



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

JOSÉ MARCOS ALVES DOS SANTOS

DETECÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO MUNICÍPIO DE MATA GRANDE – AL
COM USO DE GEOTECNOLOGIAS

MACEIÓ / AL

2016

JOSÉ MARCOS ALVES DOS SANTOS

DETECÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO MUNICÍPIO DE MATA GRANDE – AL
COM USO DE GEOTECNOLOGIAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Meteorologia do Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Orientador:

Prof. Dr. Heliofábio Barros Gomes

Co-orientador:

Prof. Dr. Helber Barros Gomes

MACEIÓ / AL

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

N.º de ordem: MET-UFAL-MS-139.

**“DETECÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO MUNICÍPIO DE MATA GRANDE-AL COM
USO DE GEOTECNOLOGIAS.”**

José Marcos Alves dos Santos

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como partê dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Aprovado pela Banca Examinadora composta por:

Prof. Dr. Heliofábio Barros Gomes
(Orientador)

Prof. Dr. Helber Barros Gomes
(Coorientador)

Prof. Dr. Rosiberto Salustiano da Silva Junior
(Membro Interno)

Profa. Dra. Ana Paula Lopes
(Membro Interno)

Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva
(Membro Enterno/UFRPE)

Setembro/2016

DEDICATÓRIA

“A Deus sobre todas as coisas e a minha família que sempre esteve ao meu lado durante esses percursos”. **DEDICO!**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Luiz Alves e Maria José, por tudo que me proporcionaram, na vida e na trajetória educacional, me incentivando e apoiando para que eu alcançasse minhas metas.

A minha esposa Márcia Silvânia, que sempre esteve ao meu lado, dando total apoio e acreditando que tudo daria certo, compartilhando madrugadas de estudos, não me deixando desistir, e por todos os outros momentos vividos.

Aos meus irmãos Luiz Júnior, Jely Alves, e em especial, Ione Alves, pelos incentivos.

Ao meu orientador professor Dr. Heliofábio Barros Gomes, pela paciência, dedicação e ensinamentos, uma valiosa contribuição não só para meus conhecimentos, como também para minha carreira profissional.

Ao meu co-orientador professor Dr. Helber Barros Gomes, pela dedicação e disponibilidade.

Aos amigos pelo grande apoio durante todo o mestrado e pesquisa.

Aos colegas do laboratório Sensorgeo, destacando Laurízio Ribeiro e Ismael Gibson.

Todos os colegas do mestrado em especial João Maria Afonso, pelos momentos de estudos e apoio.

Aos professores Dra. Ana Paula Lopes da Silva (IGDEMA, UFAL) e Dr. Jorge Luís Lopes da Silva (ICBS, UFAL), pelos seus ensinamentos e suas aulas de campo, que através destas, contribuíram para a minha pesquisa.

Ao Mestrado em Geografia do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Alagoas, campus A.C. Simões, por proporcionar a disciplina Ecossistemas e Impactos Ambientais.

Aos professores do Instituto de Ciências Atmosférica do programa de Pós-Graduação em Meteorologia, pelos conhecimentos transmitidos e dedicação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo apoio financeiro, através da concessão da bolsa de estudo fornecida pela instituição, para que pudesse realizar esta dissertação.

Aos que compõe a banca examinadora, Prof. Dr. Rosiberto Salustiano da Silva Júnior, Prof. Dra. Ana Paula Lopes e Prof.Dr. Thieres George Freire da Silva, por terem aceitado o convite, pela dedicação nas correções, contribuindo de forma significativa e construtiva possibilitando a elaboração da pesquisa.

“Se enxerguei mais longe que outros homens, foi porque me ergui sobre ombros de gigantes”.

(Isaac Newton).

RESUMO

A redução da biodiversidade de um ambiente com atividades voltadas à criação de animais, agricultura itinerante e de autoconsumo e à coleta de lenha para consumo doméstico e comercialização, traz como consequência a degradação dos solos, que pode ser por meio do processo de erosão ou perda de fertilidade. O homem vem utilizando esse ambiente há séculos, trazendo como resultados dessa ação, impactos ambientais. Essa situação é decorrente da eliminação da cobertura vegetal, total ou parcial, em associação com o uso inadequado do solo, aliados às condições climáticas, com longos períodos de estiagem. Situação que tem sido um cenário comum na região semiárida do Nordeste brasileiro. Portanto, através desse exposto, houve a necessidade de se detectar e mapear áreas degradadas no Município de Mata Grande (AL), com uso de geotecnologias (Sensoriamento Remoto e Qgis), que nos últimos anos, adquiriram caráter fundamental para pesquisas e monitoramentos ambientais, uma vez que possibilitam com eficiência a obtenção e tratamento de elevada quantidade de dados e informações sobre recursos naturais. Através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - *NDVI*, avaliou-se as mudanças vegetativas ocorridas no município, podendo assim ser feita uma análise e comparação da cobertura da vegetação no solo, entre os períodos de 2013 a 2016 com imagens dos dias, 10/12/2013, 27/11/2014, 14/11/2015 e 01/01/2016. As atividades antrópicas (humanas) sejam direta ou indiretamente e as condições adversas, (climáticas), são os principais fatores de degradação na área de estudo, que caracterizaram nas imagens analisadas um elevado percentual de solo exposto e baixa cobertura da vegetação.

Palavras-Chave: Meio Ambiente, Degradação, Impactos Ambientais, Sensoriamento Remoto e *NDVI*.

