

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS CAMPUS DO SERTÃO
GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM GEOGRAFIA**

WAGNER VALDIR DOS SANTOS

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À EROSÃO DA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO MAXIXE NO ALTO SERTÃO DE ALAGOAS**

Delmiro Gouveia – AL
2019

WAGNER VALDIR DOS SANTOS

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À EROSÃO DA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO MAXIXE NO ALTO SERTÃO DE ALAGOAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Geografia, da Universidade Federal de Alagoas, Campus do Sertão, como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Orientadora: Prof. Dr.^a Flavia Jorge de Lima

Delmiro Gouveia – AL
2019

**Catálogo na fonte Universidade
Federal de Alagoas Biblioteca do
Campus Sertão Sede Delmiro
Gouveia**

Bibliotecária responsável: Larissa Carla dos Prazeres Leobino – CRB-4 2169

S237a Santos, Wagner Valdir dos

Análise da vulnerabilidade à erosão da Microbacia Hidrográfica do Maxixe no Alto Sertão de Alagoas / Wagner Valdir dos Santos. – 2019.

61 f. : il.

Orientação: Profa. Dra. Flávia Jorge de Lima.
Monografia (Licenciatura em Geografia) –
Universidade Federal de Alagoas. Curso de Geografia.
Delmiro Gouveia, 2019.

1. Geografia – Avaliação. 2. Bacia Hidrográfica.
3. Vulnerabilidade Ambiental. 4. Alto Sertão de Alagoas. I. Título.

CDU: 911



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
CURSO: GEOGRAFIA – LICENCIATURA

FOLHA DE APROVAÇÃO

AUTOR: WAGNER VALDIR DOS SANTOS

**ANALISE DA VULNERABILIDADE À EROSÃO DA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO MAXIXE NO ALTO SERTÃO DE ALAGOAS**

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
corpo docente do Curso de Geografia -
Licenciatura da Universidade Federal de
Alagoas e aprovado em 12 de fevereiro de 2019*

Banca Examinadora:

Flávia Jorge de Lima

(Profa. Dra. Flávia Jorge de Lima – UFAL/Campus do Sertão)
(Orientadora)

José Alegnoberto Leite Fêchine

(Prof. Dr. José Alegnoberto Leite Fêchine – UFAL/Campus do Sertão)
(1º Examinador)

Fernando Pinto Coelho

(Prof. Dr. Fernando Pinto Coelho - UFAL)
(2º Examinador)

“A influência da humanidade no Planeta Terra nos últimos séculos tornou-se tão significativa a ponto de constituir-se numa nova época geológica”.

(Paul Crutzen – Prêmio Nobel de Química)

A minha Mãe.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo quero agradecer a força maior que rege todo esse universo. E que essa força possa iluminar a todos desde mundo, assim como eu. Durante essa longa trajetória varias pessoas estiveram do meu lado contribuindo para minha formação e me fortalecendo diariamente.

Agradeço a minha mãe, mulher forte, incrível, maravilhosa e guerreira que me ensina e ensinou varias coisas dessa vida.

A meu irmão que todo dia me atura, e sei que não viveria sem mim, pois sou seu reflexo.

A todos meus amigos, Andressa, Ronessa, Izidio, Cassio, Andre, Erica, Juliana, Lilica, Sabrina, Jorge... E aos demais que por ventura não tenha citado não me esqueço de vocês.

Aos amigos de infância Randson, João, Jessica, Ariana que estamos juntos e rimos bastante até hoje. Ao amigo Alex que tive o prazer de conhecer e levarei para vida.

A Mércia, um doce de pessoa, mulher e futura mãe incrível.

A todos da minha família que torceram por mim, em especial minha prima Laila a quem tenho um enorme carinho.

A eterna turma “N” que vai deixar saudades, aos colegas de curso que conheci no primeiro período que por motivos maiores não seguiram nessa jornada.

Aos amigos da sala que fiz nessa universidade partilhamos muitas coisas e varias historias para contar, lembrarei-me de todos.

Aos amigos que a Ufal me proporcionou conhecer em especial Adelaine, uma pessoa especial, temos varias historias de campos juntos, Campina Grande foi pequena para nossas aventuras. A João Pedro e Clenisvaldo Ventura amigos que levarei para o resto da vida, partilhamos varias historias e aprendizados, Las Vegas fica mais perto do que imaginamos. A Regilma mulher *arretada* amiga maravilhosa.

Durante minha vida acadêmica fui bolsista do PIBID (Programa institucional de iniciação a docência), programa que me trouxe um enorme aprendizado e que tanto contribuiu para minha formação. Foi lá que conheci pessoas incríveis Raylane (Raylane, prometo que vou devolver seu escalímetro), Gabriel, Paulo Vinicius, Lucimare, Vanessa

Lima, minhas tardes foram mais alegres com a presença de vocês, aprendemos juntos. Mais tarde esse mesmo programa me fez conhecer melhor Jessica Lima uma pessoa incrível que tenho um enorme carinho. Anderson, Josimeire, Juinhinho e todos os outros que passaram e dividiram esse momento comigo. A professora Marilene e em especial a turma do primeiro Ano médio, a qual passei mais tempo.

Ao Coro Universitário do Sertão, lugar onde passei grande parte das tardes de sexta, lugar acolhedor. Em especial “os baixos” e Marcel Garrido pelas suas conversas e ensinamentos.

A “Galega” uma mulher incrível.

Aos companheiros que conheci no CAGEO (Centro Acadêmico de Geografia), Eduardo, Jô e Camila, uma mulher forte.

Aos Colegas do Campus Maceió, no qual compartilhamos campos e risadas, em breve estarei ai.

A todos meus professores TODOS, desde a pré-escola aos mestres e doutores da graduação, esses sim são guerreiros e a qual merecem respeito.

Aos colegas do grupo GEPAT, os antigos e aos novos, lugar onde compartilhamos o que sabemos e crescemos juntos.

O Felipe Antonio (UFPA), que me ajudou a utilizar uma ferramenta do SIG.

A professora e orientadora Flavia Jorge uma mulher incrível, obrigado por todos os ensinamentos, puxões de orelhas sei que é para o crescimento e amadurecimento na academia.

Aos professores José Alegmoberto e Fernando Pinto, que tanto foram essenciais na minha formação.

Ao professor Wilton, obrigado por toda ajuda, e pelas conversas.

À universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão

E a todos que deixei de falar aqui, mais que direta e indiretamente fazem e fizeram parte desse momento da minha vida.

RESUMO

A erosão dos solos pode ser monitorada, analisada e compreendida em varias escalas; umas delas é a bacia hidrográfica (GUERRA; MENDONÇA, 2007), este trabalho tem como objeto de estudo a microbacia hidrográfica do Maxixe, localizada no alto sertão de Alagoas e o objetivo principal é analisar a vulnerabilidade ambiental à erosão da microbacia hidrográfica do Maxixe no alto Sertão de Alagoas, com a utilização do SIG. Os SIGs podem hoje favorecer e trazer contribuições para o planejamento e apoio nas tarefas que se abordem um completo quadro de informações (LANG, S.; BLASCHKE, T. 2009). Na compreensão e entendimento dos aspectos trabalhados na numa bacia hidrográfica, o auxilio do SIG se torna ferramenta fundamental da analise espacial da bacia, sobretudo os processos erosivos nela existentes. A erosão ou *gliptogênese* é um fenômeno natural, através do qual a superfície terrestre é desgastada e afeiçãoada por processos físicos, químicos e biológicos que modelam a paisagem (SUGUIO, 2003). E para identificar os processos erosivos e propor estabelecer um mapa de vulnerabilidade a erosão, foi usado a metodologia de Crepani (1996; 2001), ele propõem o método de “álgebra de Mapas” no qual é feita uma média aritmética de cinco mapas, resultado no mapa final e no resultado dessa pesquisa.

PALAVRAS CHAVES: Erosão; Bacia Hidrográfica; Vulnerabilidade Ambiental.

ABSTRACT

Soil erosion can be monitored, analyzed and understood at various scales; one of them is the hydrographic basin (GUERRA, MENDONÇA, 2007), this work has as object of study the Microhydrographic basin of the Maxixe, located in the high sertao of alagoas and the main objective is to analyze the environmental vulnerability to the erosion of the Hydrographic Basin of the Maxixe in the upper Sertão of Alagoas, using the GIS. SIGs can now favor and contribute to the planning and support of tasks that address a complete information framework (LANG, S .; BLASCHKE, T. 2009). In the understanding and understanding of the aspects worked in a river basin, the aid of the GIS becomes a fundamental tool of spatial analysis of the basin, especially the erosive processes in it. Erosion or glyptogenesis is a natural phenomenon, through which the earth's surface is worn and fanned by physical, chemical and biological processes that shape the landscape (SUGUIO, 2003). In order to identify erosion processes and to propose a map of vulnerability to erosion, Crepani (1996; 2001) methodology was used, he proposed the method of "map algebra" in which an arithmetic mean of five maps in the final map and in the result of this research.

KEYWORDS: Erosion; Hydrographic basin; Environmental Vulnerability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Erosão Laminar (Adaptado de BIGARELLA, 2003)	19
Figura 2: Transformações em SIG necessárias para criar um mapa	22
Figura 3: Mapa de Localização da Bacia do Maxixe	25
Figura 4: Visão da depressão sertaneja.	26
Figura 5: Mapa de Precipitação da Bacia do Maxixe	27
Figura 6: Mapa Geológico da Bacia do Maxixe	28
Figura 7: Mapa de Hidrografia da Bacia do Maxixe	29
Figura 8: Riacho Veneza	30
Figura 9: Rio do Maxixe	31
Figura 10: Visão do “paredão” da ponte no bairro Pedra Velha	31
Figura 11: Mapa de Solos da Bacia do Maxixe	33
Figura 12: Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Maxixe	35
Figura 13: Plantação de Capim	35
Figura 14: Pecuária	36
Figura 15: Avaliação Da Estabilidade Das Categorias Morfodinâmicas	38
Figura 16: Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas	39
Figura 17: Álgebra de mapas	40
Figura 18: Mapa de Declividade da Bacia do Maxixe	42
Figura 19: Mapa Hipsométrico da Bacia do Maxixe	43
Figura 20: Modelo 3D da bacia do maxixe..	43
Figura 21: Visão da cabeceira de drenagem da bacia do maxixe.....	44
Figura 22: Mapa de Vegetação da Bacia do Maxixe.....	46
Figura 23: Mapa de Vulnerabilidade Natural à Erosão.....	49
Figura 24: ponto do campo onde estão os sulcos.....	50
Figura 25: inicio de um sulco em desenvolvimento erosivo.....	51
Figura 26: Final de um sulco em desenvolvimento erosivo.....	52
Figura 27: sulco erosivo em beira de estrada, decorrente do escoamento pluvial....	52
Figura 28: Ponto do campo onde está a ravina	53
Figura 29: extensão da Voçoroca	54
Figura 30: visão da Voçoroca, local onde foi feito as medições	55

Figura 31: profundidade da Voçoroca	55
Figura 33: Largura da Voçoroca.	56
Figura 33: Dentro da Voçoroca	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipo de Solo	32
Tabela 2: Tabela de peso para vulnerabilidade da Geologia	40
Tabela 3: Tabela de peso para vulnerabilidade da Pluviometria	41
Tabela 4: Tabela de peso para vulnerabilidade da Geomorfologia.....	44
Tabela 5: Tabela de peso para vulnerabilidade do Solo	45
Tabela 6: Tabela de peso para vulnerabilidade da Vegetação.....	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Revisando o conceito de Bacia Hidrográfica	16
2.2 Processos Erosivos	18
2.3 Vulnerabilidades Ambientais	20
2.4 Sistemas de Informações Geográficas e Sistemas Ambientais.	22
3. ÁREA DE ESTUDO	25
3.1 Pluviometria.....	26
3.2 Geologia	28
3.3 Hidrografia	29
3.4 Solo	32
3.5 Cobertura vegetal e Ocupação do solo	35
4. METODOLOGIA	37
4.1 levantamentos de dado	37
4.2 Trabalhos de Campo	37
4.3 Elaboração/Produção dos dados	37
5. RESULTADO E DISCURSSÕES.	48
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
7. REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

A erosão dos solos pode ser monitorada, analisada e compreendida em varias escalas; umas delas é a bacia hidrográfica (GUERRA; MENDONÇA, 2007). Compreender a importância dos solos, sobretudo os processos erosivos é de fundamental importância, visto que este tema auxilia na identificação de processos e nos estudos do manejo e ocupação do solo, servindo de base para um ordenamento e zoneamento territorial, principalmente em ambiente semiárido.

Em regiões semiáridas bem como a microbacia hidrográfica do Maxixe - AL, possui sua vegetação natural rala e de menor porte, conferindo pequena proteção ao solo, e o clima se caracteriza por apresentar precipitações concentradas em certas épocas do ano. Em conjunto esses fatores condicionam maior erosividade às chuvas, ou seja, maior capacidade potencial das precipitações de provocar erosão. (WEIL; NETO, 2007). 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. O termo erodibilidade se refere à capacidade de um determinado solo resistir à erosão (CREPANI, 2001).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são aparatos e programas de geoprocessamento que auxiliam os pesquisadores a terem uma qualidade de modelagem e obtenção de dado com mais informações primarias do local de estudo. No caso da microbacia hidrográfica do Maxixe o uso Software livre Qgis permitiu a elaboração/adaptação da álgebra de mapas que resultou no mapa de vulnerabilidade a erosão da sub-bacia hidrográfica do Maxixe.

Assim, este trabalho tem como objetivo principal analisar a vulnerabilidade ambiental à erosão da microbacia hidrográfica do Maxixe no alto Sertão de Alagoas, com a utilização do SIG. Buscando atender o objetivo geral foram traçados os seguintes objetivos específicos: Caracterizar a área de estudo; Elaborar o mapa de vulnerabilidade a erosão com base na metodologia de Crepani (2001); Analisar os processos erosivos encontrados com os dados do mapa de vulnerabilidade a erosão.

A Justificativa deste trabalho surgiu da necessidade de uma reflexão sobre o tema e da compreender a vulnerabilidade a erosão, analisando a dinâmica geoambiental da microbacia hidrográfica do Maxixe. É desta forma que parte a premissa da proposta deste trabalho, ou seja, coletar dados que caracterizem os aspectos geoambientais da microbacia e que esse aspecto junto com o SIG possa ajudar a identificar e compreender os processos

erosivos que ocorram na área de estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Revisando o conceito de Bacia Hidrográfica

Para Guerra (2008) *apud* Pereira (2014), a bacia hidrográfica é o conjunto de terras drenadas por um rio principal juntamente com os seus afluentes. É considerada uma unidade dinâmica, devido as constantes modificações ocorridas em toda sua área pelo efeito dos agentes erosivos, que acabam por alargar ou diminuir a extensão da bacia.

O termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Esse compartimento é drenado superficialmente por um curso d'água principal e seus afluentes (SANTANA, 2003).

A sub-bacia hidrográfica pode ser compreendida como uma unidade espacial natural componente de uma bacia hidrográfica maior, descrita por suas características e ligada à paisagem local. Seus limites, geralmente, estão ligados às diferenças na escala espacial de sua percepção em relação à bacia hidrográfica (FEITOSA, 2012).

De acordo com Rocha (1997) *apud* Feitosa (2012), a sub-bacia hidrográfica é a área que drena a água de chuvas por ravinas, canais e tributários para um curso principal, com vazão efluente e o deságue diretamente em outra bacia hidrográfica maior, tendo dimensões superficiais que variam muito.

