pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco.....	36
Tabela 7 - Vulnerabilidade à erosão da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco.....	38

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima

CPRH – Agência Estadual do Meio Ambiente

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

IFPE – Instituto Federal de Pernambuco

IP – Intensidade Pluviométrica

NDVI – Índice de Vegetação da Diferença Normalizada

PMA – Precipitação Média Anual

SIG's – Sistema de Informações Geográficas

TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil

UFPE Universidade Federal de Pernambuco

ZAPE – Zoneamento Agroecológico de Pernambuco

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 A Erosão	17
2.2 Fatores que influem nos processos erosivos	18
2.3 Perigo e Risco de erosão	21
2.4 Controle e prevenção dos processos erosivos	22
2.5 Importância dos SIG's no mapeamento erosivo	23
2 METODOLOGIA	25
3.1 Caracterização da área de estudo	25
2.2 Material e Métodos	26
4 RESULTADOS e DISCUSSÃO	29
4.1 Análise do Perigo Erosivo da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão - PE	29
4.1.1 Vulnerabilidade do atributo Pedologia da bacia hidrográfica do rio Jaboatão – PE	29
4.1.2 Vulnerabilidade do atributo Geologia da bacia hidrográfica do rio Jaboatão - PE	31
4.1.3 Vulnerabilidade do atributo Declividade da bacia hidrográfica do rio Jaboatão – PE	33
4.1.4 Vulnerabilidade do atributo Cobertura Vegetal da bacia hidrográfica do rio Jaboatão – PE	34
4.1.5 Vulnerabilidade do atributo Intensidade Pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Jaboatão - PE	35
4.1.6 Análise do perigo natural à erosão da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão –PE.	37
4.2 Riscos Verificados na bacia hidrográfica do rio Jaboatão.	39
5 CONSIDERAÇÕES	45
6 REFERENCIAS	46

## 1 INTRODUÇÃO

As questões ambientais têm sido objeto de inúmeros estudos e pesquisas nas mais diversas áreas do conhecimento. Problemas como desmatamento, poluição atmosférica ou hídrica, perda de solo por processos erosivos, contaminação dos solos, entre diversos outros, têm atingido grande parte do globo e vêm ocasionando diversos riscos, como deslizamentos de encostas, assoreamento dos cursos d'água, contaminação de mananciais, além de perdas econômicas e sociais para a população (GOMES, 2005). Dessa forma, a crescente demanda por recursos naturais demonstra a urgência de se conservar e preservar os mesmos, havendo assim a necessidade de estudos que mostrem onde esses problemas estão acontecendo de maneira significativa para que possam ser tomadas as devidas medidas.

Dentre os recursos naturais mais ameaçados pelos problemas advindos da modernidade, o solo tem um destaque especial, tendo em vista que o mesmo se apresenta como recurso natural limitado, fonte de nutrientes para diversas plantas e cultivos, filtra e armazena a água, e possui papel vital como agente mantenedor de diversos ecossistemas. Segundo dados do Jornal Nature<sup>1</sup>, o planeta tem perdido muito de sua terra. Ainda destaca que, anualmente, erosões provocadas pela água e o vento, além das práticas agrícolas, são responsáveis pela perda de 75 bilhões de toneladas de solo no mundo. Para Bertoni e Lombardi (2014), a erosão do solo constitui sem dúvida, a principal causa do depauperamento acelerado das terras.

Os processos erosivos são caracterizados pelo transporte de sedimentos, e o impacto da chuva e do escoamento superficial determina o desenvolvimento inicial da erosão hídrica. Esse processo, a depender da cobertura existente no solo pode progredir rapidamente, não afetando apenas o local de origem, mas toda a extensão envolvida pelo transporte e deposição dos sedimentos e partículas erodidas, causando assoreamento, enchentes e deslizamentos em áreas de encosta (SANTOS e WESTPHALEN, 2014).

Segundo Lepsch (2010), um dos processos erosivos que mais causam a degradação do solo é a erosão hídrica, processo esse que é verificado com maior intensidade nas áreas que possuem um alto índice pluviométrico, como é o caso da região litorânea brasileira e em particular nesse estudo parte do litoral pernambucano onde se encontra a Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão. O processo erosivo nos solos pode ser relacionado a uma série de fatores, como a sua natureza, quantidade e distribuição das chuvas, declividade, relevo das encostas, o

---

<sup>1</sup> Ver AGRICULTURAL policy: govern our soils, Jornal Nature, 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/news/agricultural-policy-govern-our-soils-1.18854>> Acesso em: 20/10/2019.

tipo de cobertura vegetal, e a ação do homem, que dependendo do modo como usa a terra pode acelerar os processos erosivos, acarretando riscos como deslizamentos de barreira, por exemplo (OLIVEIRA et. al, 2018).

Considerando que o risco está relacionado a probabilidade de um evento acontecer, sendo o mesmo um resultado obtido pela efetividade do perigo, fica a indagação: quais os riscos que podem ser ocasionados a partir da vulnerabilidade a erosão da bacia hidrográfica do rio Jaboatão? Os riscos relacionados aos processos erosivos são um problema presente no mundo todo, no entanto mais especificamente no cenário socioespacial dos países subdesenvolvidos e/ou em desenvolvimento, onde a população de baixa renda é segregada no espaço urbano, tendo que ocupar os terrenos mais vulneráveis a esses tipos de eventos, como áreas de morro, tendo em vista que os locais menos suscetíveis a eventos erosivos são ocupados pela população que possui melhores condições financeiras (SILVA e BARBOSA NETO, 2018).

Sendo assim, se mostram indispensáveis estudos acerca dos processos erosivos no contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão - PE, onde eventos morfogenéticos têm causado perdas significativas e por vezes irreparáveis, tanto do ponto de vista econômico quanto humano, como mostra algumas reportagens da mídia local<sup>2 3</sup>. Eventos desse tipo são comuns no cotidiano das pessoas que vivem em áreas de encosta onde, segundo Carvalho e Galvão (2016), este processo histórico de ocupação marcou a formação do espaço nas cidades brasileiras e gerou impactos adversos, seja decorrente da ação da natureza sobre o espaço construído, seja do seu efeito inverso – do espaço sobre a natureza, na forma de desastres naturais, poluição das fontes de abastecimento de água e carência de áreas verdes, que afetam o conjunto da população.

O presente estudo se justifica na relevância da temática apresentada, e na necessidade de trabalhos científicos que mapeiem essas dinâmicas e contribuam na compreensão dos aspectos naturais desses espaços que podem estar ocupados indevidamente, o que vem acarretando perdas sociais e econômicas. Dessa forma, esse estudo teve por objetivo realizar

---

<sup>2</sup> Ver MURO desaba durante chuvas e atinge carro em Moreno, Folha de Pernambuco, 2017. Disponível em: <<https://www.folhape.com.br/noticias/noticias/cotidiano/2017/04/13/nws,24252,70,449,noticias,2190-muro-desaba-durante-chuvas-atinge-carro-moreno.aspx>> Acesso em: 13/05/2019.

<sup>3</sup> Ver DESLIZAMENTO de barreira deixa duas casas destruídas em Jaboatão - PE, G1 Pernambuco, 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2014/07/deslizamento-de-barreira-deixa-duas-casas-destruidas-em-jaboatao-pe.html>> Acesso em: 13/05/2019.



uma análise dos riscos decorrentes da vulnerabilidade natural à perda de solo motivada por erosão na bacia hidrográfica do rio Jaboatão - PE.

Onde, para essa análise foi utilizada a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), que se baseia no conceito da Ecodinâmica de Tricart (1977), os quais estabelecem uma relação entre a morfogênese e a pedogênese, onde na primeira os processos erosivos atuam na modelagem do relevo e na segunda evidenciam-se os processos formadores dos solos. Obtendo-se o mapa de vulnerabilidade natural à erosão a partir do cruzamento dos dados geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climatológicos e fitogeográficos da área de estudo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A Erosão

A erosão consiste no desprendimento, arraste e deposição das partículas do solo. O desprendimento é a liberação de partículas dos agregados, onde, uma vez desprendidas, podem permanecer próximas ao agregado ou serem transportadas, já o arraste, ou transporte das partículas, é feito pela ação do vento e, em maior escala, pelo escoamento superficial da água (PANACHUKI et al., 2006).

Em outras palavras, pode-se considerar à erosão como sendo basicamente uma reação da natureza em estabelecer um novo equilíbrio, onde os desníveis da paisagem podem ser correlacionados com a energia potencial que desencadeia o processo erosivo (RESENDE, 1985). De acordo com Arnesen & Maia (2011), os processos erosivos são fenômenos naturais que obedecem à dinâmica de denudação geológica dos ambientes. Eles são influenciados pelas características naturais do meio, entre elas: geologia (histórico e tipo de rochas), geomorfologia (formas do relevo), cobertura e uso do solo (nível e tipo de cobertura vegetal), pedologia (tipos de solo) e clima (intensidade e distribuição pluviométrica).

Goudie (1990) apresenta que o principal e mais sério impacto causado pela ação humana é a erosão dos solos, onde apesar de já se haver inúmeros estudos acerca da temática, o problema continua persistindo, visto a quantidade de notícias que relatam a perda de fertilidade dos solos decorrente dos processos erosivos nas áreas rurais, bem como, os vários eventos ocasionados pela erosão hídrica que ocorrem em áreas de encosta, principalmente nas áreas urbanas, onde se observam desastres catastróficos, com destaque nos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos.

Segundo Guerra (2007), há uma crescente preocupação acerca da perda de solo, pois o processo erosivo é um dos efeitos mais danosos causadores de degradação ambiental. O mesmo quando causado pela água da chuva tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, em especial nas áreas com clima Tropical, onde os níveis pluviométricos são maiores que em outras regiões do Planeta.

Acerca disso Silva e Barbosa Neto (2018), apresentam que apesar da erosão ser um problema que aflige todo globo, na conjuntura socioespacial dos países subdesenvolvidos e/ou em desenvolvimento, tal constatação é no mínimo preocupante, uma vez que predominantemente a população de baixa renda é segregada no espaço urbano, tendo que ocupar os terrenos mais vulneráveis a esses tipos de eventos, tendo em vista que os locais

menos suscetíveis a eventos erosivos são ocupados pela população com maiores privilégios socioeconômicos.

## **2.2 Fatores que influem nos processos erosivos**

Diversos fatores afetam a erosão do solo, tais como clima, estabilidade dos agregados, relevo, vegetação e o manejo. A identificação desses fatores que determinam os processos erosivos é fundamental para elaboração de projetos de controle da erosão. Segundo Bertoni & Lombardi (2014), a erosão é causada por forças ativas, como as características da chuva, declividade do terreno, e capacidade do solo de absorver água, e por forças passivas, como a resistência que o solo exerce a ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal.

Segundo Rubira et. al (2016), os estudos acerca dos processos erosivos devem levar em consideração os fatores geológicos, destacando a litologia e estrutura como agentes condicionantes, pois a geologia desempenha papel significativo no desenvolvimento dos processos erosivos lineares à medida que vai interferir diretamente na erodibilidade do solo. Sendo assim, a contribuição da Geologia para ação desses processos compreende as informações relativas à história da evolução geológica do ambiente onde a unidade se encontra e as informações relativas ao grau de coesão das rochas que a compõem (por grau de coesão das rochas entende-se a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as formam) (CREPANI, 2001).

Dessa forma, conhecer a história da evolução geológica de uma determinada região, e levá-la em consideração, é a informação básica da Geologia a ser integrada a partir da Ecodinâmica, uma vez que rochas pouco coesas podem ser favoráveis à ocorrência dos processos erosivos, modificadores das formas de relevo (morfogênese), enquanto que nas rochas bastante coesas devem prevalecer os processos de intemperismo e pedogênese (Crepani et al. 2001).