ABSTRACT

Reducing the biodiversity of an environment with activities aimed at animal husbandry, shifting agriculture and self-consumption, and the collection of firewood for domestic consumption and commercialization, leads to soil degradation, which may be through erosion or loss of fertility. Man has been using this environment for centuries, bringing environmental impacts as a result of this action. This situation is due to the elimination of the total or partial vegetation cover, in association with the inadequate use of the soil, allied to the climatic conditions, with long periods of drought. This situation has been a common scenario in the semi-arid region of Northeast Brazil. Therefore, through these exposures, it was necessary to detect and map degraded areas in the municipality of Mata Grande-AL, using geotechnologies (Remote Sensing and Qgis), which in recent years have acquired a fundamental character for environmental research and monitoring, a efficient collection and treatment of data and information on natural resources. Through the Normalized Difference Vegetation Index - the vegetative changes occurred in the municipality were evaluated, and an analysis and comparison of the vegetation cover in the soil between the periods of 2013 to 2016 with images of the days, 10/12/2013, 11/27/2014, 11/14/2015 and 01/01/2016. Human activities are either directly or indirectly, and adverse climatic conditions are the main degradation factors in the study area, which characterized in the analyzed images a high percentage of exposed soil and low vegetation cover.

Keywords: Environment, degradation, Environmental Impacts, and Remote Sensing and *NDVI*.

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	TÍTULOS	PÁG.
01	Localização das Caatingas na América do Sul.....	24
02	Desmatamento da Caatinga para fins agrícolas/pecuária (Mata Grande – AL).....	25
03	Mapa do desmatamento da Caatinga no Nordeste.....	26
04	Legenda e representação do percentual de área desmatada no Nordeste.....	26
05	Legenda da média percentual de uso e ocupação do solo por Estado do Nordeste.....	27
06	Queimadas na Caatinga, (Mata Grande – AL).....	29
07	Área coberta por atividades agrícolas no bioma Caatinga. (Baseado no mapa de vegetação do Brasil).....	31
08	Exemplo de erosão acelerada – Mata Grande/AL.....	33
09	Exemplo de erosões eólicas, (Serra da Onça – Mata Grande/AL).....	34
10	Construção da rodovia AL - 145 que liga as cidades de Mata Grande / Água Branca.....	36
11	Sensoriamento Remoto como um sistema de aquisição de informação.....	43
12	Classificação de sensores quanto a fonte de energia.....	44
13	Classificação de sensores didaticamente.....	44
14	Características intrínsecas de um sistema sensor.....	45
15	Mapa de localização do Município de Mata Grande – AL e suas divisas com cidades do estado de Pernambuco.....	53
16	Localização de Mata Grande no estado de Alagoas.....	53

17	Mapa das mesorregiões de Alagoas.....	54
18	Localização de Mata Grande na mesorregião.....	54
19	Vista panorâmica da cidade de Mata Grande-AL.....	55
20	Representação do relevo da cidade de Mata Grande-AL.....	55
21	Vegetação arbustiva localizada na Serra da Onça no Município de Mata Grande - AL.....	57
22	Vegetação arbustiva e herbácea, localizada na Serra da Onça, Mata Grande - AL.....	57
23	Macambira, espécie típica da região.....	57
24	Mapa de distribuição da temperatura média anual do ar para o Estado de Alagoas.....	59
25	Mapa de distribuição dos tipos de solos do Município de Mata Grande – AL.....	63
26	Representação de uma plataforma orbital.....	65
27	Representação de uma plataforma suborbital.....	65
28	Mapa da cobertura vegetal do Município de Mata Grande – AL no período de 10/12/2013.....	76
29	Composição das bandas LAMDSAT8/TM 6, 5 e 4 em RGB, no período de 10/12/2013.....	79
30	Representações gráficas das assinaturas espectrais, do RGB para folhas verdes, folhas secas e solo.....	79
31	Mapa da cobertura vegetal do Município de Mata Grande – AL no período de 27/11/2014.....	80
32	Composição das bandas LAMDSAT8/TM 6, 5 e 4 em RGB, no período de 27/11/2014.....	82
33	Mapa da cobertura vegetal do Município de Mata Grande – AL no período	83

	de14/11/2015.....	
34	Composição das bandas LAMDSAT8/TM 6, 5 e 4 em RGB, no período de 14/11/2015.....	84
35	Mapa da cobertura vegetal do Município de Mata Grande – AL no período de 01/01/2016.....	86
36	Composição das bandas LAMDSAT8/TM 6, 5 e 4 em RGB, no período de 01/01/2016.....	87

LISTA DE TABELAS

TABELAS	TÍTULOS	PÁG.
01	Classes de solos do Município de Mata Grande - AL, com suas áreas e percentual do total.....	62
02	Características do satélite Landsat 8.....	67
03	Representação dos comprimentos de ondas e resolução com suas respectivas bandas do Landsat 8.....	70
04	Representação das bandas 4 e 5.....	71
05	Representação das Classes do <i>NDVI</i>	74

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICOS	TÍTULOS	PÁG.
01	Distribuição do total de áreas degradadas no mundo.....	23
02	Taxa do desmatamento da Caatinga por estado do Nordeste em 2013/2014.....	27
03	Uso e ocupação do solo por estado do Nordeste.....	27
04	Curva média da vegetação fotossinteticamente ativa.....	47
05	Comportamento espectral da água em seus diferentes estados.....	48
06	Curvas de percentual de reflectância para materiais comuns encontrados em ambientes urbanos.....	51
07	Frequência anual de estiagem e seca no Estado de Alagoas no período de 1991 a 2012.....	76
08	Municípios alagoanos mais atingidos, classificados pelo maior número de registros por desastres naturais no período de 1991 a 2012.....	77
09	Síntese das ocorrências de estiagem e seca do Município de Mata Grande no período de 1991 a 2012.....	77
10	Precipitação anual do sertão alagoano no período de 2013.....	78
11	Precipitação anual do sertão alagoano no período de 2014.....	81
12	Dados pluviométricos do Município de Mata Grande-AL, no período de dezembro de 2015.....	85
13	Dados pluviométricos do Município de Mata Grande-AL, no período de janeiro de 2016.....	85