A drenagem fluvial é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a “bacia de drenagem”, definida como área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, A quantidade de água que atinge os cursos fluviais depende da dimensão da área ocupada pela bacia, da precipitação total e das perdas relacionadas à evapotranspiração e à infiltração (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A bacia hidrográfica é uma unidade geomorfológica fundamental da superfície terrestre, se constitui uma área ideal para o planejamento do manejo dos recursos naturais. A noção de bacia vincula naturalmente, a existência de divisores d'água, cabeceiras ou nascentes, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes, bem como, uma hierarquização dos canais escoadouros e uma distribuição dos solos predominantes (TUCCI, 2004 *apud* PEREIRA, 2014).

As sub-bacias hidrográficas são consideradas como sistemas abertos, pois estão sob a influência de uma série de subsistemas onde ocorrem trocas constantes de matéria e

energia (FEITOZA, 2012).

As bacias hidrográficas do semiárido representam uma área onde há vários agentes e fatores que influenciam o seu estado de conservação. Diante da pequena quantidade de água subterrânea somada aos rios intermitentes do semiárido que são aqueles que só aparecem quando as taxas pluviométricas estão mais altas que o habitual da região, em algumas bacias são construídos barramentos necessários para garantir um volume mínimo de água para abastecimento e consumo da água (FEITOZA, 2012).

Os padrões de drenagem podem ser definidos pelo seu escoamento, e elucidam também a geomorfologia da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para Huggett (1980) *apud* Feitosa (2012),

A concepção da sub-bacia hidrográfica como um subsistema hidrográfico, ligado a uma unidade maior de análise ambiental, implica na aceitação de que ela possui diferentes relações com outros elementos. Esta constatação faz parte da observação conjunta de que todas as relações externas de um sistema possuem grau de intensidade menor do que as internas, notadamente, entre a bacia hidrográfica maior, o clima e a geomorfologia, sob determinadas correlações e dinâmicas (FEITOSA, 2012, p.21).

Fitz (2008) *apud* Albuquerque (2013) ressalta que uma das formas de planejar um espaço, pode ser realizada dentro de uma área com delimitação natural específica: uma bacia hidrográfica, que pode ser entendida como uma porção de outra bacia que a engloba, e que outra maneira de divisão de uma bacia ou sub-bacia hidrográfica é feita por meio de sua setorização.

Assim Silva (2018),

As bacias hidrográficas estão presentes nos diversos tipos de zonalidades e ambientes terrestres, sofrendo, assim, interferências sazonais e possuindo características diversas. A bacia hidrográfica, como um sistema aberto, onde os agentes do ambiente se inter-relacionam no espaço e no tempo, contribuem para as modificações da paisagem, moldando as diferentes formas presentes nas mesmas a partir de inputs endógenos e exógenos que repercutem sobre processos morfogenéticos e morfodinâmicos. (SILVA, 2018, p.18).

De acordo com Botelho (1999, *apud* ALBUQUERQUE, 2013), diversos pesquisadores chamam a atenção para a bacia hidrográfica como uma unidade natural da superfície terrestre, na qual é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua estruturação, tal como o de erosão hídrica do solo, que estão ligadas à noção de dinamismo, entendido como a possibilidade de alargamento ou diminuição da área da bacia devido ao processo erosivo.

2.2 Processos Erosivos

O solo é um recurso natural lentamente renovável, localizado na parte superior do regolito, e em diferentes locais na paisagem. Sua origem é resultado da rocha “mãe” que é intemperizada por motivos climáticos (intensidade da chuva, variação da temperatura) e humanos (fauna e flora), nas, mais diversas situações da paisagem ao longo do tempo. (KEMERICH *et al.*, 2018, LEPSCH, 2011).

A relação entre o solo e os processos erosivos está associada com sua maior ou menor resistência à ação das águas, ou seja, com sua erodibilidade, podendo ser definida como um atributo complexo do solo que representa sua vulnerabilidade ao processo erosivo. A erodibilidade do solo está associada a sua resistência à erosão. Assim, um solo de alta erodibilidade é aquele com maior potencial para sofrer erosão, em relação a outro solo de baixa erodibilidade. No entanto, este atributo não pode ser medido diretamente, sendo dependente da interação de numerosos outros atributos edáficos (WEIL; NETO, 2007, p. 43).

A erosão ou *gliptogênese* é um fenômeno natural, através do qual a superfície terrestre é desgastada e afeiçãoada por processos físicos, químicos e biológicos que modelam a paisagem (SUGUIO, 2003). De acordo com Guerra (2007):

A erosão dos solos tem causas relacionadas à própria natureza, com a qualidade e distribuição das chuvas, a declividade, o comprometimento e forma das encostas, as propriedades químicas e físicas dos solos, o tipo de cobertura vegetal, e também a ação do homem, como o uso e manejo da terra que, na maioria das vezes tende a acelerar os processos erosivos. (GUERRA, 2007, p.225).

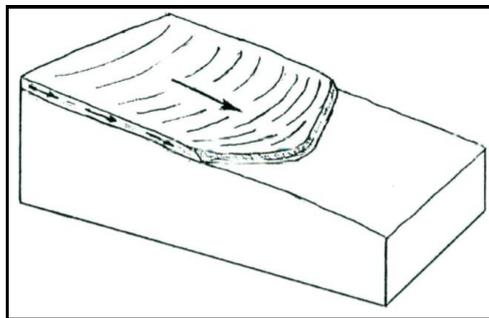
Deste modo cabe pensar que ao analisar/identificar processos erosivos é importante entender suas características e tipos de erosão, de modo que fique clara a naturalidade ou a antropização dos processos. As características de alguns tipos de processos erosivos estão descritos na literatura como: erosão laminar, eólica, pluvial e outras.

Erosão de solos são fenômenos comuns na realidade brasileira, em regiões de ambiente semiárido podem ocasionar danos irreversíveis. Esse fenômeno se constitui como um dos principais agentes de modificação da paisagem, com a remoção do transporte de grãos minerais, e é responsável, junto com outros processos naturais, pela modelagem do relevo. (SOUZA *et al.*, 2011; LOUREIRO; FERREIRA 2013) “No decorrer do tempo geológico as formas de relevo são esculpidas, elaboradas e reafeiçãoadas pela dinâmica superficial, cujos registros guardados são capazes de elucidar como as diferentes paisagens evoluíram e quais processos atuaram” (LIMA, 2014, p. 17).

A erosão Laminar corresponde à erosão causada pela água corrente, através da chamada *enchente laminar (sheetflood)*, isto é através de fluxos rasos e espalhados, não-canalizados, diferentemente das maiorias dos rios (SUGUIO, 2003). Ou seja, sua principal

ocorrência vai ser em ambientes áridos e semiáridos, onde a taxa pluviométrica é concentrada e a erosão ocorrerá em uma drenagem rápida ocasionadas por chuvas torrenciais.

Figura 1: Erosão Laminar (Adaptado de BIGARELLA, 2003).



Fonte: BIGARELLA, 2003.p.891

Assim (SAMPAIO, 2018):

O escoamento superficial é um dos agentes desencadeadores dos processos erosivos mais importantes do contexto nordestino semiárido, justificando medidas de contenção e conservação, baseadas no controle e redução das altas taxas de fluxos superficiais. Conforme Souza (2000), junto com a desagregação mecânica, representa os principais processos morfodinâmicos do semiárido nordestino. (SAMPAIO, 2018, p. 28)

O escoamento superficial, dependendo das condições em que ocorre, pode ocasionar dois tipos de erosão: a erosão laminar, que consiste na retirada de forma homogênea das camadas superficiais dos solos; e a erosão linear que acontece quando se formam na superfície do terreno, linhas de fluxo de água para o escoamento e que posteriormente dão origem as ravinas e as voçorocas (SALOMÃO e IWASA, 1995).

O clima, o relevo, o solo ou o substrato rochoso, a cobertura vegetal natural, quando presente, ou alternativamente, o tipo de uso antrópico instalado são os fatores que em conjunto determinam a extensão e grau de severidade da erosão que ocorre em dada área. As variações de cada um desses fatores condicionantes e a interação entre eles determinam as variações no tipo e intensidade da erosão, observadas nos diferentes locais. (WEIL; NETO, 2007, p.41)

Para Bigarella (2003) *apud* Silva (2018) a erosão, transporte e deposição são processos que não podem atuar separadamente, eles são interdependentes que atuam no espaço e no tempo. A capacidade de erosão depende das partículas que são transportadas, os movimentos influem nos processos erosivos nas rochas, como também ao atingir um nível de base o fluxo é reduzido, ocorrendo deposição de sedimentos. Importante ressaltar que os níveis de base são elementos controladores de um rio, garantindo o seu perfil de equilíbrio.

2.3 Vulnerabilidades Ambientais

Para Fushimi (2016) a vulnerabilidade é uma expressão abrangente por possuir variadas interpretações por diversos pesquisadores, os quais a assimilam com outros conceitos e a adjetivam perante o objetivo de suas pesquisas. Desse modo, a autora elencou com concepções de fragilidade, susceptibilidade, sensibilidade e risco e com alguns tipos de vulnerabilidade: natural, e antropica.

Li *et al* (2006) *apud* Milanezi (2016) relacionaram vulnerabilidade a características do meio físico e biótico (declividade, altitude, temperatura, aridez, vegetação, solo), à exposição a fontes de pressão ambiental (densidade populacional, uso da terra) e à ocorrência de impactos ambientais (erosão hídrica) em uma área montanhosa.

De acordo com Lima *et al.* (2000), *apud* Milanezi (2016) a vulnerabilidade de um geossistema é avaliada analisando-se características dos meios físicos (solo, rocha, relevo, clima e recursos hídricos), biótico (tipo de vegetação) e antrópico (uso e ocupação do solo), que tornam o relevo mais ou menos instável ou sujeito a processos erosivos.

De acordo com Adger (2006) *apud* Milanezi (2016), as definições de vulnerabilidade, usualmente, atrelam esse conceito a um ou mais dos seguintes fatores: exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa ou de resposta do sistema. O estudo desses fatores permite a avaliação da maior ou menor vulnerabilidade de um sistema a determinadas questões ambientais. A bacia hidrográfica é um sistema adequado á análise ambiental.

Segundo Nascimento e Dominguez (2009) a vulnerabilidade está sempre relacionada à maior ou menor fragilidade de um determinado ambiente. Estes estudos relativos às fragilidades dos ambientes são de extrema importância ao Planejamento Ambiental. A identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território (SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. 2004).

Aquino *et al* (2017),

Ao tratar de vulnerabilidade ambiental, Santos define sistemas como um conjunto de elementos que mantêm relações entre si e onde residem os seres vivos. Elementos como solo, recursos hídricos, vegetação, campos agrícolas, são estruturas do meio que se relacionam através de fluxos e ciclos. Se ocorre uma perturbação no equilíbrio desses sistemas, as relações do meio podem ser bastante diferentes considerando as características locais naturais e da ocupação

humana. Observa ainda que para atendê-lo devemos considerar a resiliência e a persistência do sistema. Persistência corresponde à medida do quanto um sistema, quando perturbado, se afasta do seu equilíbrio ou estabilidade sem mudar essencialmente seu estado. (AQUINO *et al*, 2017, p.15 – 16)

Segundo Tagliani (2003) apud Delgado (2011), vulnerabilidade ambiental significa a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer, avaliada segundo três critérios:

1. Fragilidade estrutural intrínseca – condicionada por características inerentes ao substrato físico e que descrevem seus materiais, formas e processos, sintetizando suas relações. Os fatores de fragilidade estrutural analisados foram a declividade e a capacidade de uso dos solos.
2. Sensibilidade – condicionada pela proximidade de ecossistemas sensíveis, os quais sustentam e mantêm inúmeras funções ambientais. Os fatores analisados foram a proximidade de recursos hídricos e a proximidade de comunidades vegetais sob proteção legal.
3. Grau de maturidade dos ecossistemas – condicionada pelo tempo de evolução, uma das características que determinam a fragilidade relativa dos ecossistemas frente a perturbações antrópicas.

Para definir a vulnerabilidade da Micro-bacia do Maxixe, este trabalho se baseia na metodologia de Crepani *et al* (1996; 2001), à qual apresenta uma proposta baseada no conceito de análise ecodinâmica de Tricart (1977).

Para Jean Tricart (1977), o conceito de morfodinâmica constitui o conjunto de processos interconectados responsáveis pela gênese do modelado bem como uma metodologia que distingue os meios em estáveis, intermediários (intergrades) e fortemente instáveis. O estudo morfodinâmico tem um caráter importante, pois trazem e compilam informações que vão servir para o uso e ocupação do solo sobretudo em ambientes semiáridos. Para Fonsêca, (2017):

Quanto à morfodinâmica semiárida, esta é regida pela ação do escoamento superficial difuso não canalizado, que ocorre de forma rápida e intensa em decorrência dos eventos pluviais concentrados de alta magnitude e baixa recorrência no semiárido nordestino. Tais episódios pluviais respondem por levar ao truncamento dos mantos de alteração em desenvolvimento, ao carrear frações granulométricas finas distais das áreas fontes, mas acumulando granulometrias grossas (areia grossa, seixos, calhaus e mesmo blocos) nos planos erosivos proximais às áreas fontes (FONSÊCA, 2017, p. 98).

Desde modo Ross (1994), a fragilidade dos ambientes que tenham a ação antropica os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas começam a extrair os recursos naturais, mudando

a dinâmica do ambiente.

2.4 Sistemas de Informação Geográfica e Sistemas Ambientais

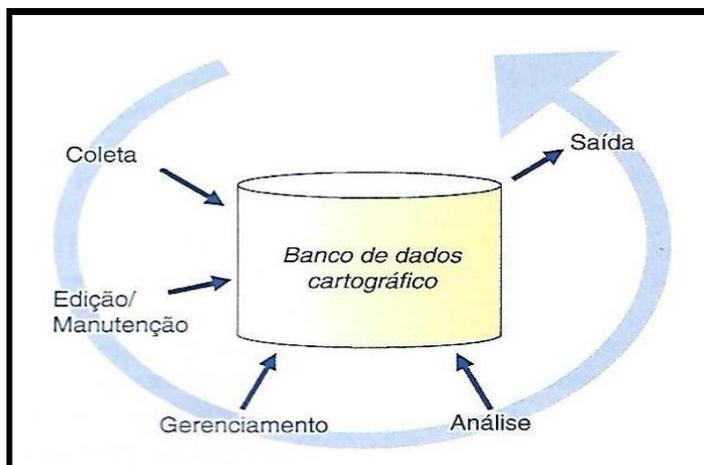
Os SIGs podem hoje favorecer e trazer contribuições para o planejamento e apoio nas tarefas que se abordem um completo quadro de informações (LANG, S.;BLASCHKE, T. 2009). Na compreensão e entendimento dos aspectos trabalhados numa bacia hidrográfica, o auxílio do SIG se torna ferramenta fundamental da análise espacial.

Sendo assim, (BABU; SREEKUMAR; ASLAM, 2014; MAGESH; CHANDRASEKAR; KALIRAJ, 2012. *apud* LOPES et al, 2018) afirma que :

No contexto da análise espacial, o geoprocessamento e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas que têm combinado uma gama de parâmetros ambientais, devido a capacidade de reportar resultados confiáveis durante a avaliação de dados temáticos. Ambos são considerados ferramentas potenciais para avaliar, determinar e interpretar a análise de informações ambientais relacionadas ao espaço geográfico das bacias hidrográficas (LOPES et al, 2018, p. 107).