Outro aspecto de fundamental importância para entendimento e quantificação do processo erosivo, é o relevo, onde dentre as características do mesmo, a declividade e o comprimento da encosta são os fatores mais significativos ao se tratar de erosão. Segundo Valladares et al. (2012), a declividade é uma característica topográfica diretamente relacionada à erosão superficial, pois tem influência na infiltração das águas das chuvas e na velocidade de escoamento superficial. As encostas podem variar bastante quanto ao seu comprimento, forma e declividade, podendo essa variação se dar de um lugar para o outro, ou no mesmo local (GUERRA, 2011).

Lepsch (2010) apresenta que a declividade de um terreno influencia muito na concentração, dispersão e velocidade da enxurrada e, em consequência, no maior ou menor arrastamento superficial das partículas do solo. O mesmo afirma que em terrenos planos, ou levemente inclinados, a água escoar em baixa velocidade, possuindo assim, menor energia e possibilitando uma maior infiltração, e já em terrenos muito inclinados, essa resistência ao escoamento das águas é menor e, por isso, elas atingem maiores velocidades. Dessa forma, quanto maior o grau de inclinação de um terreno, mais susceptível ele está à ação dos processos de erosão hídrica.

Para Crepani et. al (2001), a intensidade de dissecação do relevo pela drenagem está diretamente ligada à porosidade e à permeabilidade do solo e da rocha. Rochas e solos impermeáveis irão dificultar a infiltração das águas pluviais e, conseqüentemente, apresentar maior quantidade de água em superfície para ser drenada em direção às partes mais baixas do terreno. Maior quantidade de água em superfície implica em um número maior de canais de drenagem, maior disponibilidade de energia potencial para o escoamento superficial e, portanto, uma maior capacidade erosiva ou de promover a morfogênese.

Dessa forma, a natureza do solo, com suas propriedades físicas, químicas e biológicas exercem influência direta na suscetibilidade do mesmo aos processos erosivos. Segundo Rubira et. al (2016), a maior ou menor facilidade de um solo sofrer os processos erosivos da morfogênese depende de diversos fatores, entre os quais os mais importantes são: estrutura do solo, tipo e quantidade das argilas, permeabilidade, profundidade do solo e, a presença de camadas impermeáveis.

Segundo Lepsch (2010), a permeabilidade é um dos mais importantes fatores a ser considerado quando se trata da suscetibilidade de um solo aos processos erosivos, por exemplo, alguns solos como os Argissolos são mais susceptíveis à erosão do que os Latossolos devido a presença do horizonte B menos permeável, com acumulação de argila, da mesma forma, solos rasos se apresentam mais susceptíveis à erosão que os mais profundos, devido o fato de as águas da chuva se acumularem muito acima da rocha ou camada adensada (que é impermeável), encharcando mais rapidamente o solo e facilitando o escoamento superficial. Para Oliveira et. al (2018), a causa fundamental da erosão hídrica, seja ela laminar, em sulcos ou ravinas é a ação da chuva sobre o solo. A chuva é o agente ativo da erosão e o solo é o agente passivo.

Dessa forma, dentre os fatores climáticos que mais irão influenciar nos processos erosivos o destaque é para ação dos ventos e das chuvas, estando à intensidade desses diretamente ligados a localização geográfica e presença (ou ausência) da cobertura vegetal.

Bertoni e Lombardi (2014), afirmam no que se refere à erosão dos solos, a ação da chuva deve ser tomada como unidade principal, definindo a mesma como a quantidade que cai de forma contínua em um período mais ou menos longo, individualizada através de suas características de intensidade, duração e frequência.

Segundo Brady e Weil (2013), a erosão causada pela água, é um processo que ocorre em três etapas, onde a primeira seria a desagregação de partículas da massa do solo pelo impacto da gota da chuva, a segunda seria o transporte das partículas desagregadas por salpicamento, arrastamento, rolamento e flutuação e, por fim, a terceira etapa do processo seria a deposição das partículas desagregadas em algum lugar que apresente altitude inferior ao seu local de origem.

Segundo os mesmos autores, os dois aspectos, mais importantes nos fatores climáticos, são: a quantidade e a duração da chuva, ou seja, quanto mais forte for a chuva, mais intenso tende a ser o escoamento. A duração, deve sempre acompanhar o dado de intensidade pluviométrica. Assim, os *mm* precipitados terão seus efeitos diretamente relacionados ao seu período de duração. Além da quantidade e da duração, a frequência entre os eventos de chuva é vital para a avaliação do processo erosivo. Dessa forma, o quesito fatores climáticos está diretamente relacionado à manutenção da cobertura do solo.

Segundo Coutinho et. al (2013), a cobertura vegetal é a proteção de um terreno contra a erosão. Quando a chuva incide em um local com densa vegetação, por exemplo, as gotas se dividem em inúmeras gotículas diminuindo sua força de impacto sobre o solo. Desse modo, a cobertura vegetal mantém uma relação com o processo de erosão natural, atenuando a ação das chuvas no solo. Tartari et. al (2012) apresentam que os resíduos vegetais na superfície do solo interceptam as gotas de chuva e dissipam a sua energia, evitando a desagregação das partículas e reduzindo a velocidade da enxurrada, resultando na redução na sua capacidade de desagregação e transporte de partículas. além disso, a cobertura morta (serrapilheira) pode melhorar a estrutura do solo e aumentar infiltração da água.

Por outro lado, quando esta vegetação é removida pode se instalar um processo erosivo, que é considerado acelerado quando ocorre de forma mais rápida do que os processos de formação do solo, não permitindo que esse se regenere (THOMAZ & ANTONELI, 2008). Para Botelho e Silva (2004), a perda de cobertura vegetal é um dos principais agentes catalizadores do desequilíbrio ambiental, que se manifesta em forma de enchentes, assoreamento, erosão, entre outros eventos ambientais.

A vegetação atua como uma área de interação entre a atmosfera e o solo, aumentando o grau de permeabilidade do solo à água da chuva, e diminuindo o escoamento. Além de

proteger o solo dos ventos, resultando na diminuição da erosão eólica, diminuindo a taxa de erosão superficial. Em seus estudos, Streck & Cogo (2003) observaram que a estabilidade dos agregados do solo se mostra mais significativas em solos cultivados com plantas que produzem elevada massa de raízes, variando, no entanto, com a espécie vegetal, de acordo com as diferenças existentes na morfologia e distribuição de volume das raízes. Dessa forma, quanto mais densa for a cobertura vegetal e ramificação das raízes presente no solo, menos susceptível a ação dos processos erosivos ele se encontrará.

VOLK (2004) afirmam que uma densa cobertura vegetal, além de diminuir a amplitude térmica e conservar melhor a umidade no solo, vai se apresentar como um fator determinante na redução da erosão hídrica, pois ela dissipa a energia cinética das gotas da chuva exatamente à superfície do solo. Além disso, os mesmos autores apresentam também que os resíduos culturais servem ainda como barreira física ao livre escoamento superficial, diminuindo sua velocidade e, assim, sua capacidade erosiva. Desta forma, a desagregação e o transporte das partículas de solo são bastante diminuídos, o que irá refletir-se em menores escoamento superficial, concentração de sedimentos na enxurrada e perda de solo.

### **2.3 Perigo e Risco de erosão**

O risco é a probabilidade de um evento acontecer, sendo o mesmo um resultado obtido pela efetividade do perigo, segundo Santos (2007) o risco a desastres de uma região é calculado com base no perigo, vulnerabilidade e dano. O dano seria o potencial de perdas, materiais e humanas, na ocorrência de um desastre natural, sendo este uma estimativa de uma quantidade de vidas perdidas e o prejuízo financeiro quanto aos bens e propriedades danificadas. Para Cardinali et. al (2002), avaliar os perigos e riscos de erosão é uma operação complexa que requer a combinação de diferentes técnicas e metodologias, bem como, a interação de diferentes esferas do conhecimento.

A análise do risco é, portanto, um subsídio para a tomada de decisão, sua importância e utilidade é derivada de suas aplicações e do sucesso da resolução das decisões envolvidas. Segundo Castro et. al (2005), o risco pode ser tomado como uma categoria de análise associada a priori às noções de incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos materiais, econômicos e humanos em função de processos de ordem "natural" (tais como os processos exógenos e endógenos da Terra) e/ou daqueles associados ao trabalho e às relações humanas. O risco (lato sensu) refere-se, portanto, à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não constantes e não determinados, e à maneira como estes processos afetam (direta ou indiretamente) a vida humana.

Dessa forma entende-se convencionalmente o risco como a relação Perigo x Vulnerabilidade, sendo a vulnerabilidade as condições determinadas por fatores ou processos físicos, social ou mesmo econômicos que aumentam a suscetibilidade de um determinado grupo e pessoas (no caso desse estudo os riscos relacionados aos processos erosivos). Por conseguinte, o perigo se caracteriza como o potencial de dano de um evento físico, ou de atividade antrópica causadora de perdas de vidas humanas, interrupção de atividade socioeconômica e degradação ambiental como afirma Frota Filho (2016).

Os riscos relacionados aos processos erosivos são um problema presente no mundo todo, mas mais especificamente no cenário socioespacial dos países subdesenvolvidos e/ou em desenvolvimento, onde a população de baixa renda é segregada no espaço urbano, tendo que ocupar os terrenos mais vulneráveis a esses tipos de eventos, como áreas de morro, tendo em vista que os locais menos suscetíveis a eventos erosivos são ocupados pela população que possui melhores condições financeiras.

#### **2.4 Controle e prevenção dos processos erosivos**

Os problemas advindos do uso irracional do solo, seja ele urbano ou rural, têm despertado cada vez mais o interesse de estudiosos e pesquisadores no mundo inteiro. Para Bertoni & Lombardi (2014) o conhecimento do desgaste já produzido no solo pela erosão, em suas diferentes formas, se apresenta de grande base para os planejamentos conservacionistas, pois indica não apenas a maior ou menor erodibilidade do solo, mas também indica o grau de redução de sua capacidade para produção e, principalmente, a natureza e intensidade das práticas conservacionistas necessárias. Para Ribeiro et. al. (2012), o uso de ferramentas que tenham a habilidade de predizer o futuro em relação a quando e em que lugar vai haver perda de solo por erosão, e a quantificação da severidade é um importante começo para a conservação do solo no futuro.

Os problemas relativos à erosão ocorrem quando as taxas de perda de solo ultrapassam os níveis naturais. Segundo Wild (1993), as atividades exercidas pelos seres humanos sobre os solos, é uma das principais causas de erosão. Dentre as quais o mesmo autor apresenta que fatores como o desmatamento, falta de planejamento urbano, falta de galerias pluviais e de esgoto, ou então a presença de galerias mal dimensionadas para escoamento das águas e ruas não pavimentadas, em especial na periferia de grandes cidades, são grandes agravantes dos processos erosivos. Guerra (2011) apresenta que parte dos problemas urbanos que ocorrem hoje no Brasil, e mesmo em várias partes do mundo é proveniente do processo de ocupação da

terra. Esses problemas são potencializados quando se ocupa desordenadamente encostas e áreas de várzeas, onde a resposta da natureza será perdas materiais e de vidas.

Porém, vale ressaltar que os processos erosivos não são visíveis apenas em áreas urbanas, os mesmos também estão presentes de maneira significativa e altamente prejudicial nas áreas rurais, onde seu controle se torna bem complexo, visando que envolve questões de caráter de ordem técnica e socioeconômica, Salomão et. al (2014) afirmam que tais questões devem ser conjuntamente avaliadas, visando uma política agrícola que contemple a manutenção dos solos com o aumento produtivo das terras.

Loureiro e Ferreira (2013) afirmam que na busca por minimizar os impactos decorrentes dos processos erosivos, são cada vez mais comuns estudos que utilizam as geotecnologias, pois assim se torna mais eficaz a identificação de áreas vulneráveis a ocorrência desses eventos e o mapeamento das áreas atingidas por eles. Oliveira (2011) aponta que o geoprocessamento se destaca como importante ferramenta, potencializando as informações acerca das mudanças físicas, bióticas e antrópicas. Trata-se de uma tecnologia que propicia através de técnicas computacionais e matemáticas a representação espacial em ambiente virtual dos fenômenos ambientais que se distribuem no espaço geográfico. Assim, percebe-se que o mesmo se configura como um grande aliado do pesquisador para análise de vários aspectos da paisagem.