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
	2.1 – MEIO AMBIENTE.....	20
	2.1.1 – Aspectos do meio ambiente.....	21
	2.2 – ÁREAS DEGRADADAS.....	22
	2.2.1 – Exemplos de degradações ambientais.....	24
	2.2.2 – Desmatamento.....	24
	2.2.3 – Incêndios e queimadas.....	28
	2.2.4 – Degradação do solo.....	29
	2.2.5 – Degradação dos solos através da agricultura.....	30
	2.2.5.1– Herbivoria por caprinos na Caatinga.....	31
	2.2.6 – Degradação por pastagem.....	32
	2.3 – EROSÃO DOS SOLOS.....	33
	2.3.1– Erosões eólicas.....	34
	2.4 – IMPACTOS AMBIENTAIS.....	35
	2.4.1 – Impactos ambientais no Brasil.....	37
	2.4.1.1 – Um resumo histórico.....	37
	2.4.1.2 – Procedimentos e regulamentações.....	38
	2.5 – GEOTECNOLOGIAS	39
	2.5.1 – Geoprocessamento.....	40
	2.5.2 – Sistemas de Informações Geográficas – SIG.....	40
	2.5.3 – Sensoriamento Remoto.....	41

2.5.3.1 – Origem e evolução.....	42
2.5.3.2 – Sensoriamento Remoto como sistema aquisição de informação.....	43
2.5.3.3 – Sistemas Sensores.....	43
2.5.3.4 – Sensores Termiais.....	45
2.5.3.5 – Sensores de Alta Resolução.....	46
2.5.4 – Sensoriamento Remoto da Vegetação.....	46
2.5.5 – Sensoriamento Remoto da Água.....	48
2.5.6 – Sensoriamento Remoto da Paisagem Urbana.....	49
2.5.6.1 – Resolução Temporal Urbana/Periurbana.....	49
2.5.6.2 – Resolução Espectral Urbana/Periurbana.....	50
2.5.6.3 – Resolução Espacial Urbana/Periurbana.....	50
2.5.7 – Sensoriamento Remoto de Solos, Minerais e Geomorfologia..	51
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	53
3.1 – Localização e caracterizações da área de estudo.....	53
3.2 – Aspectos Socioeconômicos.....	54
3.3 – Aspectos Fisiográficos.....	55
3.4 – Vegetação.....	56
3.5 – Clima.....	58
3.6 – Solos.....	60
3.7 – Geologia.....	64
3.8 – Descrição metodológica.....	64
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	73
5 CONCLUSÃO.....	89

REFERÊNCIAS.....	90
-------------------------	-----------

1. INTRODUÇÃO

Grande parte da região Nordeste do Brasil predomina o clima tropical semiárido, com regime pluviométrico insuficiente para atender às necessidades hídricas do ambiente. O homem vem utilizando esse ambiente há séculos, com atividades voltadas à criação de animais, a uma agricultura itinerante e de autoconsumo e à coleta de lenha para consumo doméstico e comercialização, (Falcão, 2013).

Com isso, a redução da biodiversidade de um ambiente, com a consequente degradação dos solos, por meio desses processos vem alcançando condições severas do processo de desertificação, tornando-se um cenário comum na região semiárida do Nordeste brasileiro. Recorrendo Falcão, (2013) essa situação é decorrente da eliminação da cobertura vegetal, total ou parcial, em associação com o uso inadequado do solo, aliados às condições climáticas, com longos períodos de estiagem.

Um dos recursos naturais mais importantes para a qualidade de vida do homem é o solo. Possui múltiplas funções nos ciclos dos nutrientes, no ciclo da água e também é importante para a sustentabilidade dos sistemas naturais, como as florestas e os campos, (Wadt et al , 2003). Ainda segundo o autor, degradação dos solos, constitui um prejuízo socioeconômico para as gerações atuais e representa um grande risco para as gerações futuras.

Portanto, a aplicabilidade das Geotecnologias, destacando o Sensoriamento Remoto, está sendo muito utilizada, na área urbana, agrícola, ecológica e florestal, para a identificação e mapeamento de diversas áreas com cobertura vegetal ou solo exposto, através das imagens disponibilizadas pelo satélite LANDSAT 8 e a utilização do software QGIS (é um Sistema de Informação Geográfica (SIG), um Software Livre, licenciado sob a GNU – General Public License), fazendo aplicabilidade do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - *NDVI*. Desta forma é possível analisar e mapear determinadas áreas de cobertura vegetal, além de suas modificações que possam ocorrer ao longo do tempo, o que possibilita monitorar determinadas áreas de vegetação de uma região ou localidade.

Com base no exposto, objetivou-se, mapear e identificar as áreas vegetativas, através do (*NDVI*), no município de Mata Grande (AL), localizado na mesorregião de sertão alagoano tendo como uma de suas características vegetal, a Caatinga, que apresenta um

imenso potencial para a conservação de serviços ambientais, uso sustentável e bioprospecção que, se bem explorado, será decisivo para o desenvolvimento da região.