A representação cartográfica constitui o ápice de muitos projetos com SIG. Os mapas são uma maneira eficaz de resumir e comunicar os resultados de operações de SIG. (LONGLY, P. A *et al*, 2013). Numa visão abrangente, pode-se indicar que um SIG tem os seguintes componentes: interface com usuário; Entrada e integração de dados; Funções de processamento gráfico e de imagens; Visualização e Plotagem; Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos) de uma forma que esses componentes se relacionam de forma hierárquica (CÂMARA, 1995).

Figura 2: Transformações em SIG necessárias para criar um mapa.



Fonte: LONGLY, P. A *et al*, 2013, p.302.

Segundo Câmara Neto (1995) *apud* (SANTOS 2011) há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:

1. *Como tecnologia de gerenciamento de uma base de dados geográficos:* Os SIGs possuem ferramentas que permitem a integração, em uma única base, de informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo, cadastro urbano e rural, imagens de satélite.
2. *Como suporte para análise espacial de fenômenos:* No estudo de sistemas ambientais, a interação entre processos deve ser considerada. Os SIGs oferecem mecanismos para manipular simultaneamente vários dados. Estes mecanismos vão desde a consulta, a recuperação e a visualização, até a combinação das variáveis para análise. O processo de análise dos dados é, geralmente, aquele no qual as relações e significados que estão implícitos em um conjunto de dados são extraídos e mostrados de forma explícita.
3. *Como ferramenta para produção cartográfica:* Por possuir facilidades de edição, visualização, acesso rápido, registro geográfico dos dados, os SIGs estão se tornando uma ferramenta de trabalho nos órgãos responsáveis por produção cartográfica. (SANTOS, 2011, p. 29 – 30)

“A concepção de um mapa é um processo criativo duramente o qual o cartógrafo, ou criador do mapa, tenta transmitir a mensagem do objeto no mapa. Os principais objetivos na concepção de mapas são compartilhar informações, destacar padrões e processos além de ilustrar resultados (LONGLEY, P. A *et al*, 2013. p. 306)”.

Os dados em ambiente SIG podem ser dados vetoriais ou dados *raster*, para Lang (2009), os dados vetoriais são adequados para representar objetos espaciais discretos, que são todas as entidades que possam ser claramente identificadas, Já os dados *raster* ou imagens servem para representar em fenômenos espaciais com ocorrência contínua, no modelo *raster* a área de estudo é dividida em pequenas células.

Dada essas premissas sobre SIGs e observando sua utilidade na pesquisa científica principalmente nas áreas das Geociências. Os SIGs se tornaram uma ferramenta para análise de dados e modelagem dos sistemas ambientais. Os sistemas ambientais compreendem um conjunto de elementos de forma integrada e dinâmica entre si. De acordo com Christofolletti (1999) *apud* Figueirêdo (2010), podem-se citar os seguintes sistemas ambientais:

1. *Ecosistema*, compreendido como qualquer unidade que inclui a totalidade de organismos em uma área interagindo com o meio ambiente físico. A definição da área de um ecossistema procura manter a homogeneidade da comunidade biológica, podendo assumir diversas escalas de grandeza espacial, embora os estudos usualmente utilizem a escala local. Exemplos: rios, lagos,

corredores ecológicos, manchas de vegetação com fisionomias homogêneas.

2. Geossistema: correspondendo a uma paisagem delimitada pelas características morfológicas e geológicas, dentre outras, de uma determinada região, em níveis espaciais decrescentes. Exemplos: planícies, planaltos, serras, depressão sertaneja.

3. Bacia hidrográfica: corresponde a uma área drenada por um rio ou conjunto de rios, delimitada por divisores de água. Bacias podem ser hierarquizadas pela subdivisão de uma bacia maior em sub-bacias, cujas águas contribuem para a formação do rio principal. No Brasil, a Resolução CONAMA no 1, de 23/01/1986, estabelece que a bacia hidrográfica deva ser considerada como área de estudo em avaliações de impacto ambiental, uma vez que as pressões exercidas por atividades humanas repercutem diretamente sobre a qualidade das águas, do solo, da vegetação e de vida de populações residentes em bacias hidrográficas (FIGUEIRÊDO, 2010, p. 13).

É com base nessa afirmação, que este trabalho tem como base a bacia hidrográfica que de acordo com Christofolletti (1999) é um sistema ambiental. A análise da vulnerabilidade dos sistemas é um indicador da capacidade de suporte ambiental de uma área uma vez que tem como pressuposto básico o conhecimento das características do ambiente natural e da dinâmica dos componentes da microbacia. Aliado a isso é necessário dimensionar, mediante métodos específicos, a vulnerabilidade que esses ambientes apresentam às intervenções (antrópicas ou naturais) (NOBRE; GARCIA 2010).

Assim para (SANTOS e SOUZA, 2014),

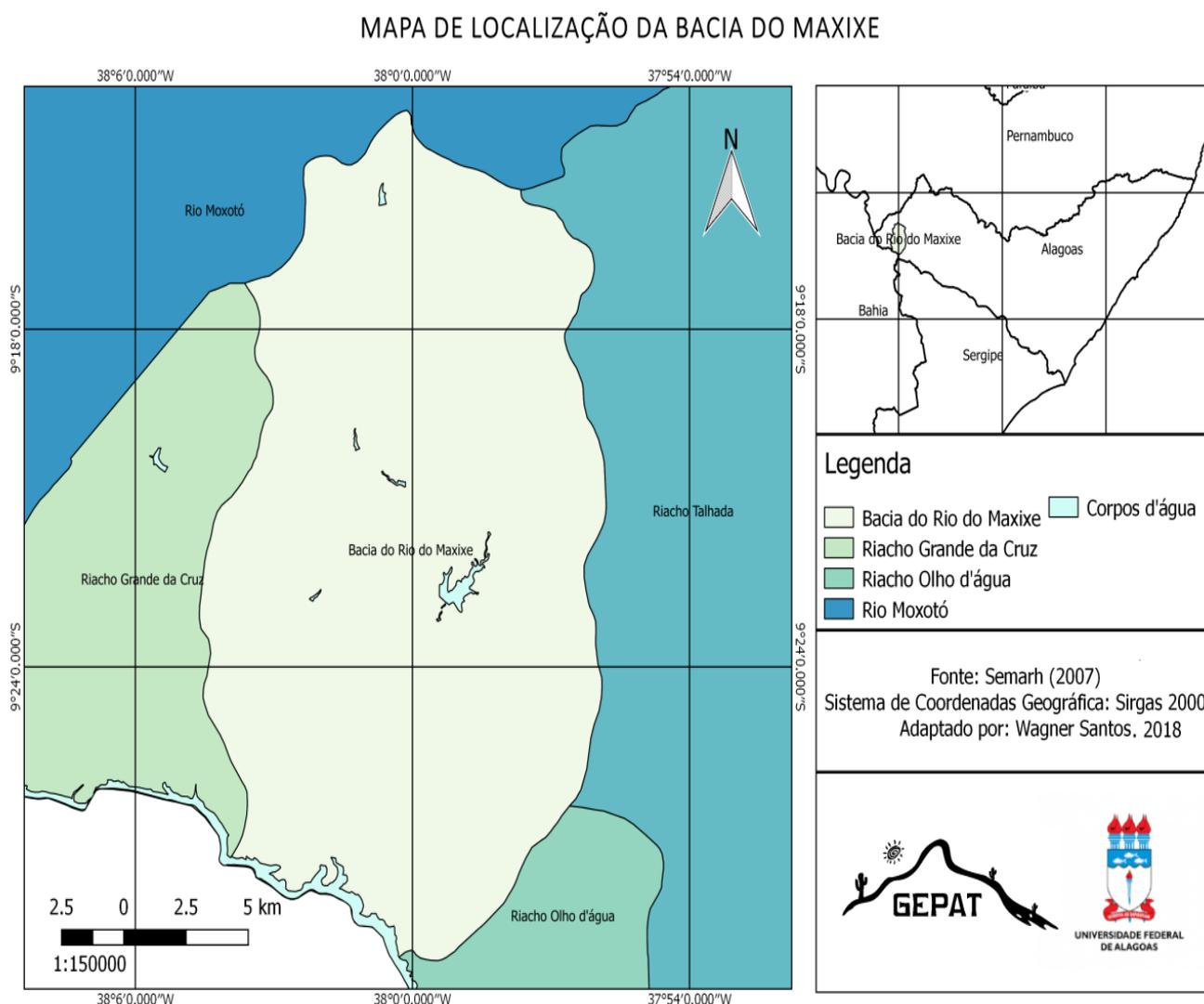
Os sistemas ambientais são identificados e hierarquizados conforme a inter-relação dos seus componentes geoambientais, suas dimensões e características de origem e evolução. Considerando a diversidade interna dos sistemas, são delimitadas as unidades elementares contidas em um mesmo sistema de relações que configura, especialmente, os subsistemas. Sob esse aspecto, a concepção de paisagem assume significado para a delimitação das subunidades, em decorrência da exposição de padrões fisionômicos uniformes ou de relativa homogeneidade (SANTOS; SOUZA, 2014, p. 222 e 223).

Diante disto a bacia se apresenta perfeitamente como proposta metodológica de um sistema ambiental (bacia hidrográfica) complexo.

3. ÁREA DE ESTUDO

A microbacia hidrográfica do Maxixe está contida na região Hidrográfica do Talhada, na região do semiárido nordestino e sua delimitação abrangem em sua quase totalidade o município de Delmiro Gouveia-AL, a cidade de Pariconha-AL, e a Borba do maciço estrutural de Água Branca-AL, que configura em sua cabeceira de drenagem. Ao lado da microbacia do Maxixe a outras três bacias que fazem limite com ela no estado de Alagoas são elas: a microbacia do Riacho Grande da Cruz, Riacho Olho D'água e do Rio Moxoto. A extensão da bacia de acordo com Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídrico (2007) é de aproximadamente 329.1km².

Figura 3: Mapa de Localização da Bacia do Maxixe – AL.



Fonte: Adaptado pelo Autor, 2018.

Na figura 4 verifica-se a depressão sertaneja, unidade em que está inserida grande parte da microbacia do maxixe. A imagem 4 foi tirada do mirante do carvalho no município de Água Branca - AL

Figura 4: Visão da depressão sertaneja.



Fonte: Regilma Santos, 2019.

3.1 Pluviometria

A pluviometria na bacia do maxixe corresponde às características do clima semiárido. De acordo com Cavalcante e Cunha (2012):

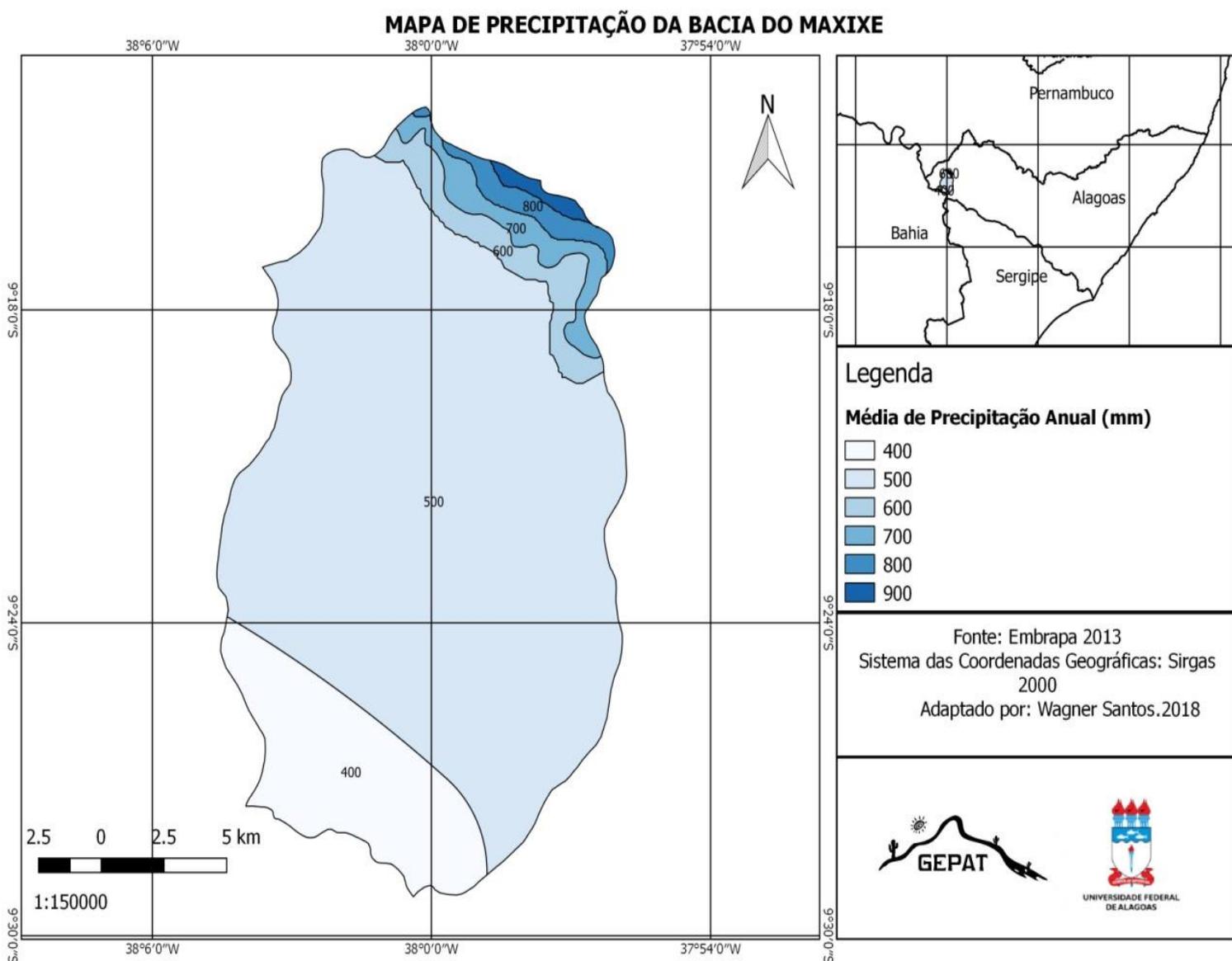
O semiárido Brasileiro envolve uma área de 969.589,4 km², cerca de 60% do Nordeste e 11,34% do território Brasileiro. Segundo Ab'Saber (2003) esta é a região seca mais homogênea do ponto de vista fisiográfico, ecológico e social entre todas as outras igualmente secas do continente *SulAmericano*. Caracteriza-se de modo fundamental pelo grande vazio das precipitações que dura de seis a sete meses por ano, ficando entre 268 e 800 mm, contraste bastante visível quando comparado com a região amazônica que atinge precipitações anuais cerca de 8,5 a 14 vezes os totais pluviométricos dos sertões menos chuvosos. Entretanto, a média das precipitações anuais serve apenas para referência, pois o ritmo entre os anos é altamente irregular, podendo ter anos de chuvas intensas, caracterizando os anos de cheias, e os anos de seca extrema, quando praticamente não chove (P. 41).

A bacia possui taxas de precipitação anual mais elevada na região onde a altimetria esta mais elevada. Nela as taxas mais elevadas estão associadas às chuvas de origem orográficas que ocorrem por ação física do relevo, que atua como uma barreira à advecção

livre do ar, desse modo as vertentes a barlavento são comumente mais chuvosas do que aquelas a sotavento (MENDONÇA; FRANCISCO 2007).