Segundo Guerra e Mendonça (2010), a erosão dos solos pode ser monitorada, analisada e compreendida em várias escalas, e uma delas é a bacia hidrográfica. Dentro do contexto das bacias se tem diversos tipos de relações, o que faz com que estudos com fins de planejamento se tornem de grande valia no combate à erosão dos solos. Um dos principais agentes agravantes da erosão é a ação antrópica sobre as encostas, onde os mesmos autores afirmam que o agravamento dos processos erosivos tem causado toda uma gama de impactos ambientais negativos *onsite* (no próprio local) e *offsite* (fora do local), ou seja, as consequências da erosão não afetam apenas o local onde ela ocorre, mas, tem seu efeito sentido a vários quilômetros de distância.

## **2.5 Importância dos SIG's no mapeamento erosivo**

De acordo com Guerra (2014), a erosão dos solos pode ser considerada um dos maiores riscos naturais, devido os grandes danos econômicos, ambientais e sociais que a mesma provoca. Dessa forma, ter conhecimento dos processos erosivos e dos fatores condicionantes do mesmo é de extrema relevância para um planejamento ambiental eficaz,



uma vez que a compreensão da gênese e abrangência desses fenômenos se faz essencial para mitigar as perdas materiais e humanas que eles geram.

Simon e Cunha (2008) apresentam que o uso de ferramentas de geoprocessamento tem grande relevância para estudos acerca de processos erosivos e movimentos de massa, uma vez que corrobora com a compreensão da gênese de muitos distúrbios que ocorrem sobre os processos geomorfológicos, auxiliando assim na organização de medidas que permitem a reversão ou contenção de determinados impactos ambientais. Dessa forma, uma eficaz alternativa para mapeamento dos processos erosivos visando a diminuição dos riscos é o uso do sistema de informações geográficas SIG's. Segundo Cordeiro (2018), o uso de ferramentas de geoprocessamento pode ser considerado o melhor aliado para identificar, mensurar, interpretar, projetar, classificar e avaliar os fatores mais pertinentes para mapeamento das áreas de risco a desastres naturais pela erosão.

Para entender melhor a importância dos SIG's nos trabalhos sobre erosão Guerra e Jorge (2014), realizaram uma pesquisa nos principais simpósios de Geografia, Geomorfologia e Sensoriamento remoto, onde a partir de uma revisão bibliográfica dos trabalhos publicados, os mesmos constataram uma alta gama de trabalhos que usaram os sistemas de informação geográfica para mapeamento dos processos erosivos, onde observaram que ao longo dos anos o desenvolvimento, difusão e o aperfeiçoamento de técnicas ligadas ao geoprocessamento tem crescido num ritmo muito significativo, os autores em suas análises observaram também que principalmente nas edições do Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada - SBGFA , trabalhos voltados para as geotecnologia e especialmente o uso do SIG's para mapeamento de feições e processos da geomorfologia têm tido um grande destaque.

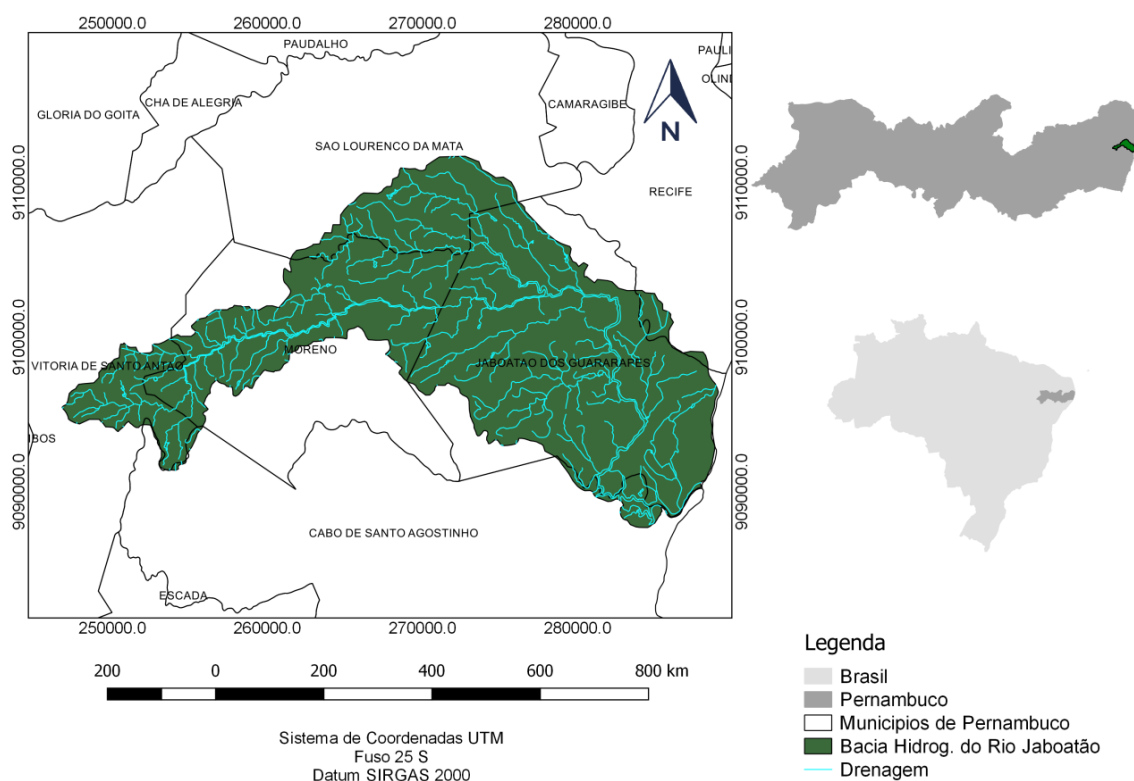
Acerca disso, Souza et al. (2011) afirmam que técnicas ligadas ao geoprocessamento mostram resultados muito significativos enquanto ferramentas para avaliação a perda de solos por erosão. As técnicas de Sensoriamento Remoto permitem uma rápida e confiável obtenção de dados em diferentes faixas e escalas, enquanto o SIG vai possibilitar o processamento dessas informações com outros tipos de produtos. Mendes (2016) apresenta que as ferramentas de geoprocessamento são de extrema eficácia na contribuição para elaboração de mapas de risco, auxiliando na tomada de medidas preventivas e mitigadoras.

## 2 METODOLOGIA

### 3.1 Caracterização da área de estudo

Este estudo foi realizado na bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão (Figura 1), que drena uma área de 422 Km<sup>2</sup>, e abrange os seguintes municípios: Cabo de Santo Agostinho (27 Km<sup>2</sup>), Jaboatão dos Guararapes (225 Km<sup>2</sup>), Moreno (98 Km<sup>2</sup>), Recife (4 Km<sup>2</sup>), São Lourenço da Mata (46 Km<sup>2</sup>) e Vitória de Santo Antão (42 Km<sup>2</sup>) (Figura 01), sendo os cinco primeiros municípios citados integrantes da RMR – Região Metropolitana do Recife, e o último - Vitória de Santo Antão – da Zona da Mata. Juntamente com a bacia hidrográfica do rio Pirapama, a do Jaboatão integra o Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos –GL2 no Estado de Pernambuco.

Figura 1 - Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco



Fonte: A autora (2019).

Segundo dados da CPRH (2016), estima-se uma população em torno de 450.000 pessoas residentes na área da bacia, sendo a maior parte em áreas urbanas. Dessa forma, a área banhada pela bacia hidrográfica do rio Jaboatão é uma das mais adensadas do estado de Pernambuco. Apesar de possuir áreas com características rurais, a bacia é reconhecida como

sendo em sua maior parte urbana, apresentando uma alta densidade populacional, principalmente no município de Jaboatão dos Guararapes, que corresponde a 50,9% da área da bacia, onde são ocupadas áreas de morro ao longo da BR – 101 e BR - 232, assim como áreas costeiras, em Piedade, Candeias e Barra de Jangada no contexto da planície de inundação (SILVA, 2013).

A área da bacia apresenta um clima Tropical quente e úmido, com chuvas concentradas principalmente no outono-inverno, que decorrem da influência dos Distúrbios Ondulatórios de Leste e da Frente Polar Atlântica. Também recebe a ação de sistemas atmosféricos que provocam chuvas no verão-outono, como a Zona de Convergência Intertropical e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (CAVALCANTI et al. 2009). Nos períodos de maior intensidade pluviométrica são observados, principalmente nos municípios de Moreno e Jaboatão dos Guararapes, eventos relacionados a deslizamentos em áreas de encosta. Onde, Guerra & Jorge (2014) apresentam que os processos erosivos têm um impacto direto no uso da terra e podem, em casos extremos, constituir risco à vida.

## 2.2 Material e Métodos

Para realização da análise da vulnerabilidade natural à erosão da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão, foi realizado inicialmente um levantamento bibliográfico sobre a temática, através de acesso as plataformas oficiais de pesquisa, onde, a partir dos dados coletados foi aplicada a metodologia de mapeamento da vulnerabilidade natural à perda de solo de Crepani et. al. (2001), que se fundamenta no conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977). Este conceito compreende a dinâmica dos ambientes como o balanço entre os processos formadores de solo (pedogênese) e os processos erosivos (morfogênese). Estes apresentam critérios para a atribuição de valores de vulnerabilidade para as unidades territoriais básicas dos temas Pedologia, Geologia, Geomorfologia, Vegetação e Clima (tabela 1).

Tabela 1 - Valor de estabilidade de unidades de paisagens para avaliação de suscetibilidade para análise de vulnerabilidade à erosão

<b>Unidade</b>	<b>Relação pedogênese/morfogênese</b>	<b>Valor</b>
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediário	Equilíbrio entre a pedogênese e morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

Fonte: Adaptado de Tricart (1977)

Para elaboração do mapeamento dos atributos pedologia e geologia, foram utilizadas respectivamente as bases de dados dos solos do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco –

ZAPE de (SILVA et al., 2001) que se encontra na escala de 1:100.000, e a base de dados geológicos da CPRM – Serviço Geológico do Brasil de (GOMES & SANTOS, 2001), na escala 1:500.000 (a única disponível para a área de estudo), onde ambos os mapas foram confeccionados no software Q Gis 2.18. Para realização do diagnóstico da declividade da área de estudo, foram utilizados os dados do programa Topodata (VALERIANO, 2008), e a partir do software Q Gis foi elaborado o mapa de declividade em porcentagem.

Para análise da intensidade pluviométrica da área foram utilizados os dados de precipitação dos últimos 30 anos (1988 –2018) de 29 postos distribuídos entre os municípios que compõem a bacia, esses dados são fornecidos pela Agencia Pernambucana de águas e clima – (APAC) (Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>> Acesso em: 30 de jun. de 2019). A partir da média dos dados, foi realizada a razão entre a precipitação média anual (PMA) e a duração do período chuvoso (DPC), sendo possível obter os valores de intensidade pluviométrica (IP) para cada município. A esses valores foram atribuídos os graus de estabilidade/vulnerabilidade à erosão estabelecidos por Crepani et al. (2001).

Na análise da vegetação da área estudada foi aplicado o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI e para isso foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 8 do dia 26 de maio de 2018 (Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 de maio de 2019) processada no software Q Gis 2.18. Segundo Menezes et al., (2007), tal índice se configura como um indicador da proporção e das condições da vegetação. Os valores de NDVI podem variar de -1 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, mais densa é a vegetação; os valores abaixo de 0 (zero) indicam superfície sem vegetação e/ou água ou nuvens. Com a aplicação do índice de vegetação citado acima, foi possível classificar as áreas que possuem uma cobertura vegetal, densa, esparsa ou rala. Com base nessas informações, foram quantificadas no software Q.Gis 2.18 as áreas de cada classe.