Além comparar as mudanças da vegetação no período de 2013 a 2016, fazendo um diagnóstico, através das imagens geradas pelo satélite Landsat 8, nos dias 10/12/2013, 27/11/2014, 14/11/2015 e 01/01/2016. Para tanto, fez-se uso das imagens citadas, uma análise e avanço de degradação, devido aos processos naturais e antrópicos ocorridos na área de estudo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MEIO AMBIENTE

A expressão meio ambiente está incorporada ao dia a dia, mostrando-se nas mais variadas situações e oportunidades, notadamente quando ligada aos recursos ambientais¹. Para Marques (2010, p.14), é a expressão incorporada à língua portuguesa para indicar, “o conjunto de condições naturais e de influências que atuam sobre os organismos vivos e os seres humanos”.

Já do ponto de vista ecológico, Marques (2010, p.15) citando o *Dicionário de ecologia e ciências ambientais* define *meio ambiente* “a soma total das condições externas circundantes no interior das quais um organismo, uma condição, uma comunidade ou um objeto existe”, acrescentado-se que “os organismos podem ser parte do ambiente de outro organismo”.

Juridicamente, define-o a Lei nº6. 938, de 31.8.1981, em seu art. 3º, I, como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas suas formas”. Luis Roberto Barroso² define que o meio ambiente como sendo “o complexo de relações entre o mundo natural e os seres vivos”.

De acordo com Custódio (1993) ao citar Machado (1982) afirma que:

“Trata-se de ampla definição legal, pois atinge tudo aquilo que permite a vida, que abriga e rege, abrangendo as comunidades, os ecossistemas e a biosfera”.

Portanto, quanto à abrangência da noção de meio ambiente, Custódio (1993) fundamenta-se em obra de diversos autores, acrescentando que, para os fins protecionais meio ambiente é:

“O conjunto das condições naturais, sociais e culturais em que vive a pessoa humana e que são suscetíveis de influenciar sua existência”.

¹ Art. 3º, V, da Lei nº6938, 31.8.1981: ”recursos ambientais: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo e os elementos da biosfera, a fauna e a flora”. (MARQUES, 2010, p.14)

² A proteção do meio ambiente na Constituição brasileira. In: Caderno de direito constitucional e Ciência Política, p.123.

2.1.1 Aspectos do meio ambiente

Conforme Marques (2010), meio ambiente, embora seja uno e indivisível, apresenta-se sob diversos ângulos, ou seja, pode ser observado, tendo-se em vista aspectos diferentes. O referido autor, diz-se do meio ambiente natural (ou físico), urbano, cultural e do trabalho.

- a) Meio ambiente natural ou físico*, é aquele composto dos elementos existentes na natureza, para cuja criação não concorreu o homem. Assim resumem-se esses elementos ao ar, à água, ao solo, à fauna e à flora. (Marques, 2010).
- b)* Novamente recorrendo Marques (2010), *meio ambiente cultural*, pode ser representado por uma edificação isolada ou pelo conjunto de edificações de uma cidade, um monumento, uma obra de arte e até mesmo por um sentimento que reflita as origens, a formação ou os costumes de um povo.
- c)* Ao se posicionar a respeito do tema, Rizzatto (2009) afirma que, *meio ambiente do trabalho*, diferentemente das outras divisões didáticas do Direito Ambiental, relaciona-se direta e imediatamente com ser humano trabalhador no cotidiano, em sua atividade laboral exercida em proveito de outrem.
- d)* Por sua vez Silva (2000, p.21) afirma que o *meio ambiente artificial ou urbano* é constituído pelo espaço urbano construído, consubstanciado no conjunto de edificações, dentre eles (espaço urbano fechado) e dos equipamentos públicos como, (ruas, praças, áreas verdes, espaços livres em geral: espaço urbano aberto)³.

³ SILVA, José Afonso, Direito ambiental constitucional, p. 21.

2.2 ÁREAS DEGRADADAS

Segundo informações do Ministério do Meio Ambiente – MMA no Atlas das áreas susceptíveis a desertificação do Brasil, afirma que:

Desde 1997 o Brasil é signatário da Convenção das Nações Unidas de Combate a Desertificação (UNCCD). De acordo com este tratado desertificação é a degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores entre eles as variações climáticas e as atividades humanas. A degradação da terra compreende a degradação dos solos, dos recursos hídricos e da vegetação. (MMA Atlas, 2007, p.13).

A Embrapa⁴ define como áreas degradadas aquela que sofreu em algum grau, perturbações em sua integridade, seja ela de natureza física, química ou biológica. O processo de degradação das terras de acordo com MMA, (2007) é considerado um problema global. Na região semiárida os problemas econômicos e sociais são recorrentes, com danos ambientais impactantes e degradantes, causando enormes prejuízos econômicos aos municípios e principalmente ao meio ambiente.

Grande parte dos problemas de degradação ambiental, das terras nordestinas, segundo Mantovani et al (1989), relaciona-se com a ausência de uma cultura de ocupação de espaços, desrespeitando as riquezas e diversidades características dos diversos ecossistemas.