O mapa de precipitação a seguir (figura 5) possui em seu território seis áreas de taxas pluviométricas (mm) distintas que vão de 400 mm a 900 mm, esse mapa foi adaptado com base nos dados da Embrapa (2013), porém os dados e taxas pluviométricas atuais continuam seguindo o mesmo padrão.

Figura 5: Mapa de Precipitação da Bacia do Maxixe - AL.

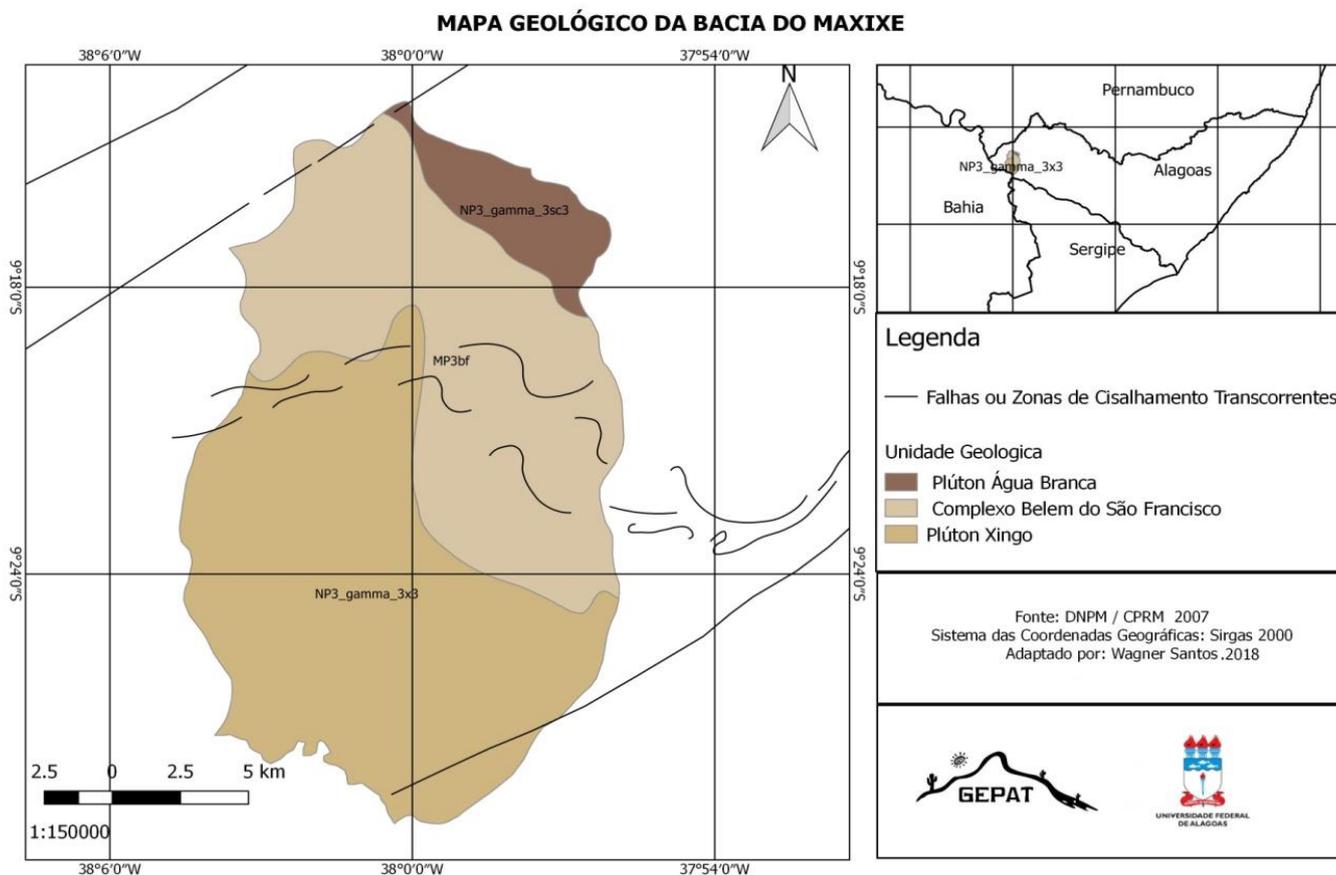


Fonte: Adaptado pelo Autor, 2018.

3.2 Geologia

A área de estudo estão abarcadas por três feições Geológicas, o Plúton Água Branca, o Complexo Belém do São Francisco e o Plúton Xingo. A figura 6 mostra o mapa Geológico, bem como a delimitação das unidades e as falhas e zonas de cisalhamento. E suas características como: O plúton Água Branca é oriundo do NeoProterozóico, em sua formação a Suíte Shoshonítica Salgueiro/Terra Nova, engloba biotita hornblenda quartzo monzodioritos a granitos. (CPRM , 2005). Complexo Belém do São Francisco que é oriundo do Mesoproterozóico, em sua formação o Complexo Belém do São Francisco, está ali constituído por leuco-ortognaisses tonalítico-granodioríticos migmatizados e enclaves de supracrustais (CPRM , 2005). O Plúton Xingo, do NeoProterozóico, a Suíte Intrusiva Peraluminosa Xingó, é formada por leucogranitos e granodioritos (feições migmatíticas locais) (CPRM , 2005).

Figura 6: Mapa Geológico da Bacia do Maxixe - AL.

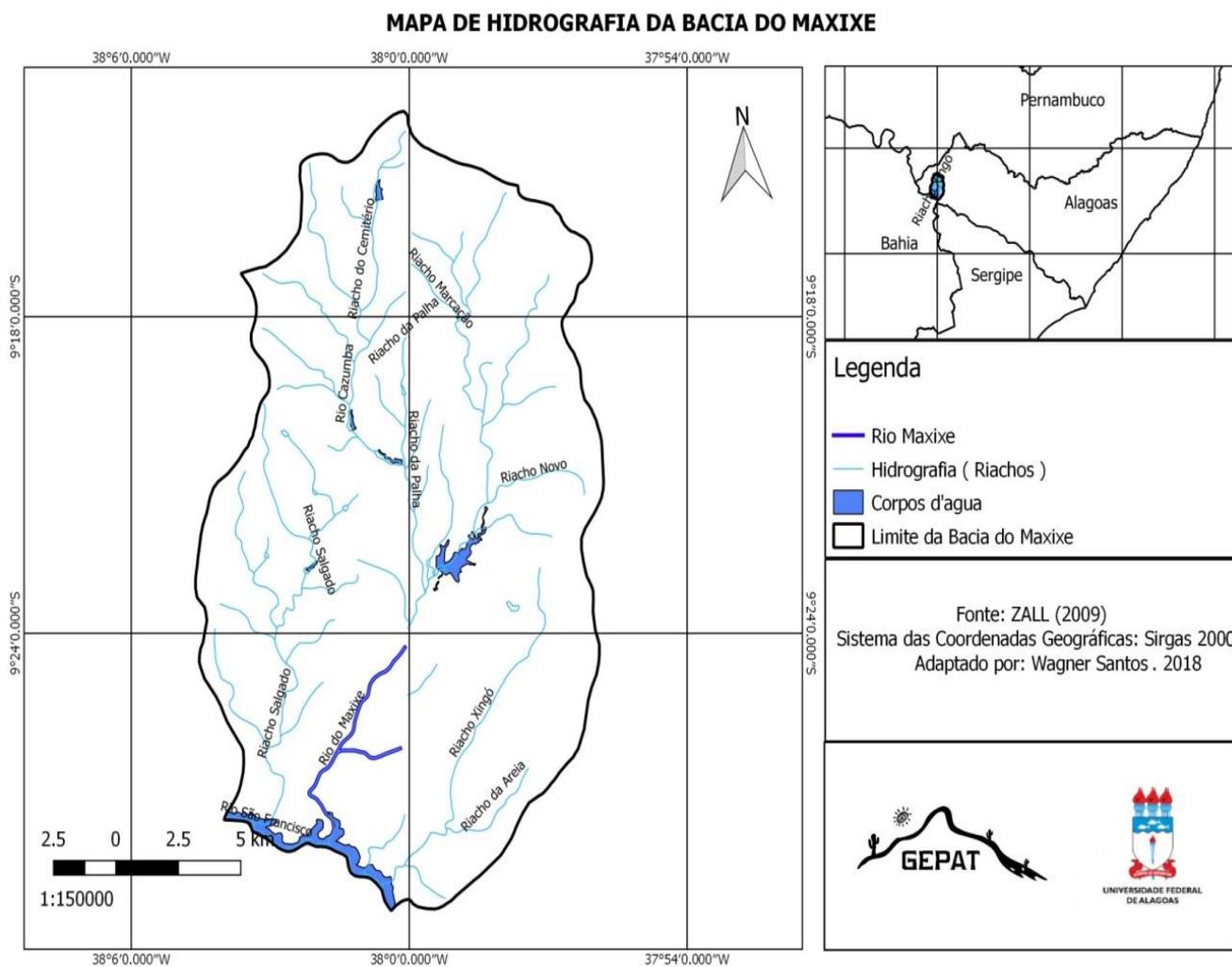


Fonte: Adaptado pelo Autor, 2018.

3.3 Hidrografia

O padrão de drenagem proposto por Christofolletti (1980) (Figura 7) é classificado de acordo com o escoamento global. Na microbacia do maxixe o padrão que mais se assemelha e reflete o esquema proposto por Christofolletti, é o padrão dentrítico, e estar inserido numa litologia onde favorece o escoamento superficial.

Figura 7: Mapa de Hidrografia da Bacia do Maxixe - AL.



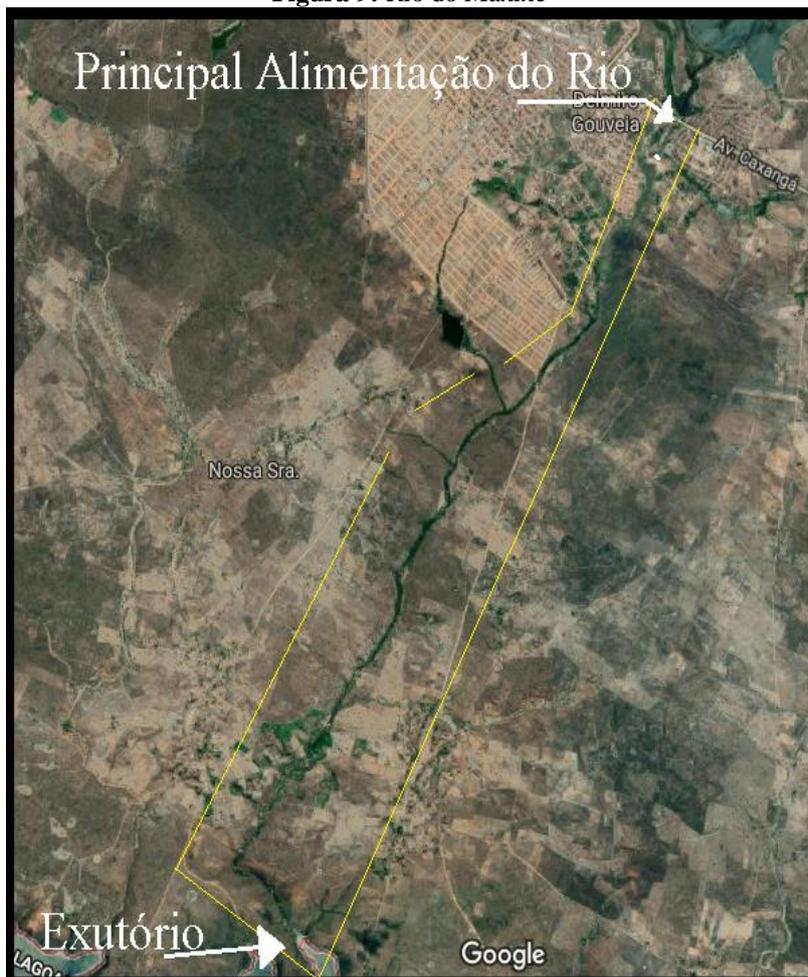
Fonte: Adaptado pelo Autor, 2018.

Figura 8: Riacho Veneza, foto tirada sobre a ponte do bairro Bom Sossego (Delmiro Gouveia – AL).

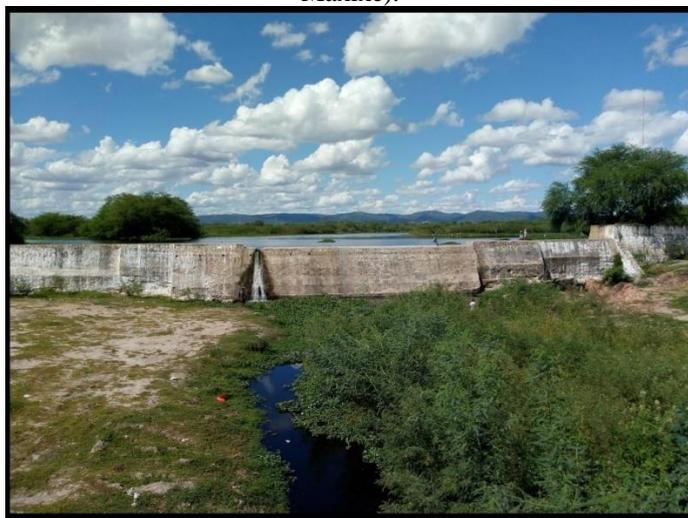


Fonte: Wagner Santos, 2019.

A figura 9 foi adaptada do *Google Maps*, ela mostra o Rio do Maxixe (rio principal que dá o nome a microbacia), na imagem é possível ver seu “início” onde fica sua principal fonte de abastecimento (paredão da ponte do bairro pedra velha, que represa e funciona como um pequeno barramento de uma pequena barragem), além dessa fonte de alimentação o rio também recebe toda drenagem de esgoto dos bairros próximos que é despejada em seu percurso. No final da imagem temos o exutório do rio, local onde deságua toda a drenagem e sedimentos do rio do maxixe, no rio principal (Rio São Francisco).

Figura 9: Rio do Maxixe

Fonte : Google Maps, (13.01.2019 às 23h58min), Adaptado pelo Autor, (2018).

Figura 10: Visão do “paredão” da ponte no bairro Pedra Velha (Principal fonte de alimentação do Rio do Maxixe).

Fonte: Wagner Santos, 2019.

3.4 Solo

De acordo com os dados da (LEPCH, 2010; EMBRAPA, 2006; SBCS, 2006). Os solos que compreendem a Microbacia do Maxixe são: Planossolo Háplico, Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico, Cambissolos Háplico, Assim mostra a figura 11.

Cambissolos Háplicos: São solos em início de formação, constituídos por material mineral, com horizonte B, incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Em relação a sua profundidade apresentam variação, podendo ocorrer desde solos rasos a profundos, além de apresentar grande variabilidade nas demais características.

Neossolo Litólico: São solos rasos, com textura arenosa e média, predominante em posições variadas na paisagem, desde relevos planos a mais movimentados, por vezes acompanhados de pedregosidades. Apresentam limitações ao uso agrícola devido à pouca profundidade das rochas.

Neossolo Regolítico: É pouco profundos a profundos com fertilidade natural média a baixa com pequena reserva de nutrientes, com boa permeabilidade. Podem apresentar um horizonte endurecido chamado fragipã que, dependendo da profundidade, pode constituir-se numa limitação para o uso do agrícola. Apresentam também limitações de suscetibilidade à erosão.