Após a confecção dos mapeamentos, foi realizado o processamento destes no software Q Gis 2.18, e atribuídos pesos de vulnerabilidade à erosão através das tabelas propostas por Crepani et al. (2001) com pesos variando de 1,0 a 3,0, sendo 1 para atributos considerados estáveis, onde predomina a pedogênese, 2 para os intermediários e 3 para os instáveis, onde predomina a morfogênese. O mapa de vulnerabilidade à erosão foi obtido a partir da álgebra de mapas das grades de vulnerabilidade à erosão dos temas solos, declividade, geologia, vegetação e clima, onde esta álgebra consiste na média simples dos cinco mapas citados, conforme apresenta a equação (1) a seguir:

$$V = G + D + S + Vg + C / 5 \quad (1)$$

Onde: V = Vulnerabilidade, G = vulnerabilidade para o tema Geologia, D = vulnerabilidade para o tema Declividade, S = vulnerabilidade para o tema Solo, Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação e C = vulnerabilidade para o tema Clima.

Para reconhecimento da área de estudo, análise e interpretação dos riscos erosivos presentes na área, foram realizados quatro trabalhos de campo pela área pertencente à bacia, onde ao todo foram recolhidos 221 pontos, sendo estes distribuídos pelos seis municípios que compõem a bacia. Para a análise dos riscos foram selecionados alguns pontos com variados valores de vulnerabilidade erosiva, tendo como embasamento para a interpretação desses riscos os trabalhos de Cardinalli et al (2002) e Mendonça (2010), onde a partir do cruzamento dos potenciais erosivos do mapa de perigo à erosão com os dados dos pontos analisados, foi possível certificar a metodologia utilizada para elaboração do mapa de perigo e, identificar os riscos decorrentes dos processos erosivos que estão acontecendo na Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão – PE.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

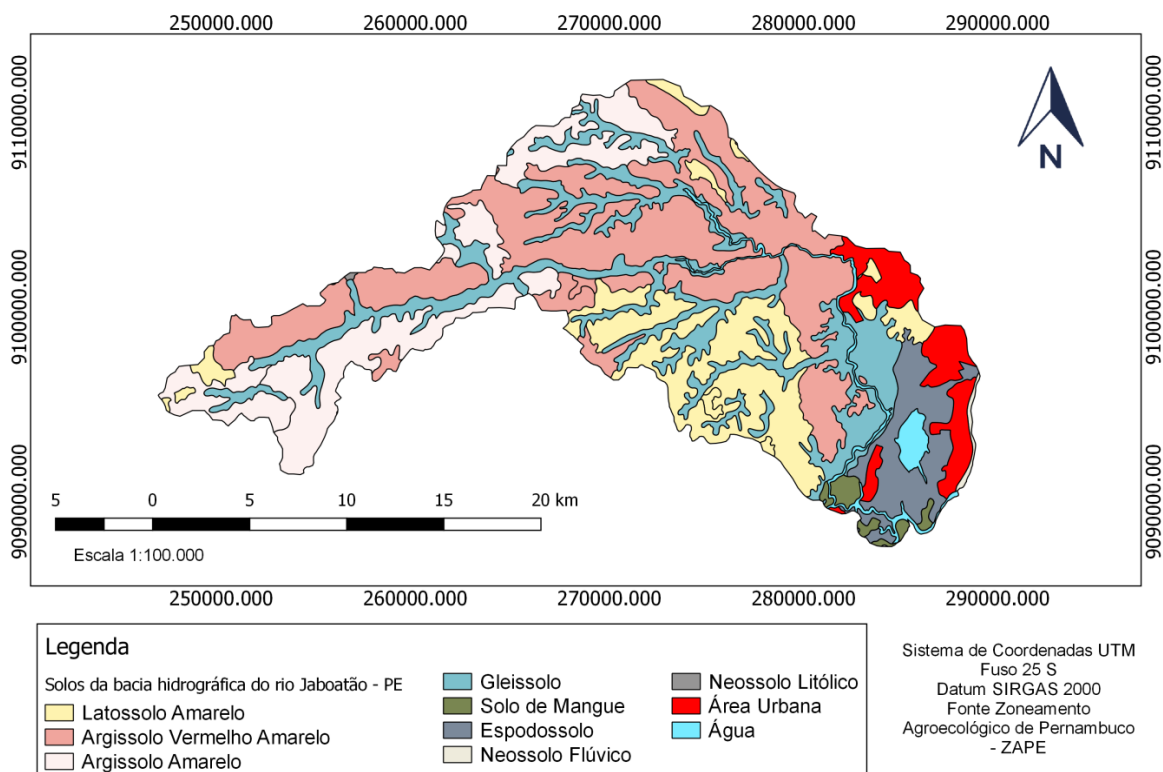
### 4.1 Análise do Perigo Erosivo da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão - PE

Tendo como base o mapeamento dos atributos: Pedologia, Geologia, Declividade, Intensidade Pluviométrica e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão – PE, foram atribuídos os valores do grau de vulnerabilidade à erosão proposto por Crepani et. al (2001), para assim poder mensurar o grau médio de erosão baseado em cada um dos atributos visando à construção do mapa final da vulnerabilidade erosiva.

#### 4.1.1 Vulnerabilidade do atributo Pedologia da bacia hidrográfica do rio Jaboatão – PE

Acerca das classes de solo que compõem a bacia hidrográfica do rio Jaboatão, verificou-se a predominância de solos bem desenvolvidos, como os Argissolos, Latossolos e Gleissolos, por exemplo (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de Pedologia da Bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco



Fonte: Elaborado com base nos dados do Zoneamento agroecológico de Pernambuco – ZAPE (SILVA et al., 2001).

Na metodologia proposta a principal característica considerada para estabelecer as classes de vulnerabilidade dos solos é o grau de desenvolvimento ou maturidade do solo, desse modo, quando observadas às classes, valores de vulnerabilidade e percentual de área do quesito pedologia, identificou-se a predominância de solos do tipo Argissolo (48,5% da área coberta), Gleissolo (20,6%), e Latossolo Amarelo (15,2%), que possuem grau de vulnerabilidade 2,0, 3,0 e 1,0, respectivamente, também observou-se a presença de outros solos como Espodosolo (6,1%) com grau de vulnerabilidade 2,0, e Solos Indiscriminados de Mangue (1,1%) e Neossolos (0,4%) com grau de vulnerabilidade 3,0, como pode ser observado na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 2 - Vulnerabilidade à erosão do atributo pedologia da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco

<b>Classe de solo</b>	<b>Área %</b>	<b>Valor de Vulnerabilidade</b>
Gleissolo	20,6	3,0
Espodosolo	6,1	2,0
Latossolo Amarelo	15,2	1,0
Argissolo Amarelo	15,8	2,0
Argissolo Vermelho Amarelo	32,7	2,0
Neossolo Litólico	0,1	3,0
Neossolo Flúvico	0,3	3,0
Solos indiscriminados de Mangue	1,1	3,0
Área Urbana e Água	8,1	3,0

Fonte: Zoneamento agroecológico de Pernambuco – ZAPE (SILVA et al., 2001) e vulnerabilidade proposta em Crepani et al (2001).

A maior ou menor suscetibilidade de um solo sofrer a ação dos processos erosivos vai depender de diversos fatores, dentre os quais os mais importantes são: as características físicas como a estrutura, textura, permeabilidade e densidade, dentre outros, sendo a textura uma das mais importantes devido à estreita relação com o grau de coesão do solo, estabilidade dos agregados, assim como a permeabilidade, como afirma (GUERRA, 2011). Dessa forma, ao analisar os solos presentes na bacia hidrográfica do rio Jaboatão - PE, observa-se uma forte presença dos solos do tipo Argissolo que apresentam grau de vulnerabilidade 2,0, esses solos são naturalmente suscetíveis a ação dos processos erosivos e se mostram com o potencial erosivo ainda mais significativo quando ocorrem em relevos mais movimentados.

Os Argissolos tendem a ser mais suscetíveis aos processos erosivos devido à diferença textural entre os horizontes A e B presentes nestes solos, que implica em diferenças de

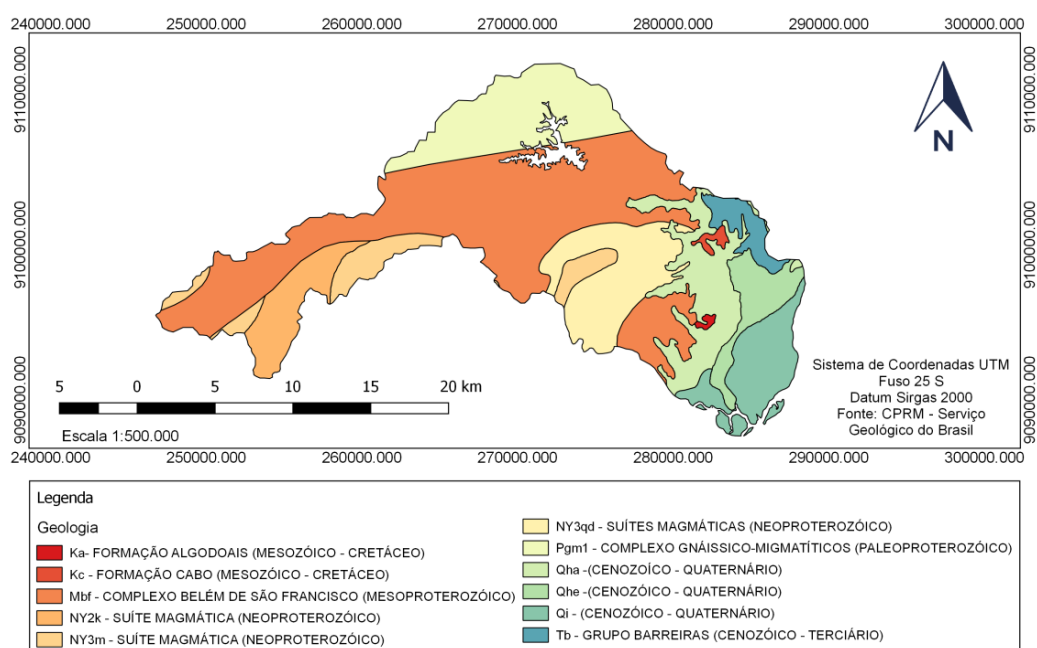
infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais. Tal diferenciação textural se dá pelo incremento de argila do horizonte B em relação ao A, conferindo a ele um maior teor de argila o qual se denomina B textural, e faz com que no mesmo se retenha mais água. Segundo Aragão et al. (2011), os Argissolos são solos desenvolvidos, profundos, e se encontram como medianamente vulneráveis aos processos erosivos. Segundo Araújo Filho et. al. (2000) os Argissolos podem apresentar a limitação do relevo acidentado que aumenta a suscetibilidade à erosão. Devido a presença do horizonte Bt (B textural), pode apresentar deficiência na drenagem que contribui para o aumento do escoamento superficial.

Sendo assim, verificou-se que quanto ao atributo pedologia, a bacia Hidrográfica do rio Jaboatão se encontra num nível intermediário de vulnerabilidade ocorrendo assim, um equilíbrio entre pedogênese/morfogênese, havendo o predomínio da morfogênese nos pontos da bacia onde se tem a presença de solos como os Gleissolos ou Neossolos (cerca de 21% da área total da bacia) que possuem valor de vulnerabilidade (3,0), podendo tal nível de vulnerabilidade ser explicado a partir da composição dos solos descritos.

#### 4.1.2 Vulnerabilidade do atributo Geologia da bacia hidrográfica do rio Jaboatão - PE

A partir da base de dados disponibilizada pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil, foi realizado o mapeamento da bacia hidrográfica segundo o atributo Geologia (Figura 3).

Figura 3- Mapa da Geologia da Bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do CPRM – Serviço Geológico do Brasil de (GOMES & SANTOS, 2001).



Dessa forma, no contexto da bacia no quesito geologia, observou-se a predominância das classes Mbf – Complexo Belém de São Francisco com cerca de 39,2% da área total da bacia que possui grau de vulnerabilidade 1,7 e Pgm1 – Complexo Gnaissico-Migmatíticos indiscriminados com 12,5% da área total e grau de vulnerabilidade 1,1, como mostrado na tabela abaixo (Tabela 2). Segundo Crepani et. al (2001), a contribuição da Geologia para a análise e definição da categoria morfodinâmica da unidade de paisagem natural compreende as informações relativas à história da evolução geológica do ambiente onde a unidade se encontra e as informações relativas ao grau de coesão das rochas que a compõem.