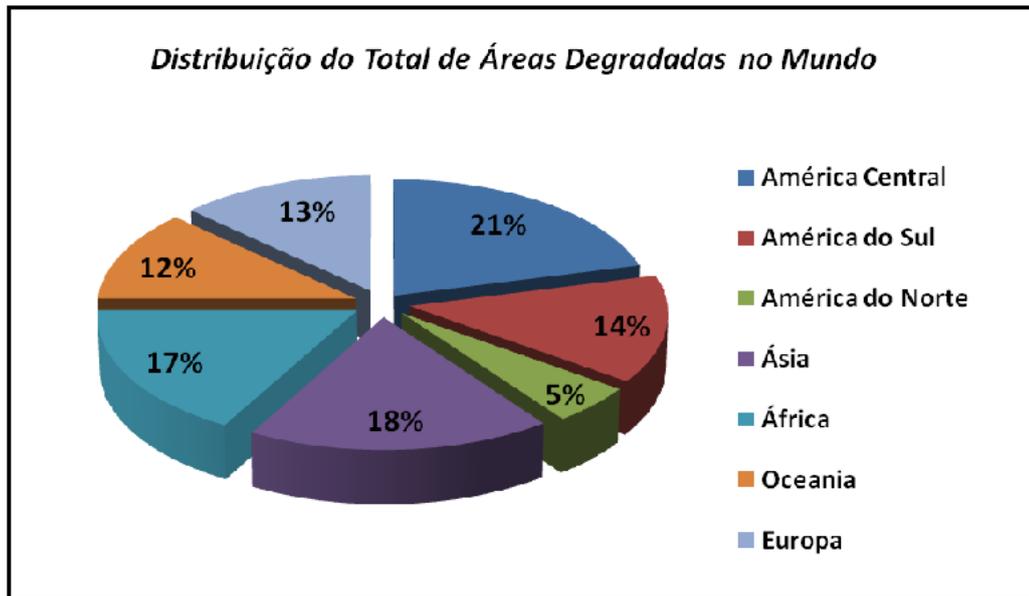
Segundo a Constituição Federal de 1988, Art.225, todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para presentes e futuras gerações.

Vale salientar que, para assegurar a efetividade desse direito, incumbe além do Poder Público, a cooperação de todos os envolvidos: sociedade, órgãos ambientais, enfim, manter todos engajados com o mesmo propósito, conservação do meio ambiente.

Para Oldeman et al (1991) de acordo com o estudo apresentado por Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD), registraram que 15% dos solos de regiões habitadas do planeta foram classificados como degradados devido às atividades humanas. Podemos apresentar a distribuição desse total de áreas degradadas no mundo de acordo com o gráfico 1, a seguir:

⁴ Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, instituição pública de pesquisa vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil.

GRÁFICO 1 – Distribuição do total de áreas degradadas no mundo.



FONTE: Adaptado de OLDEMAN, 1994.

De acordo com Ruellan (1991), em muitas regiões, pressão demográfica é tal que o cultivo é feito de qualquer jeito, esgotando rapidamente a terra podendo chegar à desertificação. Em outros lugares, a produção desenfreada, torna-se os solos mais degradados.

O principal efeito da degradação no meio rural é um declínio na produtividade ou uma necessidade maior de aporte de nutrientes para manter a mesma produtividade nas diferentes culturas. Com a salinização e a elevação da superfície freática em áreas irrigadas, as reduções na produtividade são ainda maiores, (Araújo et al, 2007). Salinização é a elevação da concentração de sais nos solos, decorrente de irrigação excessiva, (Embrapa, 2007).

O termo salinidade de acordo com Batista et. al (2002), se refere à existência de níveis de sais no solo que possam prejudicar de maneira economicamente e significativa o rendimento das plantas cultivadas. Ocorre de uma maneira geral, em solos situados em regiões de baixas precipitações pluviais, alto déficit hídrico e que tenham deficiências naturais de drenagem interna. Quanto menor o valor das precipitações médias anuais de uma região e maior a sua evapotranspiração potencial, maior é a possibilidade de salinização de seus solos quando irrigados, tendo em vista que o déficit hídrico será maior.

2.2.1 Exemplos de degradações ambientais

Devido a inúmeros tipos de degradações ambientais existente, o referido trabalho delimitou aquelas que mais diretamente se relaciona com o meio ambiente urbano e rural do município de Mata Grande – AL. Em relação ao bioma procurou-se enfatizar a Caatinga (Figura 1), no qual município está inserido.

FIGURA 1 – Localização das Caatingas na América do Sul.



FONTE: Leal, 2003.

2.2.2 Desmatamento

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente – MMA e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, conceitua desmatamento como a operação que objetiva a supressão total da vegetação nativa de determinada área para o uso alternativo do solo. Considera-se nativa toda vegetação original, remanescente ou regenerada,

caracterizada pelas florestas, capoeiras, cerradões, cerrados, campos, campos limpos, vegetações rasteiras, dentre outros.

Conforme o estudo de Silva (2003), a regeneração da vegetação na área desmatada leva certo tempo sem que haja a interferência humana, mas pode ser acelerada através de reflorestamento. O autor ainda destaca que, na ausência de conhecimento das espécies nativas, em alguns casos, são implantadas espécies exóticas descaracterizando o ambiente e não ocorrendo a reposição da vegetação, desta forma, o solo fica desprotegido e propício à desertificação com perda da fertilidade.

Para a EMBRAPA (1996), o desmatamento é caracterizado pela prática de corte, capina ou queimada (por fogo ou produtos químicos), que leva à retirada da cobertura vegetal existente em determinada área, para fins de pecuária, agricultura ou expansão urbana. Portanto, para Piolli et al (2004), isso pode ser considerada uma degradação ou uma perturbação ambiental. Ver (Figura 2).

FIGURA 2 – Desmatamento da Caatinga para fins agrícolas/pecuária (Mata Grande – AL).



FONTE: Autor, 2016.