Planossolo Háplico: Variam entre solos rasos a pouco profundos, apresentam mudança textural abrupta, com baixa permeabilidade e muitas vezes com presença de sódio. A maior parte dos planossolos possui limitações físicas para o uso agrícola.

De acordo com as informações dos arquivos Shapefile do (IMA, 2015), entre esses, os que mais ocorrem na área são o planossolo háplico e neossolo regolítico, com 47,58% e 30,94% da área total, respectivamente, aqueles que possuem o menor índice de ocorrência são o Neossololítico e cambissoloháplico, com 14,23 e 5,33. Conforme a tabela 01.

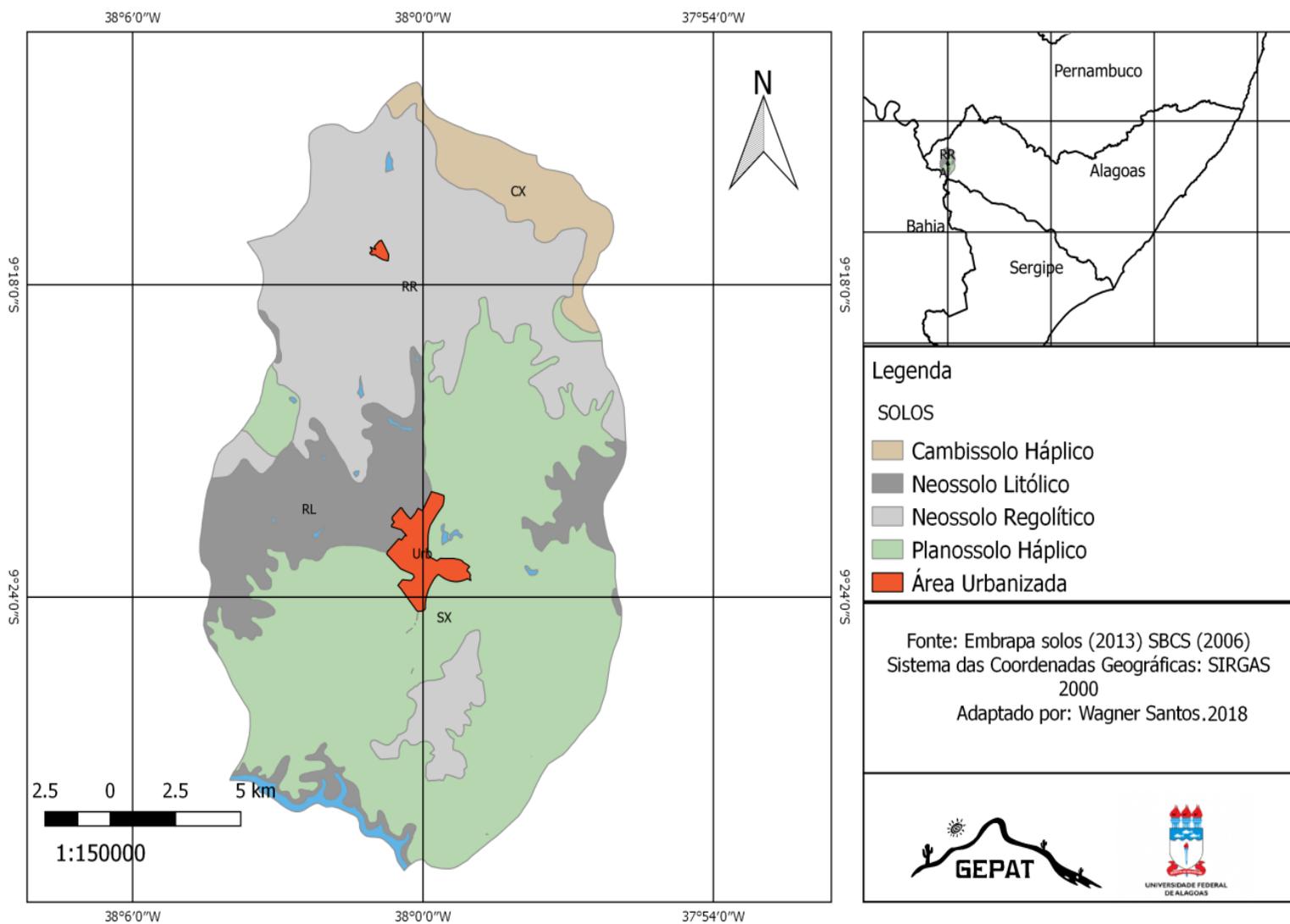
Tabela 01: Tipo de solo.

Tipo de solo	Area por KMf	Porcentagem (%)
Cambissolo Háplico	17.62	5.33
Neossolo Litólico	47.08	14,23
Neossolo Regolítico	102.42	30,94
Planossolo Háplico	157.48	47,58
Area urbanizada	5.56	1,68
Não identificado	3.57	1,08
Total	330.96	100%

Fonte: Embrapa Solos, (2013). Elaborada por Clenisvaldo Ventura, (2018).

Figura 11: Mapa de Solos da Bacia do Maxixe - AL.

MAPA DE SOLOS DA BACIA DO MAXIXE



Fonte: Adaptado pelo Autor, 2018.

3.5 Coberturas vegetais e uso do solo

O mapa de uso e ocupação do solo da bacia do maxixe, foi adaptada a partir dos dados *shapefile* disponíveis no portal da IMA-AL. O mapa trás formas de uso e ocupação mais evidentes alem de mostrar os tipos de vegetação.

Na bacia hidrográfica do Maxixe a vegetação esta relacionada com os condicionantes climáticos e topográficos, principalmente a vegetação da cabeceira de drenagem começa devido sua altitude e remanescentes que resistiram ao tempo a vegetação possui um porte mais elevado. Ela esta inserida no domínio morfoclimático das caatingas e sua vegetação também seguem a mesma nomenclatura (caatinga) A bacia do maxixe apresenta partes em seu território com presença de caatinga hiperxerfila, hipoxerofila, (ocorre em sua maioria uma junção dos dois tipos citados anteriormente) e a floresta subcaducifolia e caducifolia.

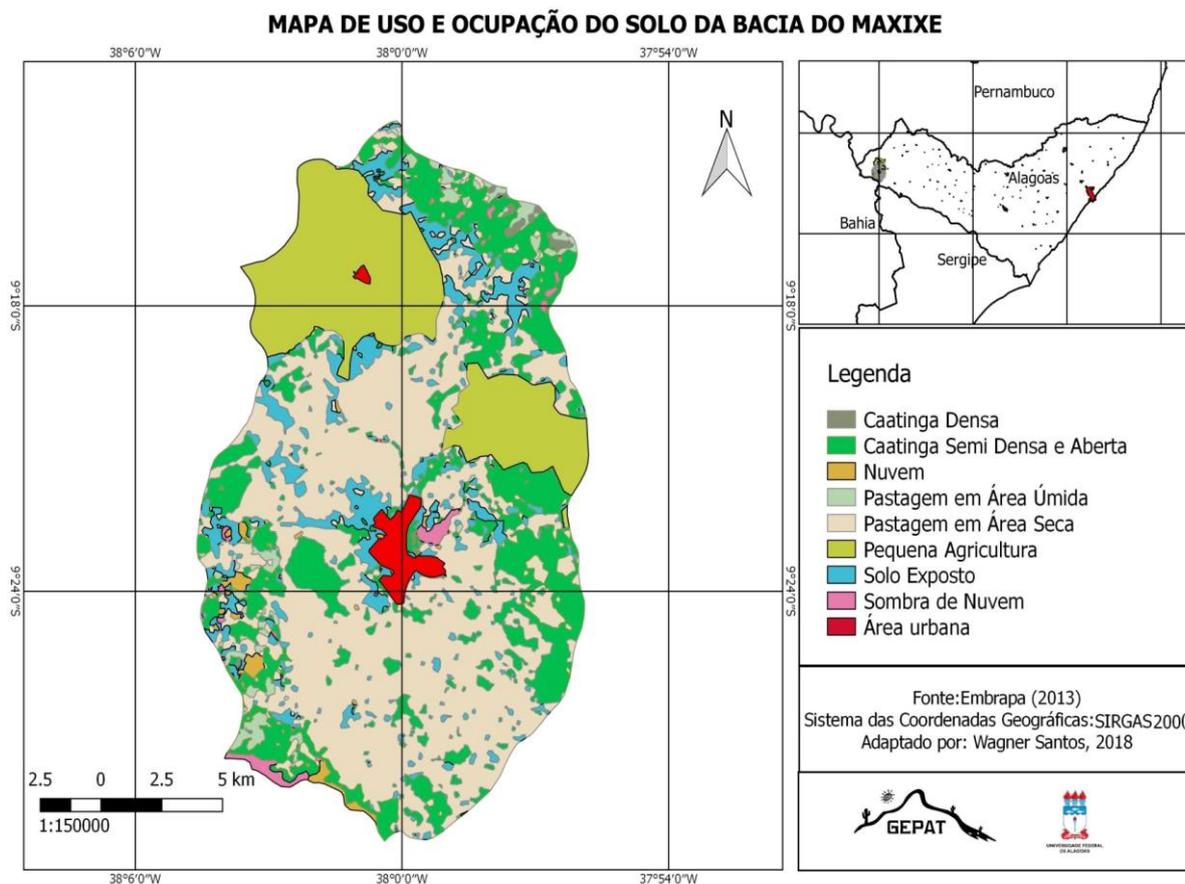
Caatinga Hiperxerofila compreende as áreas que apresentam um grau de xeromorfismo mas acentuado. (SILVA, 2008).

Caatinga Hipoxerofila compreende as áreas ocupadas por essa vegetação apresentam condições climáticas menos secas e xerofitismo menos acentuado que a caatinga Hiperxerofia. (SILVA, 2008).

Floresta subcaducifolia e caducifolia são caracterizados pelas matas mais fechadas e de nça, elas geralmente estão ligadas com as áreas de exceção.

O mapa de uso e ocupação do solo da microbacia do maxixe foi classificado pela Embrapa (2013), e esta disponível no site do IMA-AL, em sua classificação foram nomeadas nove classes de uso e ocupação, porém a pequenas manchas de “nuvem” que não conseguiram ocupação também estão visíveis que já foram classificadas antes, ou seja este mapa segue os dados que já estão disponíveis.

Figura 12: Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Maxixe - AL.



Na bacia é possível encontrar nas áreas adjacentes ao centro urbano, algumas pequenas propriedades que possuem plantações de capim e derivados para alimentação dos próprios animais ou venda do mesmo.

Figura 13: Plantação de Capim (Bairro:Chácara São Vicente, Delmiro Gouveia –AL).



Fonte: Wagner Santos, 2018.

Na Figura 14 é possível ver o uso do solo como pasto para animais de pequeno porte, que se adaptam bem em ambiente semiárido, como bode e cabras. Nas áreas rurais adjacentes ao município de Delmiro Gouveia-AL, é comum encontrar esse tipo de criação animal.

Figura 14: Pecuária (Bairro:Chácara São Vicente, Delmiro Gouveia –AL).



Fonte: Wagner Santos, 2018.

4. METODOLOGIA

4.1 Levantamentos de dados

Inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica, buscando assuntos que estejam relacionados à erosão, a morfodinâmica da paisagem, SIGs e sistemas ambientais.

Para a elaboração/adaptação dos mapas foram usados os dados *shapefile* que estão obtidos no portal do IMA-AL, esse portal é responsável por compilar os dados de Alagoas auxiliando na disseminação do conhecimento geoambiental. Os dados TOPODATA (2011), (formato *geotiff*) foram obtidos por meio digital do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Todos os dados foram tratados no software livre Qgis.

4.2 Trabalhos de campo

O campo foi feito em dois pontos distintos para comparar os processos erosivos que estariam de acordo com o mapa em locais com vulnerabilidade moderada vulnerável e outra com vulnerabilidade moderadamente estável.

Antes de ir a campo foi feita uma análise previa no *Google Maps* e no *Google Pro*, para tentar ver nas imagens de satélite feições erosivas (sulcos, ravinas, voçorocas ou áreas desmatadas que aparentassem ter uma erosão laminar no mínimo mais didática que as eventuais da paisagem). Nessa parte do trabalho a observação foi apenas com o auxílio digital, de modo a traçar um local que melhor comparasse a vulnerabilidade de dois pontos.

Diante deste trabalho de observação, uma feição erosiva aparentemente visível na escala mais aproximada do *Google Maps*, despertou curiosidade pela sua singularidade entre outros locais, ela parecia ter estrias no solo, que poderiam ser ravinas ou voçorocas. E assim esse primeiro olhar mostrou esse local como um ponto para um campo. Do mesmo modo que aconteceu com o segundo, porém suas feições erosivas são menores.

4.3 – Elaboração/produção dos dados

Optou-se pela elaboração/adaptação dos mapas das áreas de estudos, visando um melhor reconhecimento da área e entendimento dos aspectos geográficos que irão ser trabalhados (geologia, solo, vegetação, pluviometria, declividade, uso do solo, hidrológico

e hipsométrico). Os mapas foram adaptados pra escala de 1: 150 000 no propósito de tentar detalhar ao máximo a área de estudo sem perder dados e entender os processos erosivos da bacia.

Com os dados obtidos e os primeiros mapas já delimitados foi feita a adaptação do mapa de vulnerabilidade a erosão, a partir da metodologia e pesos proposto por Crepani (1996; 2001). Aqui foram atribuídos os seguintes valores para cada uma das classes temáticas proposta por Crepani (Geologia + pedologia + pluviometria (clima) + vegetação + declividade) que juntos resultam no mapa de Vulnerabilidade a erosão

Para Crepani *et al* (1996; 2001) tais pesos variam de 1,0 a 3,0, em função das condições predominantes de pedogênese e morfogênese, sendo 1 para situações de predomínio de pedogênese, que é considerada situação estável; 2 para situações intermediárias, e 3 para situações de predomínio da morfogênese, que neste caso é considerada situação instável.

Figura 15: Avaliação Da Estabilidade Das Categorias Morfodinâmicas.

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

Fonte: Fonte: CREPANI *et al*, 2001.

Para o estabelecimento dos pesos de vulnerabilidade às categorias temáticas geoambientais recorreu-se ao conceito de análise ecodinâmica de Tricart (1977), adaptado por Crepani *et al*. (1996), pelo qual puderam ser definidas as condições de estabilidade de cada classe, conforme consta na tabela de referencia produzida pelo autor Figura 16.

Figura 16: Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas.