Tabela 3- Vulnerabilidade do atributo geologia da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco

<b>Classe geológica</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Valor de Vulnerabilidade</b>
Ka- Formação Algodoads (Mesozoico Cretáceo)	0,2	2,5
Kc - Formação Cabo (Mesozoico Cretáceo)	0,5	2,5
Mbf – Complexo Belém de São Francisco (Mesoproterozóico)	39,2	1,7
NY2k – Suíte Magmática (Neoproterozóico)	5,5	1,7
NY3m - - Suíte Magmática (Neoproterozóico)	5,3	1,2
NY3qd - - Suítes Magmáticas (Neoproterozóico)	10,5	1,2
Pgm1 – Complexo Gnaissico-Migmatíticos indiscriminados (Paleoproterozoico)	12,5	1,1
Qha - (Cenozóico - Quaternário): sedimentos aluvionares, arenosos, argilosos e conglomeráticos.	9,3	3,0
Qhe - (Cenozóico - Quaternário): sedimentos eluvionares e coluvionares.	4,5	3,0
Qi - (Cenozóico - Quaternário): areias, siltes, argilas,vasas diatomáceas.	7,2	3,0
Tb - Grupo Barreiras (Cenozóico - Terciário)	2,5	2,4

Fonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil de (GOMES & SANTOS, 2001) e vulnerabilidade proposta em Crepani et al (2001).

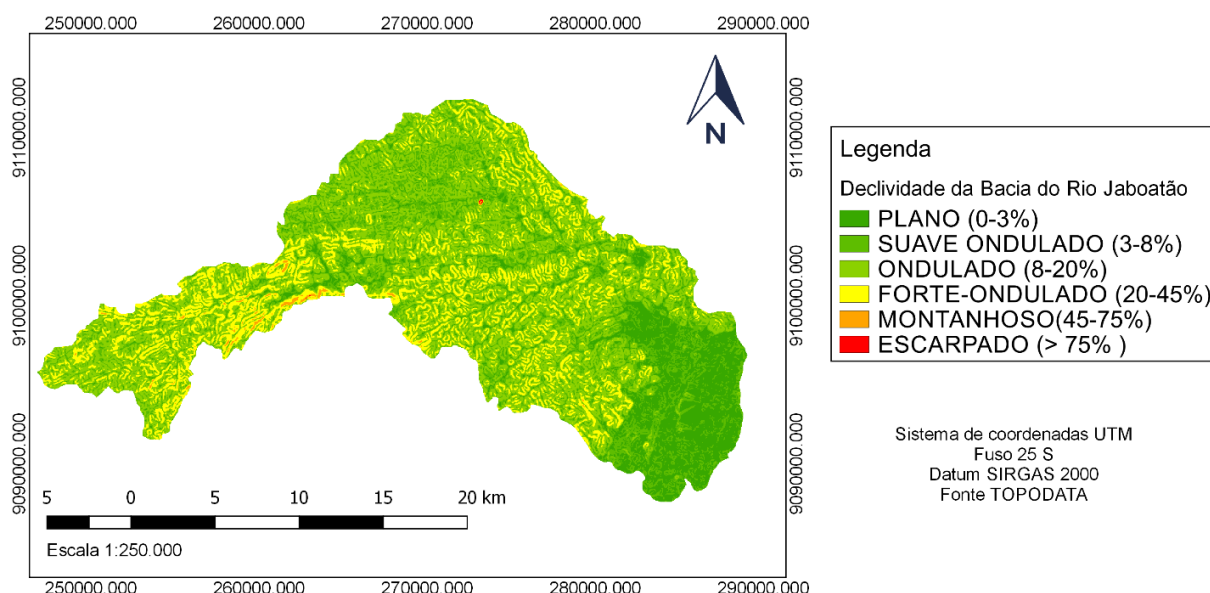
Considerando que as rochas pouco coesas podem ser favoráveis a ocorrência dos processos erosivos, modificadores das formas de relevo (morfogênese), e que nas rochas bastante coesas devem prevalecer os processos de intemperismo e pedogênese, observa-se que nas classes Qha (Cenozóico – Quaternário), Qhe – (Cenozóico – Quaternário), e Qi – (Cenozóico – Quaternário), tem-se valor de vulnerabilidade 3,0, mostrando que tais rochas se

apresentam menos coesas, enquanto as rochas do tipo Pgm1 – Complexo Gnaissico-Migmáticos indiscriminados (Paleoproterozóico), apresenta grau de vulnerabilidade 1,0, mostrando um grau estável de vulnerabilidade, e fazendo com que nos pontos onde a mesma é encontrada prevaleça o processo de pedogênese.

#### 4.1.3 Vulnerabilidade do atributo Declividade da bacia hidrográfica do rio Jaboatão – PE

Acerca da declividade da bacia hidrográfica do rio Jaboatão (Figura 4), verificou-se que a área possui declividades que variam entre as classes de Plano (0 – 3%) a Escarpado (>75%).

Figura 4 - Mapa da declividade da Bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco



Fonte: A autora.

Identificou-se que 39,55% da área apresenta às classes de relevo Plano e Suave Ondulado, com valores de vulnerabilidade 1,0 e 1,5, respectivamente; 43,31% da área apresenta o predomínio do valor de vulnerabilidade a erosão Média (2,0), e 17,13% pertencente às classes Forte ondulado, Montanhoso e Escarpado, com declives acima de 20% e valores de vulnerabilidade entre 2,5 e 3 (Tabela 3).

Tabela 4- Vulnerabilidade do atributo declividade da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco

Classe de declividade*	Área %	Valor de Vulnerabilidade
Plano (< 3%)	14,79	1,0

Suave Ondulado (3 – 8 %)	24,76	1,5
Ondulado (8 – 20 %)	43,31	2,0
Forte Ondulado (20 – 45%)	16,78	2,5
Montanhoso (45 – 75%)	0,34	3,0
Escarpado (> 75%)	0,01	3,0

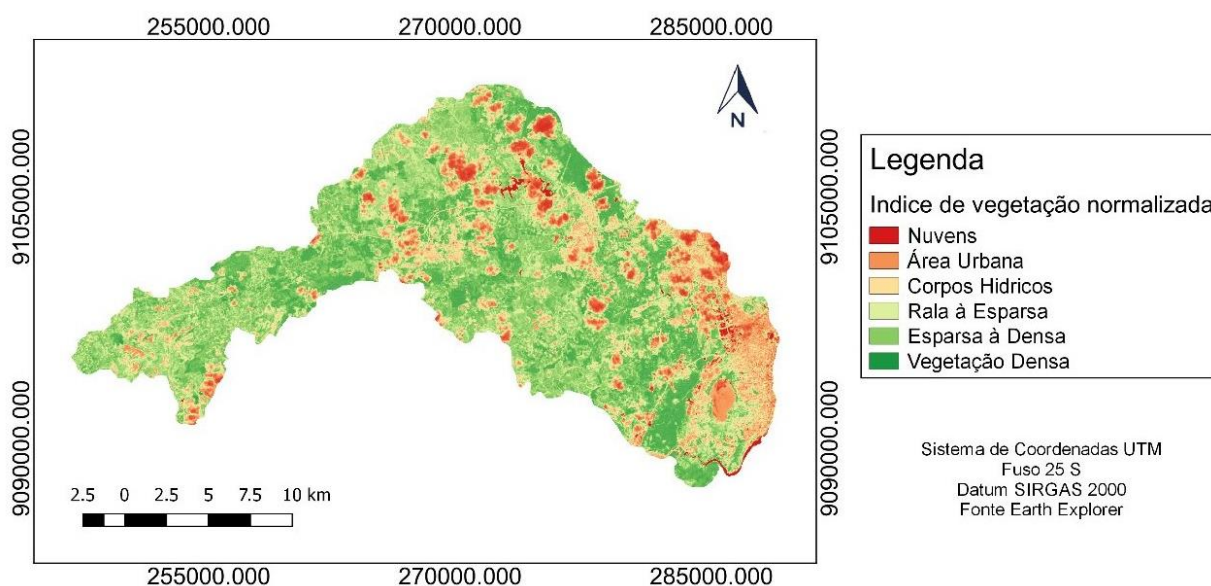
Fonte: Classes de declividade (Santos et al. 2005) e vulnerabilidade proposta em Crepani et al (2001).

A declividade tem relação direta com a velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética (GUERRA, 2011), ou seja, quanto maior a declividade mais rápido a energia potencial das águas transforma-se em energia cinética e maior será a capacidade da água em transportar sedimentos, assim, quanto maior a declividade maior é a vulnerabilidade dessa área a sofrer com a ação dos processos erosivos. Dessa forma, nota-se que grandes áreas estão em classes de declividades propícias à erosão. Na faixa de relevo ondulado (8-20%), a erosão hídrica pode ser controlada com práticas simples, como a manutenção da cobertura vegetal, por exemplo, porém normalmente são necessárias práticas complexas de conservação do solo, como afirma Bertoni & Lombardi Neto (2014).

#### 4.1.4 Vulnerabilidade do atributo Cobertura Vegetal da bacia hidrográfica do rio Jaboatão – PE

Visando a importância da cobertura vegetal na proteção do solo contra os processos erosivos, e tendo como base imagens do satélite Landsat 8, confeccionou-se o mapa abaixo (Figura 5).

Figura 5 - Mapa da cobertura vegetal a partir do índice de vegetação da diferença normalizada - NDVI da Bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco



Fonte: A autora (2019).

A tabela 5 apresenta os percentuais de áreas cobertas, a vegetação existente e o valor de vulnerabilidade de cada classe, onde nota-se que cerca de 37,2% da área da bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, se apresenta em área com vegetação de rala a esparsa e área urbana, apresentando assim grau de vulnerabilidade 3,0, seguido por vegetação esparsa a densa (29,91%) com grau de vulnerabilidade 2,0 e vegetação densa (22,40%) com grau de vulnerabilidade 1,0.

Tabela 5 – Vulnerabilidade do atributo índice de cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco

<b>Classe de cobertura vegetal</b>	<b>Área %</b>	<b>Valor de Vulnerabilidade</b>
Corpos Hídricos	1,19	-
Nuvem	9,30	-
Área Urbana	14,13	3
Rala à Esparsa	23,07	3
Esparsa à Densa	29,91	2
Vegetação Densa	22,40	1

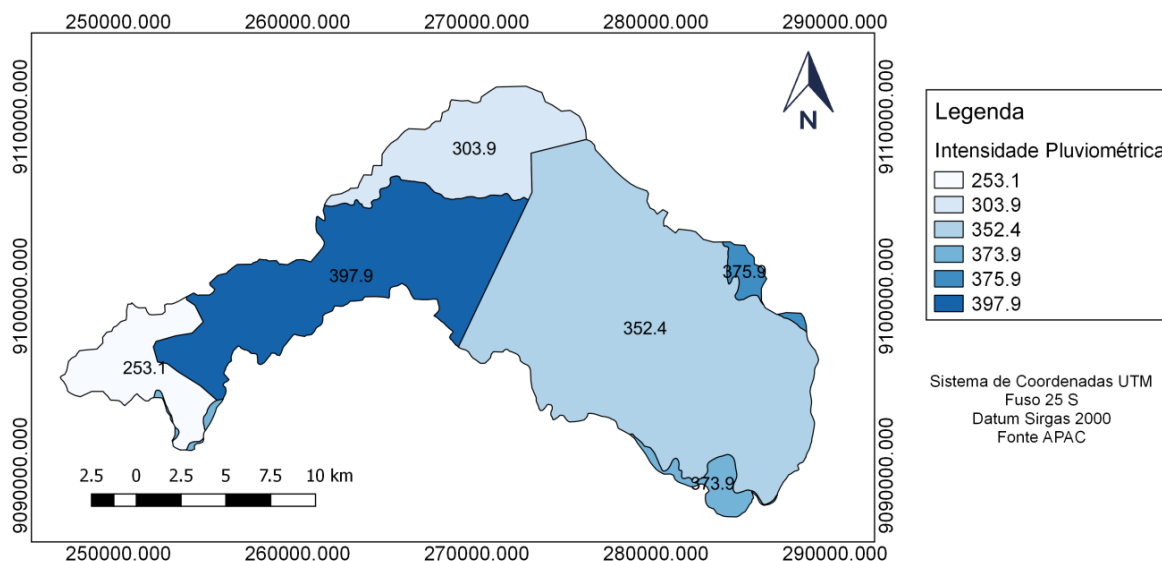
Fonte: Elaborada com base nos dados do Earth Explorer e vulnerabilidade proposta em Crepani et al (2001).