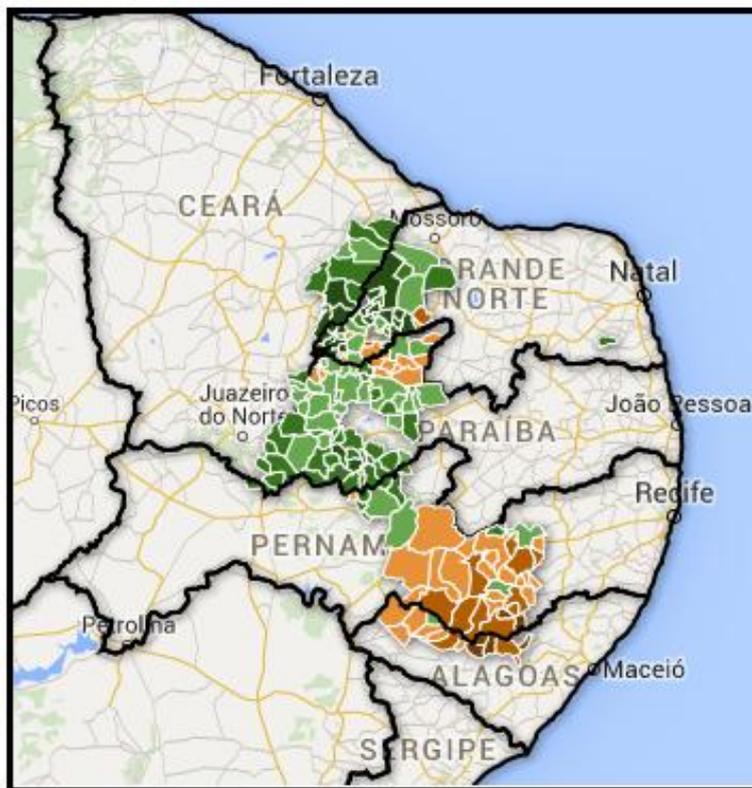
De acordo com ICMBIO⁵ os desmatamentos, principalmente para fins energéticos e agrícolas, são os maiores responsáveis pela alteração do bioma caatinga (predominante na

⁵ ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação a Biodiversidade.

área em estudo), calcula-se que 42,3% da sua cobertura vegetal original já sofreram algum tipo de modificação e 52% do bioma sofre com problemas de degradação.

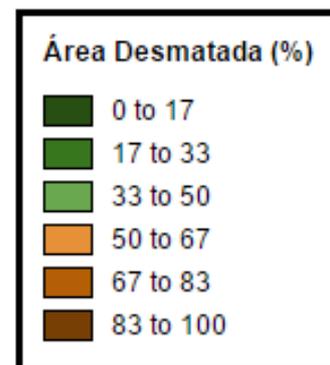
Apesar da sua importância, o bioma caatinga tem sido desmatado de forma acelerada, principalmente nos últimos anos, devido principalmente ao consumo de lenha nativa, explorada de forma ilegal e insustentável, para fins domésticos e indústrias, ao sobrepastoreio e a conversão para pastagens e agricultura, (MMA).

FIGURA 3 – Mapa do desmatamento da Caatinga no Nordeste.



FONTE: INPE, 2015.

FIGURA 4 – Legenda e representação do percentual de área desmatada no Nordeste.



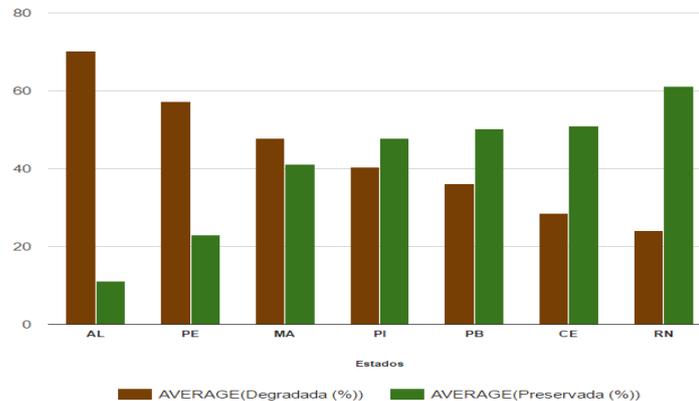
FONTE: INPE, 2015.

As áreas mapeadas na (Figura 3) mostram que os Estados de Alagoas e Pernambuco apresentam um elevado percentual de desmatamento da Caatinga, enquanto no leste do Ceará e no oeste do Rio Grande do Norte predominam a Caatinga Preservada, INPE⁶ (2015).

⁶ INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Os gráficos 2 e 3 abaixo, mostram a comparação das taxas de desmatamento da Caatinga e o uso de ocupação do solo em termos percentuais dos estados do nordeste.

GRÁFICO 2 – Taxa do desmatamento da Caatinga por Estado do Nordeste em 2013/2014.

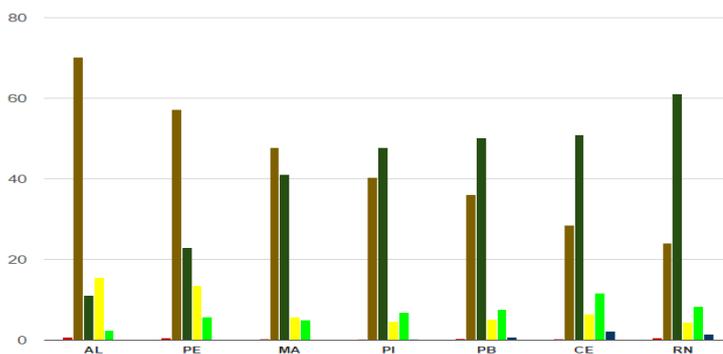


FONTE: INPE, 2015.

De acordo com o (Gráfico 2), observa-se que Alagoas foi o Estado que obteve o maior percentual de desmatamento, em contrapartida, Rio Grande do Norte foi onde ocorreu o maior percentual de preservação.