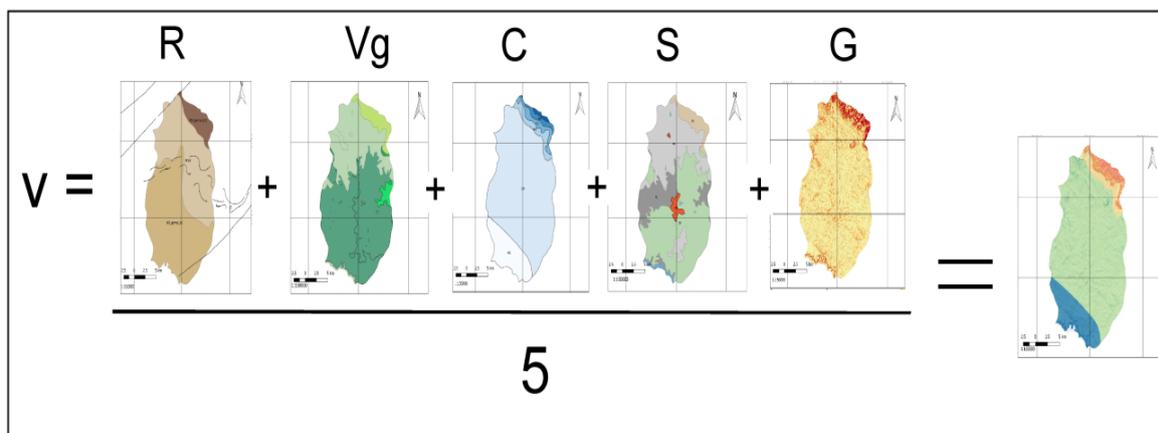
UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA			GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO				
					VERM.	VERDE	AZUL	CORES	
U1	↑	3,0		VULNERÁVEL	255	0	0		
U2		2,9			255	51	0		
U3		2,8			255	102	0		
U4	V	2,7			255	153	0		
U5	U	2,6		MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0		
U6	L	2,5	E		255	255	0		
U7	N	2,4	S		204	255	0		
U8	E	2,3	T		153	255	0		
U9	R	2,2	A	MEDIANAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	102	255	0		
U10	A	2,1	B		51	255	0		
U11	B	2,0	I		0	255	0		
U12	I	1,9	L		0	255	51		
U13	L	1,8	I		0	255	102		
U14	I	1,7	D		0	255	153		
U15	D	1,6	A	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	204		
U16	A	1,5	D		0	255	255		
U17	D	1,4	E		0	204	255		
U18	E	1,3			0	153	255		
U19		1,2		ESTÁVEL	0	102	255		
U20		1,1			0	51	255		
U21		1,0	↓		0	0	255		

Fonte: CREPANI *et al*, 2001.

Todos os dados foram gerados usando o software Quantum Gis (QGis) versão 2.18.20, no qual foram tratados todos os arquivos *raster* e *shapefile*. Depois osos arquivos *shapefile* foram convertidos para *raster* e foram reclassificados com pesos de acordo com a tabela de vulnerabilidade, ou seja, cada elemento recebeu o valor proposto por Crepani.

Com todos os arquivos reclassificados e prontos, a próxima etapa será a “álgebra de mapas” que também será feita em ambiente SIG, no qual a ferramenta ira juntar e fazer uma media aritmética dos 5 mapas, resultado no mapa final e no resultado dessa pesquisa. No esquema a seguir a álgebra de mapas é dada por letras maiúsculas onde: V = Vulnerabilidade G = vulnerabilidade para o tema Geologia R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia S = vulnerabilidade para o tema Solos Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação C = vulnerabilidade para o tema Clima (CREPANI *et al*, 1996; 2001) somando esses cinco elementos e dividindo por cinco, o resultado é o mapa de vulnerabilidade a erosão.

Figura 17: Álgebra de mapas.



Fonte: Adaptado pelo Autor

Visando construir o mapa, foram atribuídos os seguintes pesos para a área de estudo:

a) GEOLOGIA

Para analisar e definir a tabela de peso/vulnerabilidade da Geologia foram vistos vários aspectos como o tipo de minerais que compreende a geologia local, o tipo de formação litológica oriunda desse material e os processos físicos químicos agindo no local. Assim mostrando uma unidade de paisagem natural compreendendo 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 compõe (CREPANI, 2001).

Tabela 2: Tabela de peso para vulnerabilidade da Geologia da Microbacia do Maxixe.

Unidade Geológica	Peso / Vulnerabilidade
Plúton Água Branca (NP3γ3sh)	1,4
Complexo Belém do São Francisco (MP3bf)	1,3
O Plúton Xingo (NP3γ2x)	1,1

Fonte: Adaptado pelo autor, 2018 a partir dos dados de Crepani *et al* (1996; 2001).

b) PLUVIOMETRIA

A causa fundamental da denudação é a ação da chuva agindo inicialmente sobre as rochas provocando o intemperismo, e mais tarde sobre o solo removendo-o pela erosão hídrica. O impacto direto das gotas e o escoamento superficial do excesso de água da chuva são os agentes ativos da erosão hídrica, o solo é o agente passivo. (CREPANI,1996;2001).

Tabela 3: Tabela de peso para vulnerabilidade da Pluviometria da Microbacia do Maxixe.

Pluviometria (mm) (Clima)	Peso / Vulnerabilidade
400 mm	1,0
500 mm	1,0
600 mm	1,0
700 mm	1,1
800 mm	1,2

Fonte: Adaptado pelo autor, 2018 a partir dos dados de Crepani (1996; 2001).

c) DECLIVIDADE

Para estabelecer os valores da escala de vulnerabilidade para as unidades de paisagem natural com relação à geomorfologia, são analisados os seguintes índices morfométricos do terreno: dissecação do relevo pela drenagem, amplitude altimétrica e declividade (CREPANI, 2001).

De acordo com Crepani, (2001):

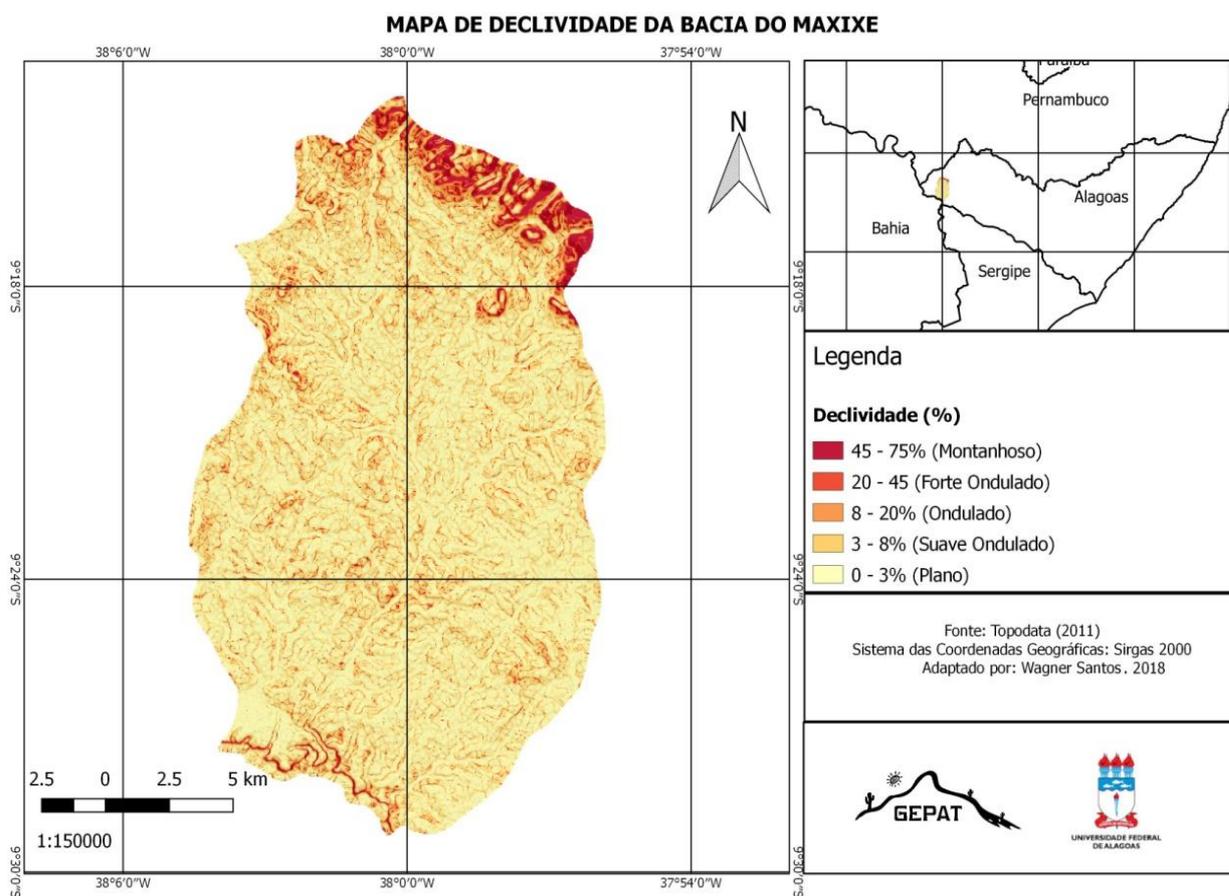
O termo declividade refere-se à inclinação do relevo em relação ao horizonte. A declividade guarda relação direta com a velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética e, portanto, com a velocidade das massas de água em movimento responsáveis pelo “runoff”. Quanto maior a declividade mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais transforma-se em energia cinética e maior é, também, a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte, responsáveis pela erosão que esculpe as formas de relevo e, portanto, prevalece a morfogênese (CREPANI, 2001, p.75).

O grau de declive do terreno exerce influência direta sobre a quantidade de perda de solo por erosão, pois, quanto maior seu gradiente, maior a intensidade de escoamento das águas sob o efeito da gravidade, sendo, menor o seu tempo disponível para a infiltração no solo (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

O relevo desempenha papel importante na circulação da água pluvial, de modo que nos topos e nos relevos mais aplanados e de cimeira predominam processos de infiltração, enquanto que nos terrenos mais inclinados, ocorre o escoamento superficial e/ ou subsuperficial das águas (WEIL; NETO, 2007, p. 42).

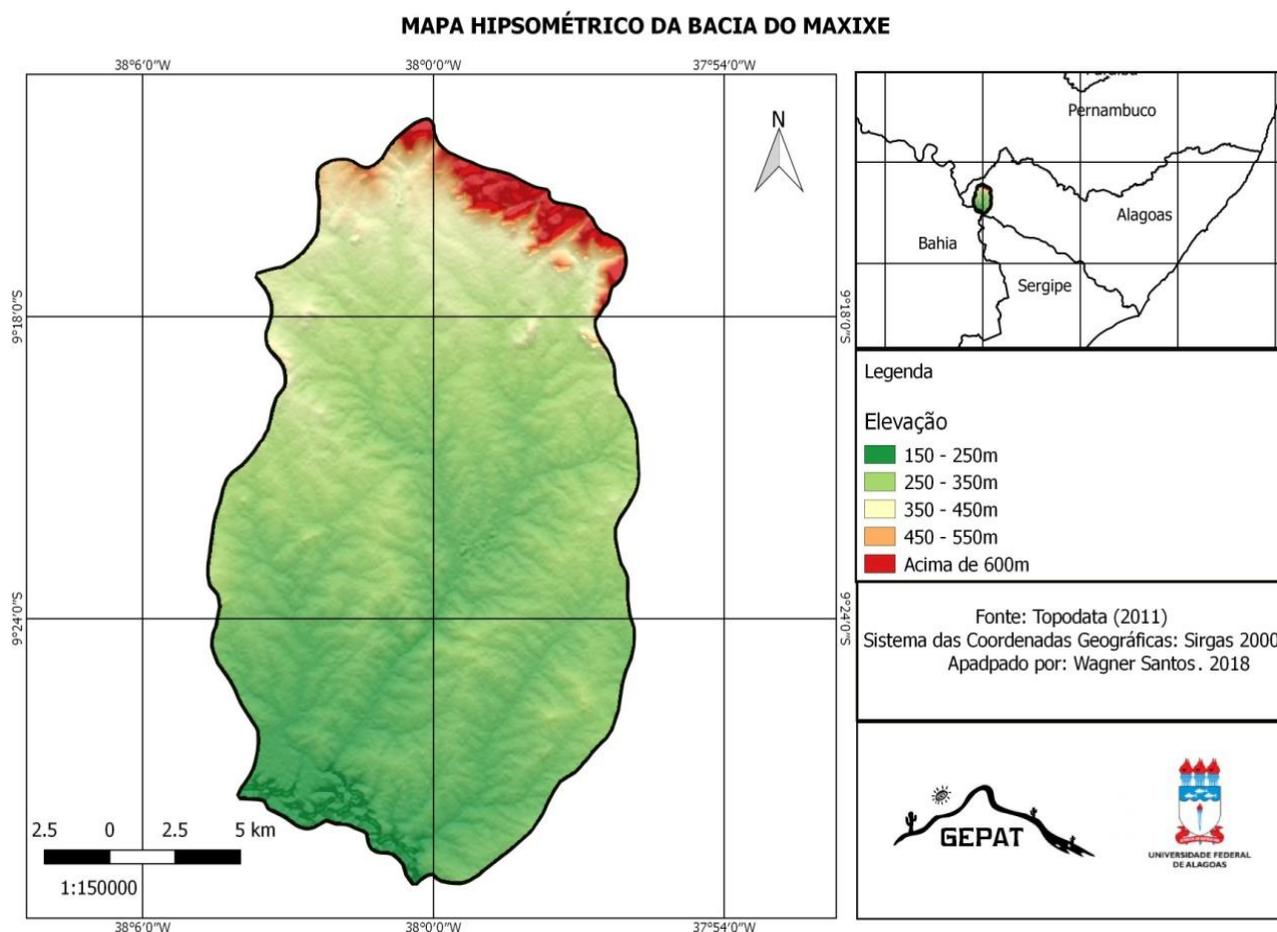
De acordo com Guerra e Cunha (1996) *apud* (SAMPAIO, 2018), é necessário considerar a dinâmica das vertentes em função dos fatores climáticos, topográficos, geológicos e de uso da terra na avaliação do potencial físico de uma bacia hidrográfica.

Figura 18: Mapa de Declividade da Bacia do Maxixe.



Fonte: Adaptado pelo Autor, 2018.

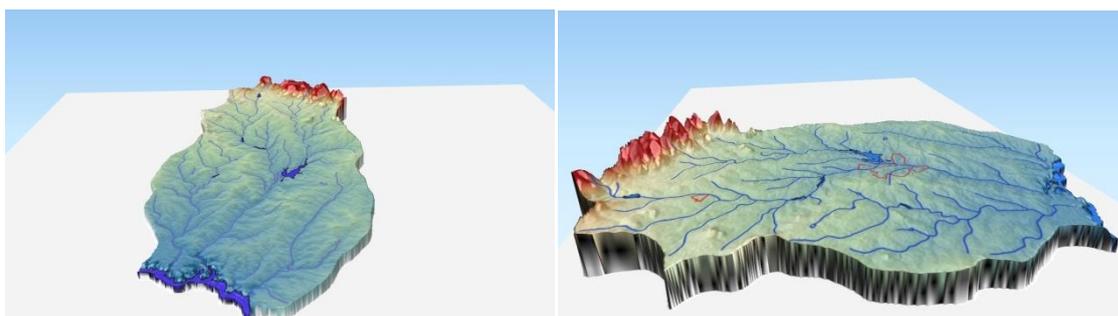
Figura 19: Mapa Hipsométrico da Bacia do Maxixe - AL.



Fonte: Adaptado pelo Autor, 2018.

O modelo 3D da Bacia hidrográfica o maxixe foi elaborada a partir dos dados MDE. A visualização dos modelos 3D de terreno ressalta a visualização da camada superficial do objeto de estudo, aprimorando uma abordagem mais aprofundada do objetivo da pesquisa.

Figura 20: Modelo 3D da bacia do maxixe - AL



Fonte: Adaptado pelo autor no plugin *Qgis2threejs* em ambiente Qgis 2.18.0

A figura 20 é a visão da “borda sul” do maciço de Água Branca-AL, que também se configura como a cabeceira de drenagem da bacia.