Tendo em vista que a cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão, Salomão et al. (2014) apresentam que a perda de cobertura vegetal é um dos principais agentes catalizadores do desequilíbrio ambiental, que se manifesta em forma de enchentes, assoreamento, erosão, entre outros eventos ambientais. Dessa forma, nota-se que no contexto da bacia do rio Jaboatão – PE, tem-se uma significativa área (67,11% da área da bacia com cobertura vegetal com graus de vulnerabilidade entre 2,0 e 3,0. Segundo Costa (2015), a relação estabelecida entre Cobertura Vegetal e Perda de solo se dá ao passo que a perda de solo reduz quando se aumenta a densidade de cobertura vegetal, dando a entender que, a cobertura vegetal, por meio da estruturação que gera no solo e pela proteção que estabelece na superfície, garante menor suscetibilidade à erosão das partículas de solo.

#### **4.1.5 Vulnerabilidade do atributo Intensidade Pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Jaboatão - PE**

A bacia hidrográfica do Rio Jaboatão se encontra em uma área de clima tropical úmido, e apresenta elevadas intensidades pluviométricas, com chuvas concentradas entre os meses de abril a agosto, ou seja, um período de cinco meses, com médias variando de 253.1 mm/mês no município de Vitória a 397.9 mm/mês no município de Moreno (Figura 6).

Figura 6- Mapa da Intensidade Pluviométrica dos municípios que compõem a Bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco



Fonte: Intensidade pluviométrica calculada com dados fornecidos pela Agência Pernambucana de Águas e Climas - APAC.

Dessa forma, baseando-se no atributo descrito acima, verificou-se que no contexto da bacia hidrográfica do rio Jaboatão – PE os municípios do Cabo de Santo Agostinho e Jaboatão dos Guararapes (54,9% da área da bacia) apresentam respectivamente intensidades pluviométricas de 373,9 e 352,4 mm/mês, e valor de vulnerabilidade 2,3. No município de Moreno e Recife (26% da área da bacia) obteve-se uma intensidade pluviométrica de 397,9 e 375,9 mm/mês, respectivamente, e valor de vulnerabilidade 2,4. No município de São Lourenço da Mata que corresponde a 11,6 % da área da bacia obteve-se uma intensidade pluviométrica de 303,9 mm/mês e valor de vulnerabilidade 2,1. E por fim, no município de Vitória de Santo Antão (7,5% da área da bacia) obteve-se a menor intensidade pluviométrica dos seis municípios, 253,1 mm/mês e valor de vulnerabilidade 1,0. Como pode ser observado na tabela abaixo (Tabela 5).

Tabela 6– Vulnerabilidade erosiva do atributo intensidade Pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco

<b>Classe</b>	<b>Intensidade Pluviométrica</b>	<b>Área %</b>	<b>Valor de Vulnerabilidade</b>
Cabo de Santo Agostinho	373,9	2,3	2,3
Jaboatão dos Guararapes	352,4	52,6	2,3
Moreno	397,9	24,8	2,4

Recife	375.9	1,2	2.4
São Lourenço da Mata	303.9	11,6	2.1
Vitória de Santo Antão	253.1	7,5	1.9

Fonte: Intensidade pluviométrica calculada com base nos dados fornecidos pela Agência Pernambucana de Águas e Climas – APAC e vulnerabilidade proposta em Crepani et al (2001).

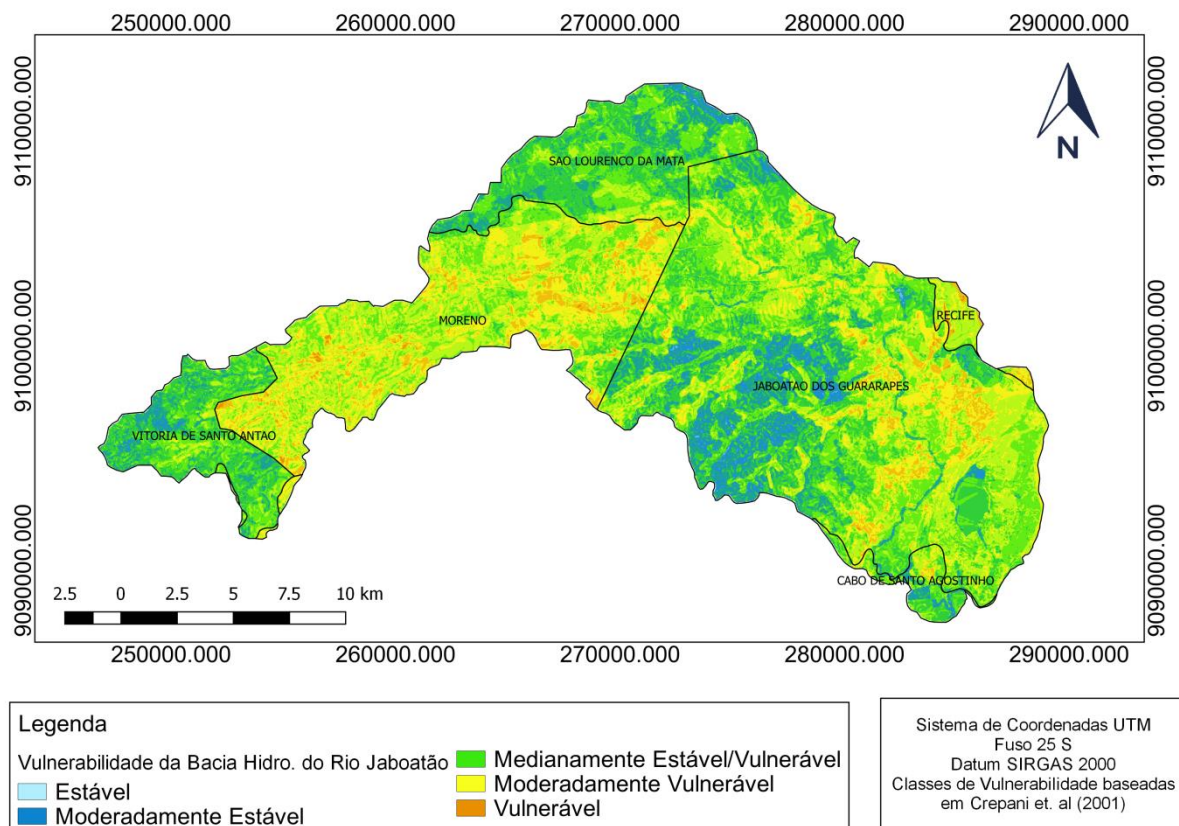
As condições climáticas interferem no processo erosivo, além de ser um dos principais componentes do ciclo ambiental, pois é responsável pelo fornecimento de água que abastece os lençóis freáticos, cursos d'água, rios, seus afluentes e, por fim, o oceano. Durante e após a precipitação, a água não infiltrada escoar pela vertente, sendo que o seu volume dependerá do total de precipitação, da intensidade da chuva e de sua energia cinética associada a características físicas do solo, como saturação do solo, porosidade, textura e profundidade (COSTA, 2015).

Sendo assim, importância do estudo da intensidade pluviométrica nos processos erosivos é facilmente verificada quando se observa que uma elevada pluviosidade anual, mas distribuída ao longo do período, tem menos impacto quanto ao quesito erosão do que uma menor precipitação anual que se cai torrencialmente num período determinado do ano, como afirma Aragão et al. (2011). Desse modo, no contexto da bacia hidrográfica do rio Jaboatão – PE, quando analisados os valores de intensidade pluviométrica e suas respectivas vulnerabilidades que variam de 1,4 a 2,4, conclui-se que a área estudada se encontre num nível significativo de erosão quando levado em conta apenas esse quesito.

#### **4.1.6 Análise do perigo natural à erosão da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão – PE.**

Com a aplicação da álgebra de mapas proposta na metodologia deste trabalho tendo como base os atributos e respectivos dados de vulnerabilidade de cada um, citados anteriormente, obteve-se assim o mapa da vulnerabilidade natural à erosão da bacia hidrográfica do Rio Jaboatão – PE (Figura 07).

Figura 7 - Mapeamento da Vulnerabilidade Natural aos processos erosivos da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco



Fonte: A autora (2019).

A partir da análise foi possível observar que cerca de 70,08% da área estudada, possui características medianamente estável/vulnerável, já 18,16% da bacia está inserida na classificação de moderadamente vulnerável e cerca de 0,17% encontra-se dentro da categoria morfodinâmica vulnerável. É possível verificar também, que cerca de 11,47% da área de estudo encontra-se dentro da categoria moderadamente estável e apenas 0,12% apresentam feições estáveis. Dessa forma, vale destacar que tais características decorrem do fato da bacia possuir uma vegetação significativa, bem como um relevo não muito íngreme (Tabela 6).

Tabela 7 - Vulnerabilidade à erosão da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco

Vulnerabilidade	Classe	Área %
1,0	Estável	0,12
1,4	Moderadamente Estável	11,47
1,9	Medianamente Estável/Vulnerável	70,08
2,3	Moderadamente Vulnerável	18,16

2,8

Vulnerável

0,17

---

Fonte: Dados da pesquisa e classes de vulnerabilidade proposta em Crepani et al (2001).

A partir da análise do mapa acima e de sua respectiva tabela, foi possível observar que no contexto da bacia sua maior parte se encontra entre os valores de 1,4 e 2,3 (cerca de 99%), o que faz com que a mesma esteja inserida nas classes consideradas por Crepani et al. (2001) de Moderadamente Estável à Moderadamente Vulnerável.

#### **4.2 Riscos Verificados na bacia hidrográfica do rio Jaboatão.**

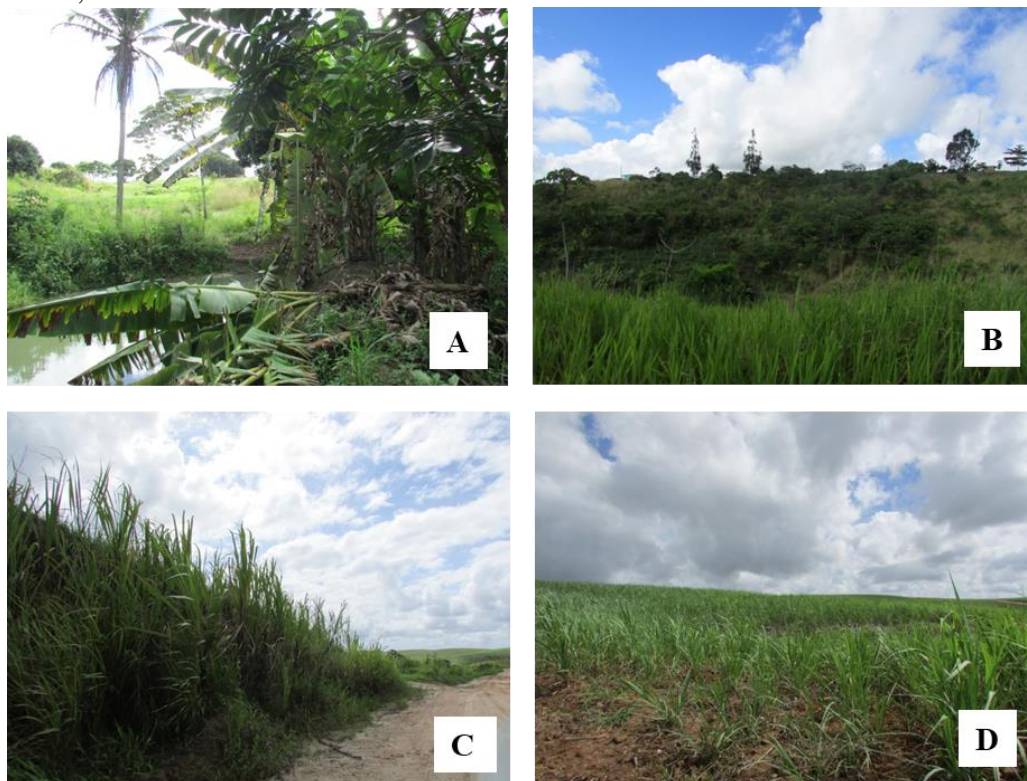
Através dos trabalhos de campo realizados na área da bacia, foram encontrados diversos pontos onde se verificou locais com significativa ocorrência de processos erosivos, bem como, áreas mais preservadas com vegetação bastante significativa. A partir do cruzamento dos pontos tirados no campo com os dados do mapa de perigo erosivo foi possível dimensionar os riscos presentes na bacia de estudo.