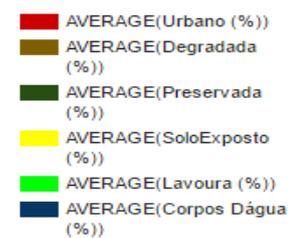
Observando o (Gráfico 3) abaixo, o Estado de Alagoas apresenta um maior percentual de degradação em relação ao Estado do Rio Grande do Norte, segundo dados apresentados pelo INPE (2015), elevada ocupação e uso do solo, conseqüentemente baixo percentual de área preservada.

GRÁFICO 3 – Uso e ocupação do solo por Estado do Nordeste.



FONTE: INPE, 2015.

FIGURA 5 – Legenda da média percentual de uso e ocupação do solo por Estado do Nordeste.



FONTE: INPE, 2015.

Os resultados apresentados neste levantamento utilizando imagens do satélite Landsat 8, bandas 4,5 e 6 tem uma média de concordância superior a 0,8 (INPE, 2015).

2.2.3 Incêndios e queimadas

No Brasil, as queimadas estão associadas aos sistemas de produção mais primitivos, como os de caça e coleta dos indígenas e de pequenos produtores rurais. A falta de informação sobre métodos menos agressivos à natureza, provoca confusão entre as queimadas tropicais e os incêndios florestais.

Mais de 98% das queimadas praticadas no Brasil são de natureza agrícola. O agricultor decide quando e onde queimar. É uma prática controlada, desejada e faz parte do sistema de produção. Já os incêndios florestais são de natureza acidental, indesejados e difíceis de controlar, pois assolam, na maioria das vezes, os parques nacionais, geralmente localizados em regiões remotas e de difícil acesso.

O impacto ambiental das queimadas e incêndios florestais vem preocupando, há décadas, a comunidade científica, ambientalistas e a sociedade em geral, pois interferem na harmonia da biodiversidade e na saúde humana. Tais práticas também estão presentes em outras regiões do globo, sobretudo na savana africana, nas estepes russas e da Ásia central. A legislação brasileira, através da Política Nacional do Meio Ambiente, Lei 6.938/81, tem como instrumento de proteção dos recursos naturais um mecanismo denominado “*Avaliação de Impactos Ambientais - AIA*”, cuja função é a elaboração de um estudo, antes de qualquer ação humana, sobre o meio ambiente⁷.

Os solos nordestinos segundo Garda (1996) estão sofrendo um processo intenso de desertificação devido à substituição da vegetação natural por culturas, principalmente através de queimadas, como pode ser visto na (Figura 6).

⁷ Texto compilado de PEDRAS, B.D.A.G - O Impacto das Queimadas e Incêndios Florestais.

FIGURA 6 – Queimadas na Caatinga, (Mata Grande – AL).



FONTE: Autor, 2016.

2.2.4 Degradação do solo

O Programa Ambiental das Nações Unidas citado por Oldeman et al (1991), afirma que, degradação do solo é um processo que descreve fenômenos causados pelo homem que diminuem a capacidade atual e futura do solo em sustentar a vida humana.

Por sua vez LAL (1989), definiram degradação do solo como a diminuição da qualidade do solo e/ou redução em sua habilidade de ser um recurso de múltiplo propósito, devido a causas naturais ou induzidas pelo homem.

É imperativo que os solos sejam conservados, no presente, e para futuras gerações. No caso de construções, em áreas de depósitos de tálus, que caracterizam condições instáveis, quando não se altera significativamente essas encostas, plantando gramíneas e árvores, a tendência é de manter o seu equilíbrio ambiental, (Fullen e Catt, 2004).

Os referidos autores ainda destacam que, como uma comunidade global, devemos aprender com as lições do passado. Ou seja, vivemos num momento de mudanças climáticas, rápido crescimento da população mundial e rápido decréscimo, em área e em qualidade dos

solos, como um recurso natural básico. Conflitos militares regionais continuam em especial no mundo das zonas áridas, e muitos desses conflitos estão relacionados a recursos hídricos.

2.2.5 Degradação de solo através da agricultura

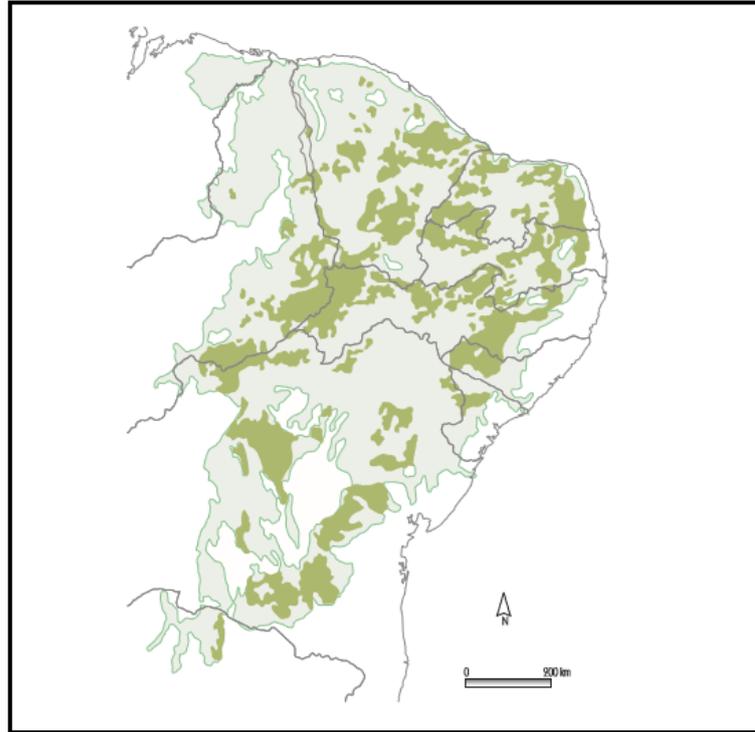
De acordo com Falcão (2013) a redução da biodiversidade de um ambiente, com a consequente degradação dos solos, por meio do processo de erosão e perda de fertilidade, alcançando as condições severas do processo de desertificação, tem sido um cenário comum na região semiárida do Nordeste brasileiro. Essa situação é decorrente da eliminação da cobertura vegetal, total ou parcial, em associação com o uso inadequado do solo, aliados às condições climáticas, com longos períodos de estiagem.