Figura 20: Visão da cabeceira de drenagem da bacia do maxixe (maciço de Água branca), lado sul do brejo.



Fonte 21: Wagner Santos, 2018.

Tabela 4: Tabela de peso para vulnerabilidade da Geomorfologia da Microbacia do Maxixe - AL.

Declividade (%) (Geomorfologia)	Peso / Vulnerabilidade
45% - 75 % (Montanhoso)	3,0
20% - 45% (Forte Ondulado)	2,5
8% - 20% (Ondulado)	2,0
3% - 8% (Suave Ondulado)	1,5
0% - 3% (Plano)	1,0

Fonte: Adaptado pelo autor, 2018 a partir dos dados de Crepani (1996; 2001).

d) SOLO

Nesta tabela é considerado o peso/vulnerabilidade de paisagem natural, onde as mesmas podem estar classificadas em três níveis: as **consideradas estáveis** o valor atribuído aos solos na escala de vulnerabilidade é 1, nas unidades de paisagem natural **consideradas intermediárias** o valor atribuído aos solos na escala de vulnerabilidade é 2, já nas as unidades de paisagem natural **consideradas vulneráveis** ocorrem solos aos quais é atribuído o valor 3, e estes solos são jovens e pouco desenvolvidos, isto é, sua característica principal é a pequena evolução dos perfis de solo.(CREPANI, 2001)

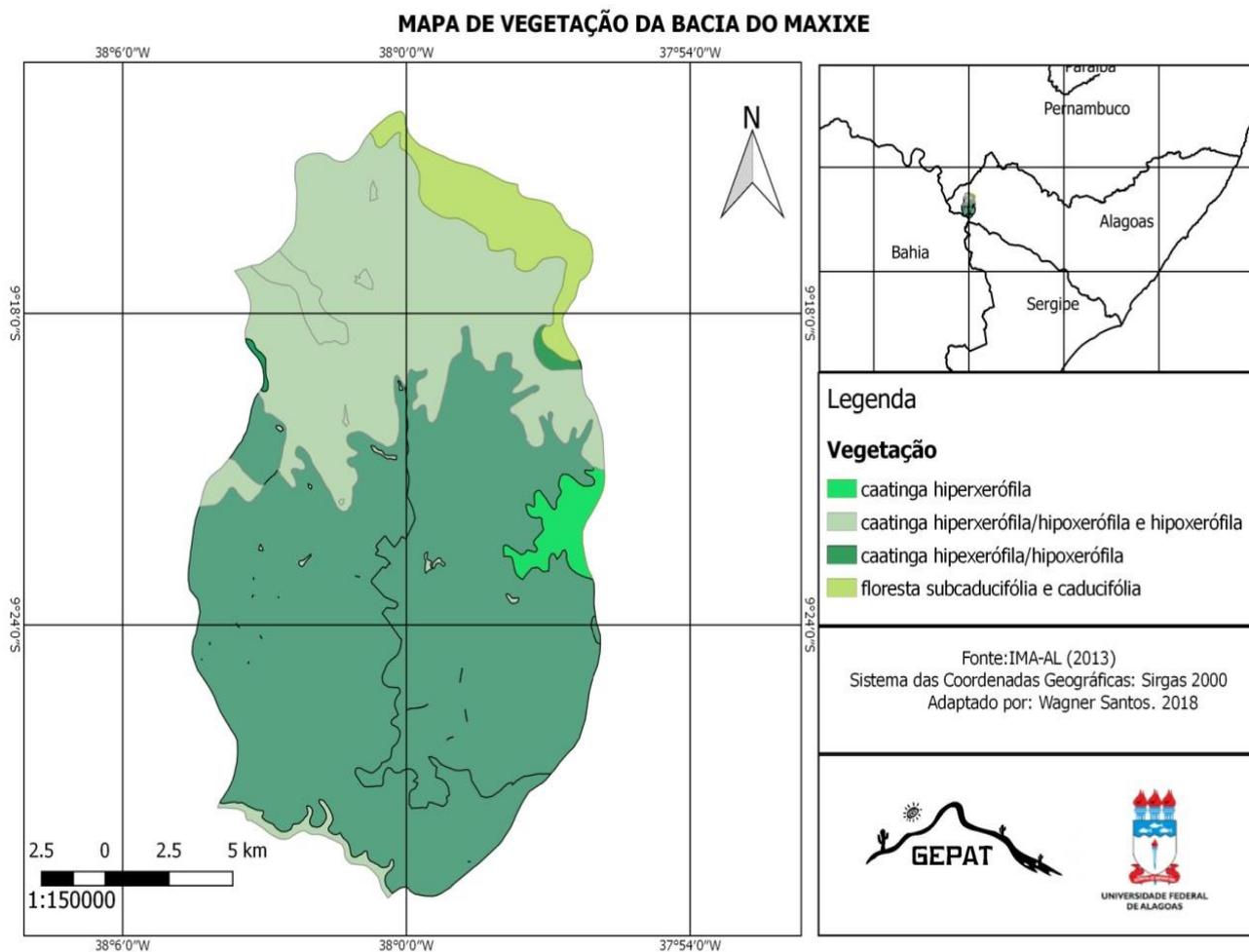
Tabela 5: Tabela de peso para vulnerabilidade do Solo da Microbacia do Maxixe - AL.

Pedologia	Peso / Vulnerabilidade
Cambissolos Háplicos	2,5
Neossolo Litólico	3,0
Neossolo Regolítico	3,0
Planossolo Háplico	2,0

Fonte: Adaptado pelo autor, 2018 a partir dos dados de Crepani (1996; 2001).

e) VEGETAÇÃO

A densidade de cobertura vegetal da unidade de paisagem é um fator de proteção da unidade contra os processos morfogenéticos que se traduzem na forma de erosão (CREPANI, 2001).

Figura 22: Mapa de Vegetação da Bacia do Maxixe - AL.

Fonte: Adaptado pelo Autor, 2018.

Tabela 6: Tabela de peso para vulnerabilidade da Vegetação da Microbacia do Maxixe - AL.

Vegetação	Peso / Vulnerabilidade
Caatinga Hiperxerófila	2,0
Caatinga Hipoxerófila	1,6
Floresta subcaducifolia e caducifólia	1,5

Fonte: Adaptado pelo autor, 2018 a partir dos dados de Crepani (1996; 2001).

Após toda essa adaptação e definidos os valores de peso de vulnerabilidade para cada item, foi feito a “álgebra de mapa”, a junção de todos os mapas. Para obtenção do mapa de suscetibilidade erosiva, foi realizada a análise multicritério, que segundo (MOURA,2007) *apud* FILHO *et al* (2015), é o mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final.

Ou seja, de acordo com BENAVIDES SILVA & MACHADO (2014); BONNA (2011) *apud* FILHO *et al* (2015), foram definidos os pesos de cada aspecto considerado na análise e notas para seus respectivos atributos, considerando suas influências nos processo erosivas. Os pesos variaram de 0-1. Quanto mais próximo a “1” maior a influencia dele, ou seja, por valores no momento da somatória dos cinco elementos (geologia, declividade, precipitação, vegetação e pedologia) que mais será evidencie no mapa final.

Logo para elaboração do mapa final, visando os aspectos geográficos, sobretudo em ambiente semiárido, quem recebeu maiores valores na soma foi precipitação, visto que é o maior agente erosivo no semiárido junto com a declividade então ficou: Geologia e seu valor foi (0,15), Declividade seu valor foi (0,25), Precipitação seu valor foi (0,25), Vegetação seu valor foi (0,15), Pedologia seu valor foi (0,20).

5- RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resulta apresento o mapa de vulnerabilidade a Erosão da microbacia hidrografia do maxixe, que a partir dos dados coletados foi possível elaborar conforme a metodologia proposta por Crepani *et al* (2001). As áreas de tons vermelhos são as que mais têm uma vulnerabilidade mais alta, e as áreas de tons esverdeados a azul são as áreas quem tem uma menor vulnerabilidade. Depois de feita toda revisão bibliográfica e elaboração/adaptação dos mapas e finalizar o mapa da caracterização e atribuído os respectivos valores o resultado foi o mapa vulnerabilidade a erosão.

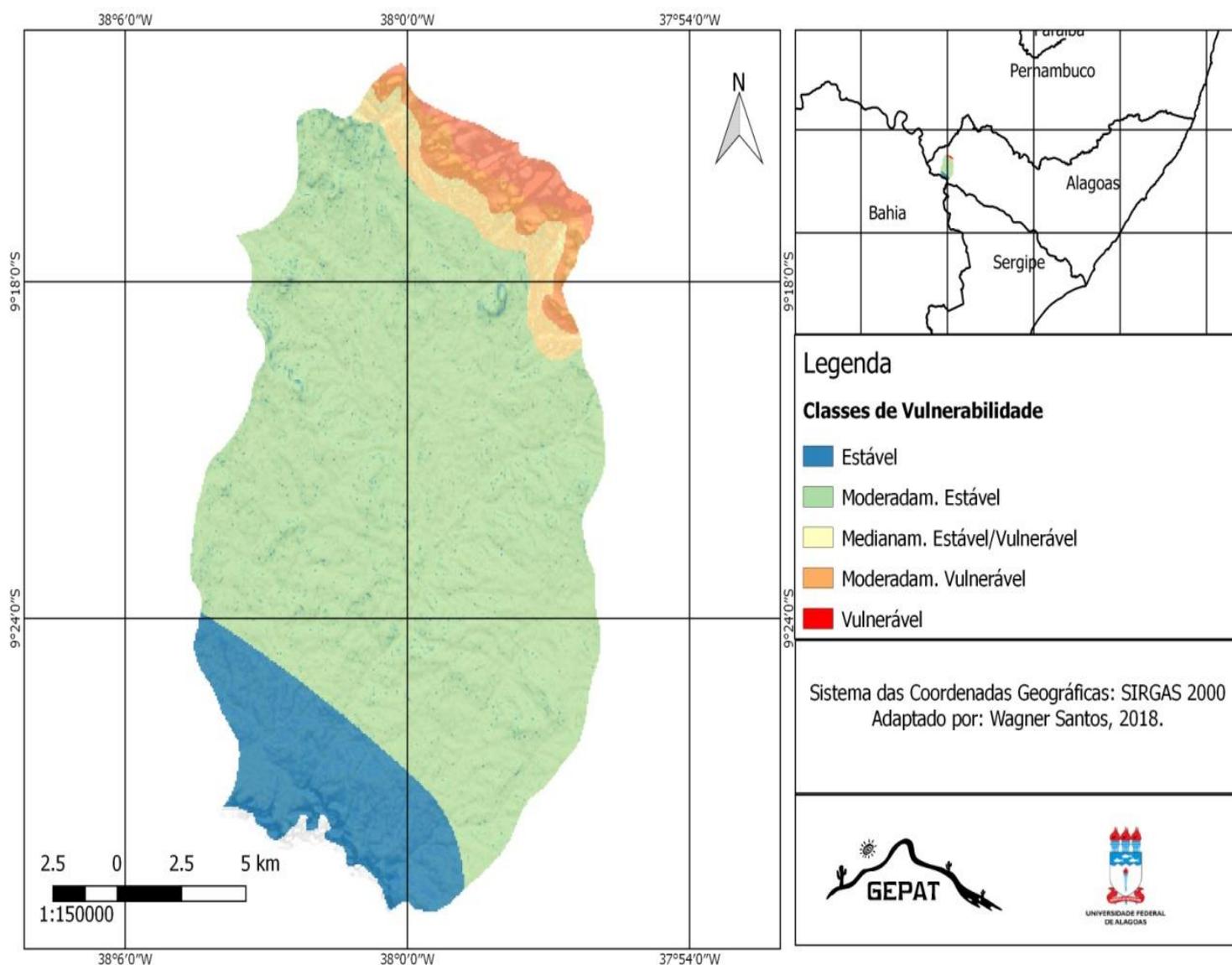
A área superior do mapa apresenta uma área de vulnerabilidade alta, e a parte inferior compreende uma área de vulnerabilidade menor, nessa área da bacia a vulnerabilidade é considerada como classe estável. O que denota isso é a taxa pluviométrica anual onde ela se encontra que são aproximadamente 400 mm. Enquanto grande parte da bacia a classe que predomina é a moderadamente estável que configurasse na transição da estável para medianamente estável/vulnerável, em análise essa classe na bacia possui a media pluviométrica de 500 mm anuais, por estar em uma região de declive suave ondulado, onde a erosão não se evidencia tanto, pois o escoamento superficial tem pouca energia, denotando a presença de uma leve erosão laminar, conduto apresenta sulcos erosivos que é necessário um olhar mais técnico para analisar as causas.

A diferenciação dessas classes está diretamente ligada com o fator climático do semiárido e a pequena taxa pluviométrica da região, onde na área superior do mapa concentra uma maior vulnerabilidade devido à média pluviométrica que é maior durante o ano, além dos fatores como altitude que influenciam as chuvas orográficas, tem a presença de uma declividade alta, aumentando assim a energia dos processos nesse ambiente.

O resultado é reflexo dos fatores edafoclimaticos da área de estudo, o mapa acaba servindo também para o planejamento ambiental, visando trazer possibilidades de um melhor ordenamento territorial. Essa metodologia ressalta a potencialidade e a fragilidade da microbacia em relação às processos erosivos. Desde modo a figura 23 a baixo é o fruto principal da pesquisa.

Figura 23: Mapa de Vulnerabilidade Natural à Erosão da Microbacia do Maxixe - AL. .

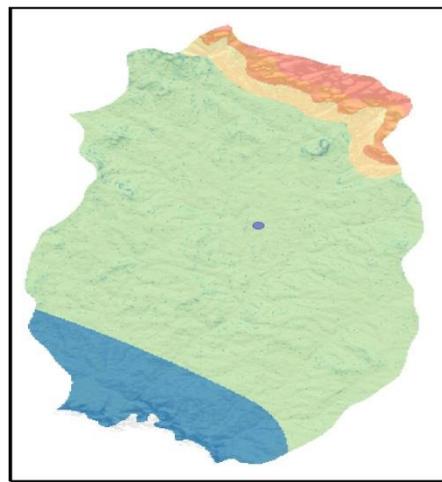
MAPA DE VULNERABILIDADE NATURAL À EROSIÃO DA BACIA DO MAXIXE



Fonte: Adaptado pelo Autor, 2018.

O ponto na imagem acima é a localização do campo onde estão os sulcos erosivos, suas coordenadas são -37,99 W; -9,35 S, esta em uma região de declividade suavemente ondulada, e possui uma pluviometria media anual em torno de 500 mm (Embrapa, 2013). E de acordo com o mapa de vulnerabilidade a erosão se encontra na região moderadamente Estável, ao lado do prédio da UFAL – Campus Sertão (Delmiro Gouveia – AL).

Figura 24: ponto do campo onde estão os sulcos.



Fonte: Adaptado pelo Autor, 2018.

De acordo com (NUNES; DIMUCCIO 2006).