Dessa forma, através das análises partindo da montante do rio Jaboatão, em sua nascente em Vitória de Santo Antão – PE (Figura 8A e 8B), apesar de existirem plantações em área com forte declive, não se notou a presença de processos erosivos significativos nos pontos analisados, o mapa de perigo nesse local se apresentou com o grau estável, e foi possível verificar baixo risco a eventos erosivos, prevalecendo, dessa forma, processos pedogenéticos.

Tal afirmativa se embasa no fato da preservação da vegetação nativa, como também, a ocupação humana é bastante rarefeita, tendo em vista que, no município de Vitória de Santo Antão – PE, o contexto da bacia não engloba o centro urbano do município ou proximidades do mesmo, porém foram notados a presença de algumas plantações e locais com solo descoberto visando o uso agrícola (figura 8C e 8D), e devido as baixas declividades não foi possível observar eventos erosivos consideráveis.



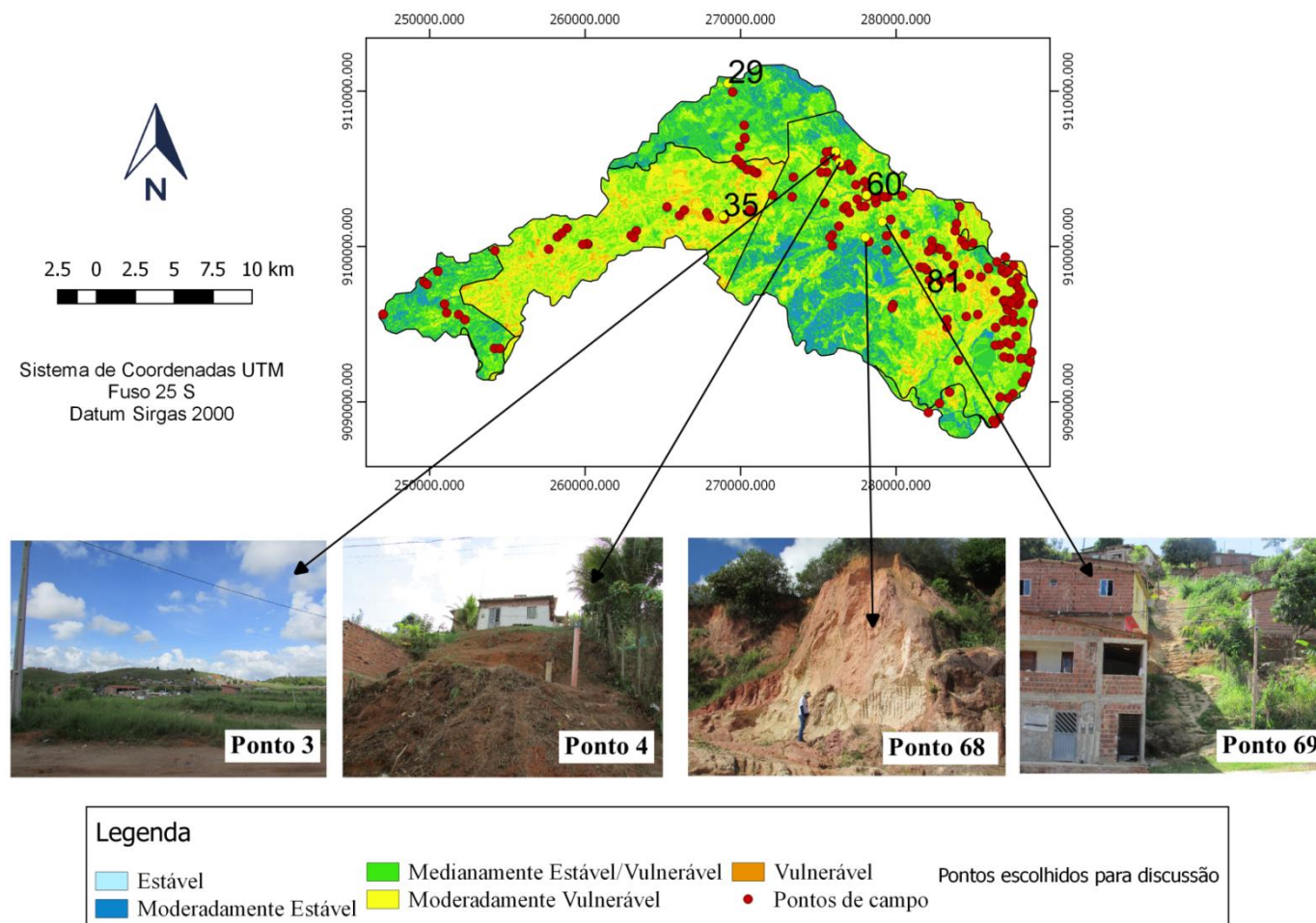
Figura 8 – A e B: Pontos em Vitória de Santo Antão - PE próximo a nascente do Rio Jaboatão, 2019. C e D: Plantações de cana – de - açúcar no município de Vitória de Santo Antão – PE, dentro do contexto da bacia do rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco, 2019



Fonte: A autora (2019).

Já na região do médio curso do rio sentido sua foz, principalmente no município de Jaboatão dos Guararapes, foram observados diversos pontos que apresentaram de média à alta vulnerabilidade aos processos erosivos naturais, os quais estão sujeitos a incrementos locais como o desmatamento e corte de barreira para construção de moradias, além do depósito de lixo em locais indevidos. Dessa forma, analisando-se os riscos presentes no médio curso da bacia foi possível observar que nos pontos **3** e **4**, localizados no município de Jaboatão dos Guararapes – PE, tem-se a presença de uma vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável (com valor 1,9), onde no local foi observado a presença de construções irregulares em áreas de encosta, solos expostos e ausência de cobertura vegetal significativa, fazendo com que nesse contexto o grau de riscos erosivos se mostrem bem significativos. Presentes nessa mesma classe de vulnerabilidade estão os **pontos 68, 69**, também localizados no município de Jaboatão dos Guararapes, onde se observou a presença de um condomínio em construção, ocupações em áreas de encosta no entorno e recortes irregulares de barreira com solo exposto, o que a partir da visualização do atributo declividade, tipo de solo e cobertura vegetal o nível de vulnerabilidade encontrado se justificou, além de tornar notável os riscos de deslizamentos presentes nesse trecho (Figura 9).

Figura 9 – Visualização do uso da terra nos pontos indicados, na bacia hidrográfica do rio Jaboatão, no litoral e Zona da Mata Centro de Pernambuco



Fonte: A autora (2019).

Ainda no médio curso, no município de São Lourenço da Mata- PE, mais especificamente no **ponto 29** (Figura 10), observou-se um grau de vulnerabilidade presente na classe Medianamente estável/vulnerável, onde tem no local construções irregulares em áreas de barreira com baixíssima cobertura vegetal, demonstrando assim que além da suscetibilidade natural a erosão do local já ter valor significativo (1,9), a forte intervenção antrópica agrava esse valor, acarretando assim um alto nível de risco erosivo para as famílias ali residentes e população que circula pela área.

Figura 10 – Barreira exposta com construções irregulares, no município de São Lourenço da Mata - PE, 2019



Fonte: A autora (2019).

No **ponto 60** (Figura 11), que se encaixa na classe moderadamente estável, encontrou-se uma área de morro com uma cobertura vegetal significativa, o que contribui para justificar a classe na qual o ponto se encaixa, porém durante o campo foi possível observar a presença de algumas construções irregulares na base da encosta que a escala do mapeamento não permite identificar, mesmo com a vegetação significativa encontrada no lugar, o forte adensamento populacional e recortes irregulares na barreira demonstram os riscos iminentes.



Figura 11 - Área de barreira com construções irregulares no município de Jaboatão dos Guararapes – PE, 2019



Fonte: A autora (2019).

Uma situação parecida foi encontrada no município de Moreno – PE, mais especificamente local correspondente ao **ponto 35** (Figura 12), que pertence à classe moderadamente vulnerável, no local foi encontrado áreas de morro com encosta densamente povoadas, fazendo com que o local apresente riscos à população ali residentes.

Figura 12 – Área de morro com encosta densamente povoada, no município de Moreno – PE, 2019



Fonte: A autora (2019).

No **ponto 81** existe o Centro de Tratamento de Resíduos – CTR Candeias (Figura 13), onde, segundo o mapeamento, o local apresenta um nível de vulnerabilidade 2,8 se encaixando na classe Vulnerável, no ponto foi possível observar a presença de uma grande área de solo exposto e área de encosta descoberta.

Figura 13 - Centro de Tratamento de Resíduos - CTR Candeias, no município de Jaboatão dos Guararapes – PE, 2019



Fonte: A autora (2019).

Dessa forma, as características analisadas no decorrer da área de estudo conferem a mesma, um grande potencial a eventos morfogenéticos, o que pôde ser observado através das imagens e análises dos mapas elaborados. Principalmente, no contexto do médio e baixo curso do rio Jaboatão, essas características são apresentadas como um problema tendo em vista a conjuntura socioeconômica da população residente na área que não apresenta às condições necessárias para a correta ocupação da mesma.

## 5 CONCLUSÕES

Através da análise realizada, foi possível observar que fatores como a alta intensidade pluviométrica que gira em torno dos 300 mm/mês, a alta antropização do meio, a retirada da cobertura vegetal, declividades que variam predominantemente de moderadamente ondulado à ondulado e a presença marcante de solos do tipo Argissolos, favorecem a uma moderada suscetibilidade à ação dos processos erosivos na Bacia hidrográfica do rio Jaboatão-PE.

No que diz respeito aos riscos decorrentes dos processos erosivos observados na bacia, é possível dizer que apesar das características físicas naturais da região apresentarem graus de vulnerabilidade que variam de moderadamente estável à moderadamente vulnerável, fazendo com que a mesma esteja num nível mediano de vulnerabilidade, os mesmos são agravados pelas interferências causadas pela população que vai de encontro aos limites naturais e reside nessa área não utilizando os devidos critérios técnicos para minimizar os riscos, estando assim expostas aos desastres, como as decorrentes dos movimentos gravitacionais de massa.

Sendo assim, foi possível observar, principalmente nos municípios de Moreno e Jaboatão dos Guararapes (médio curso), áreas com os maiores riscos erosivos, decorrente das significativas declividades, alta intensidade pluviométrica e forte presença de construções irregulares, principalmente em áreas de encosta, o que vem acarretando sérios riscos de eventos erosivos. Em contrapartida, foi observada em uma menor parte da bacia, no contexto dos municípios de Vitória de Santo Antão, São Lourenço da Mata e Cabo de Santo Agostinho, áreas com baixa atividade antrópica, estando a sua maioria recoberta por uma cobertura vegetal significativa, e apresentando vulnerabilidade natural aos processos erosivos relativamente estáveis.

Dessa forma, apesar do grau de vulnerabilidade na bacia ter se apresentado mediano, a análise dos riscos presentes na mesma se mostrou significativo, quando analisado a forte densidade populacional presente no contexto dela, e a quantidade de construções irregulares em áreas de encosta, e retirada da cobertura vegetal. Nesse sentido, faz-se de extrema relevância a implementação de medidas mitigadoras direcionadas para a preservação e planejamento de uso do espaço, e fazendo com que estudos mais aprofundados na área se tornem indispensáveis.

## 6 REFERENCIAS

- ALMEIDA, LQ de; PASCOALINO, A. Gestão de risco, Desenvolvimento e (meio) Ambiente no Brasil-um estudo de caso sobre os desastres naturais de Santa Catarina. **XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2009.
- ARAGÃO, R.; et al. Mapeamento do potencial de erosão laminar na Bacia do Rio Japarutuba, SE, via SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental -Agriambi**, 2011.
- ARAÚJO FILHO, J. C. de et al. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 318p (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa 11).
- ARNESEN, A. S.; MAIA, J. S. Análise da vulnerabilidade natural à erosão na bacia hidrográfica do rio Tijucas através de técnicas de geoprocessamento: um subsídio à governança territorial. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, Brasil, INPE**, 2011. p. 1113 - 1120.
- BARBOSA NETO, M. V.; ARAÚJO, M. S. B.; ARAÚJO FILHO, J. C. Avaliação do uso da terra, degradação dos solos e análise multitemporal da cobertura vegetal no semiárido pernambucano. In: **Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Natal/RN, Agosto, 2015.
- BARBOSA NETO, M. V.; SILVA, C. B. da; ARAÚJO FILHO, J. C.; ARAÚJO, M. S. B.; BRAGA, R. A. P. Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Natuba, Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, V. 05, 2011. p. 961-973.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 2008. 6ª Ed. 2008.
- BERTONI, José; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 9ª Ed. São Paulo: Ícone, 2014.
- BOTELHO, Rosângela Garrido Machado; SILVA, AS da. **Bacia hidrográfica e qualidade ambiental**. Reflexões sobre a geografia física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, 153-192.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. . **Nature and properties of soils**, the: Pearson new international edition. Pearson Higher Ed, 2013.
- CARDINALI, M., et al. A geomorphological approach to the estimation of landslide hazards and risks in Umbria, Central Italy. **Natural hazards and earth system science**, 2002. p. 57-72.
- CARVALHO, Celso Santos; GALVÃO, Thiago. **Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas em áreas urbanas**. Repositório de conhecimentos do IPEA, 2016.
- CASTRO, C. M. de; OLIVEIRA P.; M. N. de; RIO, G. A. P. Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas. **Anuário do Instituto de Geociências**, V. 28(2), 2005. p. 11-30.
- CAVALCANTI, I. F. A. et al. (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: E. BLUCHER, 2002.

- CORDEIRO, M. W. S., et al. **Índice de risco a erosão e mapeamento das áreas de risco por erosão de solo em Natal-RN**. Natal, Instituto Federal do Rio Grande do Norte, 2018.
- COSTA, Y. T.; RODRIGUES, S. C. Relação entre cobertura vegetal e erosão em parcelas representativas de cerrado. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 9, n. 2, 2015. p. 61-75.
- COUTINHO, L. M. et al. Usos da Terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio do Prata, Castelo - ES. **Floresta e ambiente**. 20 (4), 2013, p. 425-434.
- CPRH, Agência Estadual de Meio Ambiente. Grupo de pequenos rios litorâneos – GL2. In: **Relatório de monitoramento da qualidade da água de bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. Diretoria de gestão territorial e recursos hídricos, governo de Pernambuco**, 2016.
- CREPANI, E. et al. **Uso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2001.
- DIÁRIO DE PERNAMBUCO. Moreno registra deslizamento de barreira e queda de muro. Disponível em: [www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/vida-urbana/2017/04/13/interna\\_vidaurbana,699094/moreno-registra-deslizamento-de-barreira-e-queda-de-muro.shtml](http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/vida-urbana/2017/04/13/interna_vidaurbana,699094/moreno-registra-deslizamento-de-barreira-e-queda-de-muro.shtml). Acesso em: 02 de maio de 2018.
- FILHO, A. R.; CORTEZ, A.T.C. A problemática socioambiental da ocupação urbana em áreas de risco de deslizamento da “Suíça Brasileira” **Revista Brasileira de Geografia Física** v. 03. 2010. p. 33-40
- FREITAS, Carlos Machado. **Um equilíbrio delicado crise ambiental e a saúde no planeta**. Editora Garamond, 2018.
- FROTA FILHO, A. B. da; Et Al. Análise Da Vulnerabilidade Erosiva Da Bacia Hidrográfica Colônia Antônio Aleixo. Manaus, AM: Sistema de bibliotecas da universidade federal do Amazonas. 2016.
- GOMES, H. A. & SANTOS, E. J. (org). **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Pernambuco**. Recife: CPRM, 2001.
- GOMES, Suzana Coutinho, et al. **Diagnóstico ambiental do meio físico da bacia hidrográfica do rio Jaboatão-PE**. Universidade Federal de Pernambuco. 2005.
- GOUDIE, A. **The Human Impact on the natural environment**. Oxford: Basil Blackwell Ltd., 1990.
- GUERRA, A. J. T. ; JORGE, M. do C. O.. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. Oficina de Textos, 2014.
- GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S. e BOTELHO, R. G. M. (orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- GUERRA, A. J. T. . **A Erosão dos Solos No Contexto Social**. Rio de Janeiro: Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ, v. 17, 1994. p. 14-23
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. 7ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.



- GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.) **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 282 p.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, S. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.) **Erosão e Conservação dos Solos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
- GUERRA, Antônio Teixeira e GUERRA, Antônio José Teixeira **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico** – 6ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra. Diretoria de Geociências**, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Manuais Técnicos em Geociências número 7. 2ª Ed. Rio de Janeiro, ISBN 85-240-3866-7. 2006. 91p.
- JOURNAL NATURE, Agricultural policy: govern our soils. Disponível em: <https://www.nature.com/news/agricultural-policy-govern-our-soils-1.18854>> Acesso em: 20/10/2019.
- LEPSCH et al. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no Sistema de capacidade de uso**. Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.
- LESCH, Igor F. **Formação e conservação dos solos**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- LOUREIRO, H. A. S.; FERREIRA, S. M. O papel das geotecnologias no estudo de feições erosivas e de movimentos de massa no Brasil. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Orgs.) **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- MENDONÇA, Francisco. Riscos e Vulnerabilidades socioambientais urbanos a contingência climática. **Revista de Geografia da UFC**, 2010, 9.1: 153-163.
- MENDES, Thiago Augusto, et al. Diagnóstico ambiental da área de preservação permanente da nascente do córrego almeida utilizando ferramenta de geoprocessamento (Aparecida de Goiânia-GO). **Ciência e Natura**, 2016, 38.3: 1332-1345.
- MENEZES, J. B. et al. Índice de vulnerabilidade à erosão para uma bacia na mesorregião do São Francisco pernambucano, a partir das relações entre morfogênese e pedogênese. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.8, n. 2, 2007. p. 45-56
- MOREIRA, H. A. **Diagnóstico da qualidade ambiental da bacia do rio Jaboatão: sugestão de enquadramento preliminar**. Recife: Dissertação (mestrado) – Programa de Pós graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 2007.
- OLIVEIRA, F. F. ; et al. Dinâmica, agentes causadores e fatores condicionantes de processos erosivos: aspectos teóricos. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, 2018. p. 60-83.
- OLIVEIRA, M. da S. **Análise da Aplicação de Geoprocessamento no Gerenciamento de Áreas de Risco de Movimentos de Massa: Estudo de Caso de Santos/SP**. 68 f. Monografia. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- PANACHUKI, Elói, et al. **Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária**. Dissertação em geografia. Campina Grande/PB, 2006.
- PEDRON, F. A.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; KAMINSKI, J. **Solos Urbanos. Ciência Rural**, v. 34, n. 5, Santa Maria/RS, 2004. p. 1647-1653

- RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Inf. Agropec.**, 11:3-18, 1985.
- RIBEIRO, M. P. B., MESSIAS, Cassiano Gustavo, et al. Análise empírica de fragilidade ambiental utilizando técnicas de geoprocessamento: o caso da área de influência da Hidrelétrica do Funil-MG. **Revista Geonorte**, 2012, 2.4: 112-125.
- RUBIRA, F. G.; MELO, G. V.; OLIVEIRA, F. K. S. Proposta de padronização dos conceitos de erosão em ambientes úmidos de encosta. *Revista de Geografia (Recife)*, 2016, 33.1.
- SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, S. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.) **Erosão e Conservação dos Solos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. 340p.
- SANTOS, L. J. C.; WESTPHALEN, L. A. Erosão dos solos no Noroeste do Paraná. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (orgs.) **Degradação dos solos no Brasil**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.
- SANTOS, R. F. (org.) **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos**. Brasília: MMA, 2007.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 5ª ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência de Solo. 2005. 100p.
- SILVA, Cassio Roberto da. **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.
- SILVA, F. B. R. et al. **Zoneamento Agroecológico de Pernambuco - ZAPE**. Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária). (Embrapa Solos. Documentos; no. 35). ZAPE Digital, CD-ROM. 2001.
- SILVA, F. H. B. B. da. et al., **Descrição das principais classes de solos**. EMBRAPA, 2005.
- SILVA, J. F. G. da; BARBOSA NETO, M V. Identificação de Riscos Erosivos na Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe–PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2018, 11.5: 1709-1720.
- SILVA, J. F. G.; BARBOSA NETO, M. V. Identificação de riscos erosivos na bacia hidrográfica do rio Beberibe – PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V.11, n. 2, 2018.
- SILVA, J. S. da. **Desenvolvimento territorial e gestão de bacia hidrográfica: o caso da bacia do rio Jaboatão, Pernambuco**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2013.
- SILVA, M. G. S. et al. Análise evolutiva de processo erosivo acelerado em uma área urbana da cidade de Goiânia. **Revista Monografias Ambientais**. Santa Maria, v. 14, n. 2, 2015, p. 38 – 48.
- SIMON, A. L. H.; CUNHA, C. M. L.. Alterações Geomorfológicas Derivadas Da Intervenção De Atividades Antrópicas: análise temporal na Bacia do Arroio Santa Bárbara–Pelotas (RS). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 9.2, 2008.
- SOUZA, V.; GALVANI, E.; SOUZA, M. L. Determinação e adequação da capacidade de uso da terra em bacia hidrográfica por meio de sistematização metodológica no SIG SPRING. *Geografia*. v. 24, n. 1. **GEOGRAFIA (Londrina)**, 2011. p. 55 – 69

STRECK, Edegar Valdir; COGO, Neroli Pedro. Reconsolidação da superfície do solo após a descontinuidade do plantio direto, com e sem cultivo, relacionada à erosão e sua predição com RUSLE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2003. p. 141-151.

TARTARI, Diandra Trindade, et al. Perda de solo e água por erosão hídrica em Argissolo sob diferentes densidades de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 2012.

TEIXEIRA, P. C. e MISRA, R. K. **Erosion and sediment characteristics of cultivated forest soils as affected by the mechanical stability of aggregates**. *Catena* v. 30. 1997. p.199-134

TEIXEIRA, Wilson (org.) **Decifrando a Terra** – 2ª ed. – São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.

THOMAZ, Edivaldo Lopes; ANTONELI, Valdemir. Erosão e degradação do solo em área cultivada com erva-mate (*Ilex paraguariensis*), Guarapuava-PR. **Geociências**, v. 27.1. São Paulo, 2008. p. 21-30.

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

VALERIANO, M.M. **Topodata: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. INPE-15318-RPQ/818.

VALLADARES, Gustavo Souza, et al. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. **Embrapa Territorial-Artigo em periódico indexado**, 2012.

VOLK, S.. **Esuli a Trieste: bonifica nazionale e rafforzamento dell'italianità sul confine orientale**. Kappa vu, Italy, 2004.

WILD, A. **Soils and the environment: na introduction**. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 287 p