A iniciação e evolução destes sulcos resultam sempre da conjugação de múltiplos fatores, naturais e antrópicos (Coube e Reeves, 1976; Rebelo, 1982; Rebelo et al. 1986; Wells e Andriamihaja, 1993), e onde a exploração pela água das chuvas desempenha um papel primordial. Entre as causas de tipo natural incluem-se as variações climáticas (Bryan, 1928; Cooke e Reeves, 1976), tempestades (Bull, 1964), reajustamento isostático, levantamentos tectônicos ou rebaixamentos do nível de base (Begin et al., 1981; Ouchi, 1985). Nos fatores antrópicos salientam-se a destruição da cobertura vegetal (Ireland et al., 1939; Tuckfield, 1964; Zorina et al., 1975; Singh & Agnihotri, 1987, Rebelo, 1982), a pastorícia (Cooke e Reeves, 1976), construção de canais de drenagem artificiais e diques (Ireland et al., 1939; Haigh, 1990; Lourenço, 1996) e a abertura de estradas e caminhos (Ireland et al., 1939; Wells e Andriamihaja, 1993; Lourenço, 1996). (NUNES; DIMUCCIO 2006, p. 192)

As imagens abaixo 24, 26 e 27 foram feitas a partir dos pontos pré-determinados após a visualização no *Google Maps*, tentou-se fotografar os processos em seus diferentes estágios (sulcos, ravinas, voçorocas) e comparando se seu grau de vulnerabilidade estar de acordo com o mapa.

As figuras acima Figura 25 e Figura 26 estão nas áreas adjacentes ao prédio do campos do sertão, bem como a figura 27, elas estão poucos metros uma da outra, nessas duas imagem é possível ver um sulco erosivo decorrente do escoamento superficial, que acabou/acaba servindo de fluxo de drenagem nas chuvas torrenciais. Foi usado como apoio de medição um escalímetro, na foto é possível ver que o sulco tem uma profundidade de pouco mais que 30 cm.

A erosão em sulcos aumenta com o aumento do volume da enxurrada. O volume da enxurrada é uma função não apenas da intensidade da precipitação, mas da posição na paisagem, do tipo de solo, da cobertura vegetal e do comprimento e inclinação da encosta. Onde o terreno apresenta encostas curtas, a maior parte da erosão se relaciona com a erosão entressulcos. À medida que as encostas se alongam, o processo de erosão em sulcos passa a ser dominante. Na erosão em sulcos, o material que é desprendido e deslocado pela ação da enxurrada apresenta granulometria semelhante à do solo original, não sendo concentrado em relação às partículas mais finas (WEIL; NETO, 2007, p. 46).

Formando assim essas feições visíveis na paisagem.

Figura 25: início de um sulco em desenvolvimento erosivo.



Fonte: Wagner Santos, 2018.

Figura 26: Final de um sulco em desenvolvimento erosivo



Fonte: Wagner Santos, 2018.

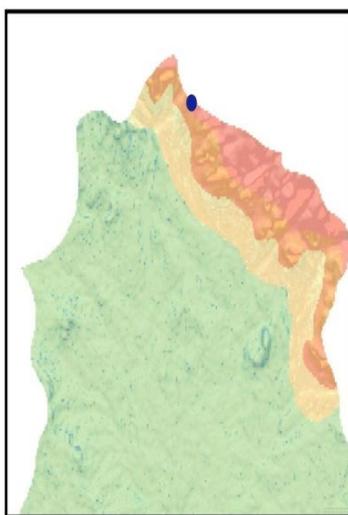
Figura 27: sulco erosivo em beira de estrada, decorrente do escoamento pluvial.



Fonte: Wagner Santos, 2018.

O ponto na imagem acima é a localização do campo onde está a ravina, suas coordenadas são -37,99 W; -9, 24 S, esta em uma região de declividade fortemente ondulada, e possui uma pluviometria média anual em torno de 700mm (Embrapa,2013). E de acordo com o mapa de vulnerabilidade a erosão se encontra na região moderadamente vulnerável.

Figura 28: Ponto do campo onde está a voçoroca.



Fonte: Adaptado pelo Autor, 2019.

Para Vireira (2002)

A partir do momento em que a água da chuva começa a correr na superfície do terreno por caminhos preferenciais (pequenas fissuras de até 5cm de profundidade) e estes são aprofundados pela força da água, atingindo profundidades de até 50cm, são chamados de **sulcos**. A erosão nesse caso ocorre de maneira progressiva, ou seja, seguindo a gravidade (de montante a jusante) (VIEIRA, 1998). As ravinas são na verdade o aprofundamento dos sulcos, com profundidade que fica entre 0,50m e 1,5m apresentando um crescimento tanto progressivo como regressivo de acordo com os critérios dimensionais, muito embora prevaleça o crescimento progressivo. A diferença básica de uma ravina e uma voçoroca estão na forma da calha por onde escoam a água da chuva. Na ravina, essa calha tem a forma em V, e nas voçorocas essa calha tem a forma em U, não apresentando, portanto fundo plano (VIEIRA, 1998. p. 105).

“A inclinação e o comprimento das encostas interferem com a velocidade de escoamento das águas superficiais, que aumenta com a inclinação e com o comprimento da

encosta, o que resulta em uma maior efetividade dos processos erosivos. (WEIL; NETO, 2007.p.40)”.

De acordo com mapa de suscetibilidade a erosão, e a partir das visualizações em *Google maps*, observou-se uma área a qual a qual indicava a presença de uma ravina ou uma possível voçoroca, as imagem a seguir são do ultimo campo da pesquisa, e estão inseridas numa vulnerabilidade alta com base na metodologia de Crepani (2001). As fotos de o campo a seguir foram tiradas na “Serra do Jurema”, localizado próximo ao município de Pariconha – AL.

As imagens a cima é uma tentativa de mostrar a voçoroca em toda sua extensão, que começa numa área um pouco mais elevada e vai diminuindo o declive, não necessariamente a evolução da erosão em questão.

Figura 29: extensão da voçoroca.



Fonte: Wagner Santos, 2019.

Figura 30: visão da voçoroca, local onde foi feito as medições.



Fonte: Wagner Santos, 2019.

A profundidade da voçoroca não é homogênea em toda sua extensão, alguns pontos do percurso da voçoroca estão mais profundos e outros mais rasos, não se segue um mesmo padrão de profundidade ao longo de sua extensão. No ponto da coleta a profundidade é de 1.73cm

Figura 31: profundidade da voçoroca.



Fonte: Wagner Santos, 2019.

Neste ponto da voçoroca seu comprimento é de 2.10cm.

Figura 32: largura da voçoroca



Fonte: Wagner Santos, 2019.

Figura 33: Dentro da Voçoroca



Fonte: Wagner Santos, 2019.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapa se mostrou como um ótimo resultado, e foi de acordo com o desejado levando a metodologia e vulnerabilidade de Crepani(2001) como base teórica.

O mapa serve também como uma ferramenta base para campo, direcionando para os locais da microbacia que podem ter maior ou menor erosão de acordo com sua vulnerabilidade. Isso também não quer dizer que nos outros pontos do mapa os tipos de erosão não sejam de acordo com a vulnerabilidade que eles apresentem, ou seja, na região de menor vulnerabilidade podem ocorrer ravinas ou voçorocas que seriam um estágio de maior vulnerabilidade de erosão.

É um assunto pertinente principalmente em áreas semiáridas onde o estudo das tecnologias adequadas para o convívio com o semiárido ainda é recente, porém estar evoluindo, sobretudo no manejo do solo e na produção agropecuária.

Por fim, cabe lembrar a importância da conservação do solo, pensar como esse recurso natural está sendo tratado, bem como a recuperação das áreas erodidas e recuperação das mesmas. Devemos pensar medidas mitigadoras para solucionar esses problemas do solo que é vital para a existência da vida na terra.

7. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. **Erosividade Das Chuvas Na Bacia Hidrográfica Do Rio Apeú, Região Nordeste Do Estado Do Pará.** Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu. Botucatu-SP,2013. P.70.

AQUINO, A. R. et al. **Vulnerabilidade ambiental.**São Paulo : Blucher, 2017,p.113.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens E Arquiteturas Para Banco De Dados Geográficos.** Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Sao José Dos Campos - SP 1995. P.237.

CAVALCANTE, A ., CUNHA, S. B. **Morfodinâmica Fluvial Em Áreas Semiáridas: Discutindo O Vale Do Rio Jaguaribe-Ce-Brasil.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v.13, n.1, (Jan-Mar) 2012, p.39-49.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blucher, 1980, 189p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagens de Sistemas Ambientais.** São Paulo, Ed. Edgard Blucher, 1999, 236p.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Água Branca, estado de Alagoas/** Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. P. 13.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.;HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T; BARBOSA, C. “Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial”. INPE, São José dos Campos, SP, 2001. P.124.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.;HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T;DUARTE, V. “ Curso de Sensoriamento Remoto Aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico”. INPE, São José dos Campos, SP, 1996. P.18.

FEITOSA, Ailton. **Zoneamento de pequenas bacias hidrográficas e caracterização de várzeas na Bacia do Pajeú, Pernambuco.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2012.p. 140.

FIGUEIRÊDO, M.C.B. et al. **Análise da Vulnerabilidade Ambiental.** - Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2010. 47 p.; 29,7 cm. – (Documentos / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1677-1915, 127).

FILHO, F.A.M.C.; *et al.* **Análise De Suscetibilidade Erosiva No Município De Barcarena – Pa.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 2015 V.11 N.22; P.107 – 116.

FONSÊCA, Drielly N. *et al.* **Mapeamento Morfodinâmico Como Suporte À Análise De Processos De Degradação Em Áreas Do Município De Cabrobó – Pernambuco,**

Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v. 19, n. 2, p. 92-107, Dez. 2017, <http://uvanet.br/rcgs>. ISSN 2316-8056 © 1999, Universidade Estadual Vale do Acaraú. Todos os direitos reservados. Pág. 16

FUSHIMI, M.. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP / Melina Fushimi. - Presidente Prudente.** Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2016. p.2016.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; VITTE, A. C. (orgs.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil.** 2º Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 280.

KEMERICH, P. D. C. *et al.* **Evaluation of Soil Physical Indices Under Different Uses in River Basin.** Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ . ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 41 - 2 / 2018 p. 66-73

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG.** 2009. São Paulo: Oficina de Textos. 424p.

LEPSCH, IGO F. **19 lições de Pedologia.** – São Paulo: Oficina de Textos, 2011.p 456.

LEPSCH, IGO F. **Formação dos Solos.** 2º Ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2010.p 216.

LIMA, F.J. **Evolução geomorfológica e reconstrução paleoambiental do setor subúmido da Chapada do Araripe: um estudo a partir dos depósitos coluviais localizados nos municípios de Crato e Barbalha – Ceará.** Recife: Universidade Federal de Pernambuco/ PE, 2014. (Qualificação de Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife/ PE. p.142

LONGLEY, Paul A.; Maguire, David J.; Rhind, David W.; Goodchild, Michael F. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica - 3ª Ed.** Porto Alegre. – Bookman, 2013. P.540

LOPES et al. **Modelagem Ambiental De Bacias Hidrográficas: Caracterização Morfométrica E Pedológica Da Bacia Do Rio Una – Ibiúna, Brasil.** In, Geosul, Florianópolis, v. 33, n. 66, jan./abr. 2018. P.105-127

LOUREIRO, H.A.S.; FERREIRA, A.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. **Processos Erosivos e Recuperação de Áreas Degradadas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012. P.192.

MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, I. M. D. **Climatologia Nações Básicas E Climas Do Brasil.** São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007. P.206

MILANEZI, C.H.S.; PEREIRA J. G.. **Caracterização da Vulnerabilidade Ambiental na Microbacia Do Córrego Azul, Ivinhema – MS.** Geografia (Londrina) v. 25. n. 1. p.43-63, jan/jun, 2016. P. 21.

NASCIMENTO, D. M. C. e Dominguez, J. M. L. **Avaliação da vulnerabilidade**

ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia. Revista Brasileira de Geociências. v.39, n.3., 2009. P.395-408.

NOBRE, M. F.; GARCIA, G. J. **Avaliação De Três Diferentes Métodos De Análise Para A Determinação Da Vulnerabilidade Ambiental Da Bacia Hidrográfica Do Rio Corumbataí (Sp)** Revista Brasileira de Cartografia No 62/02, 2010. (ISSN 0560-4613)p.169 – 179.

NUNES, A.; DIMUCCIO, L. A. **As Ravinas De Folques E Celavisa (Portugal Central): Factores E Processos Envolvidos Na Sua Génese E Evolução. Proposta De Classificação E Valorização Como “Sítio Geomorfológico.** Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Vol. 3, APGeom, 2006, pp. 191-198

PEREIRA, J. S. **Avaliação Das Perdas De Solos Por Erosão Laminar Na Área De Influência Da Uhe Amador Aguiar I.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia - MG, 2014. P. 167

PINHEIRO, L. S. **A Dinâmica Erosiva na Bacia do Córrego Ibitinga – Rio Claro (SP): uma Abordagem Empírico-Dedutiva.** Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Área de Organização do Espaço do Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro - SP, 17 de Outubro de 2012, p. 139.

REBOUÇAS, A. C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez.** Estudos Avançados, São Paulo, v. 11, n. 29, 1997.

RIBEIRO, Simone Cardoso. **Etnogeomorfologia sertaneja: proposta metodológica para a classificação das paisagens da sub-bacia do rio Salgado/CE.** Simone Cardoso Ribeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2012. 278 p. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, PPGG, 2012

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.** Rev. do Departamento de Geografia FFLCH-USP, São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994.

SALOMÃO, F.X.T. & IWASA, O.Y. **Erosão e ocupação rural e urbana. In: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. Curso de Geologia aplicada ao meio ambiente.** São Paulo. IPT. cap.3, 1995

SAMPAIO, A. C. P. **Modelagem Do Escoamento Superficial Na Bacia Do Alto E Médio Curso Do Rio Mundaú, Ceará, Brasil.** Dissertação apresentado ao Curso de Mestrado Acadêmico em Geografia do Programa de PósGraduação em Geografia do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza – Ceará., 2018. P. 118.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas Sete Lagoas:** Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG 2003. P. 63.

SANTOS, J.O; SOUZA, M.J.N. **Abordagem geoambiental aplicada à análise da vulnerabilidade e dos riscos em ambientes urbanos. In: Boletim Goiano de Geografia.** v.34. n. 2, 2014

SANTOS, L. F. M. **SIG E Álgebra De Mapas Na Elaboração De Um Mapa De Potencial De Erosão Em Áreas De Silvicultura**. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.p. 74.

SILVA, C. S. **Avaliação Das Condições Hidrogeomorfológicas Da Bacia Hidrográfica Do Rio Jaboatão – Pernambuco**. Dissertação apresentada ao programa de pósgraduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, Recife-2018, p.136

SILVA, J. L. L. **Reconstituição Paleoambiental Baseada no Estudo de Mamíferos Pleistocênicos de Maravilha e Poço das Trincheiras, Alagoas, Nordeste do Brasil**. Recife. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2008.

SOUZA et al. **A utilização da Geotecnologia enquanto ferramenta de análise da suscetibilidade à erosão do solo no semi-árido baiano**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.4303- 4310.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. São Paulo, Revista Geosp, N°15, pp. 39-49, 2004.

SUGUIO, KENITIRO. **Geologia Sedimentar**. 1° Ed. 3° Reimpr.(2010). São Paulo: Editora Blucher, 2003.p. 400.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977. P.97.

VIEIRA, A. F.S.G. . **Definições, classificações e formas de voçorocas**. Anais do IV SINAGEO, São Luís- MA,2002. P. 105-106

WEILL, M. A. M.; NETO, A. G. P. **Erosão e Assoreamento In Vulnerabilidade Ambiental Desastres Naturais Ou Fenômenos Induzidos?**. Rozely Ferreira dos Santos, organizadora. – Brasília: MMA, 2007. 192 p.: il. color. ; 29 cm. Bibliografia ISBN 978-85-7738-080-0.