Sobre níveis de degradação das terras no trópico semiárido do Nordeste, Brasil (2004) afirma que as áreas em processo de desertificação são caracterizadas, além do critério do Índice de Aridez, a partir do uso de indicadores relacionados à propriedade e uso dos solos nas áreas mais secas do semiárido. (*apud* Falcão, 2013).

As ações de desmatamento da caatinga nativa, a garimpagem e a pecuária extensiva contribuíram com o processo de desertificação, causando grandes prejuízos econômicos e sociais à cadeia produtiva do semiárido. (Duarte 2008 citado por Falcão 2013).

Os solos nordestinos estão sofrendo um processo intenso de desertificação devido à substituição da vegetação natural por culturas, principalmente através de queimadas, Garda (1996). Ainda de acordo com o autor, o desmatamento e culturas irrigadas estão levando à salinização dos solos, aumentando ainda mais a evaporação da água neles contida e, dessa forma, acelerando o processo de desertificação. Podemos observar na (Figura 7) a seguir, a área coberta por atividades agrícolas no bioma Caatinga.

FIGURA 7 – Área coberta por atividades agrícolas no bioma Caatinga. (Baseado no mapa de vegetação do Brasil).



FONTE: IBGE, 1993.

2.2.5.1 Herbivoria por caprinos na Caatinga

O Consumo de tecidos vegetais vivos – herbivoria – é um processo fundamental em todos os ecossistemas da Terra (Huntly, 1991; Coley & barone, 1996 apud Dourado, 2014). A herbivoria em ecossistemas terrestres pode ser elevada, reduzindo o crescimento, (Rosenthal & Kotanen 1994), a reprodução (Rosenthal & Kotanen 1994; Krupnick et al, 1999) e a capacidade de competição das plantas (Coley 1983). Os danos causados por herbívoros podem ser observados em todos os tipos de tecido vegetal (Gallo et al. 1988) e, embora eles removam em média cerca 10% da vegetação, durante erupções ou processos sazonais de alguma população, a perda da folhagem pode chegar a 100% (Schowalter et al. 1986), influenciando a diversidade vegetal e modificando a estrutura da comunidade clímax (Coley & Barone 1996 apud Leal, Vicente & Tabarelli)

De acordo com Medeiros et al, (2000), a população caprina no Brasil é de cerca de 12 milhões de cabeças, sendo que 92% encontra-se nos estados do Nordeste, principalmente na região semi-árida coberta por vegetação de Caatinga.

Por sua vez Dourado (2014) cita em sua dissertação, de acordo com Parente (2009), que os caprinos e ovinos tem sido reconhecidos como grandes agentes de degradação da vegetação de ambientes áridos de todo o mundo. Mais especificamente, a herbivoria por ovinos esta associada á redução de varias espécies de plantas herbáceas.

Além disso, existem evidências que a herbivoria por caprinos pode afetar a estrutura, a capacidade de regeneração da vegetação Perevolotsky & Haimov (1992) e alterar drasticamente os padrões de ciclagem de nutrientes e de fluxo de energia nos ecossistemas (Severson & Debano 1991 apud Leal, Vicente & Tabarelli).

Embora a Caatinga seja um dos ecossistemas brasileiros mais degradados cerca de 60% já foi drasticamente alterada (Castelletti et al , 2003). No entanto, não há estudos que avaliem o efeito da herbivoria por caprinos sobre a manutenção de populações de plantas e sobre a estrutura dos tipos de vegetação que compõem a Caatinga, (Leal, Vicente & Tabarelli, 2003)

2.2.6 Degradação por pastagem

A degradação de pastagens é um fenômeno global. Estima-se que cerca de 20% das pastagens mundiais (naturais e plantadas) estejam degradadas ou em processo de degradação, sendo essa proporção pelo menos três vezes maior nas regiões mais áridas do planeta (United Nations Environment Programme, 2004 apud Dias-Filho, 2014).

Segundo a (Food and Agriculture Organization – FAO), citada por Dias-Filho (2014), em termos globais, uma das principais causas de degradação de pastagens de influência antrópica direta é o manejo inadequado, em particular o uso sistemático de taxas de lotação que excedam a capacidade do pasto de se recuperar do pastejo e do pisoteio. Uma pastagem pode ser considerada degradada dentro de um universo relativamente amplo de condições (Dias-Filho, 1998, 2011b). O autor afirma que, os extremos dessas condições são conceitualmente denominados “degradação agrícola⁸” e “degradação biológica⁹”.

⁸ Degradação agrícola há um aumento na proporção de plantas daninhas na pastagem, diminuindo gradualmente a capacidade de suporte, (Dias-Filho, 2014).

2.3 Erosão dos solos

O conceito de erosão está ligado aos processos de desgaste da superfície do terreno, por meio do desprendimento, transporte e deposição das partículas do solo, tendo como principais agentes o vento (erosão eólica) e a água (erosão hídrica). Quando ocorre dentro das condições naturais do ambiente, de maneira gradual e lenta, é denominada de erosão geológica ou normal, que condiciona a formação das estruturas do relevo da superfície da Terra.

Todavia, quando o homem atua como agente acelerador, por meio de práticas que desequilibram as condições naturais, há a remoção de grande massa de material em um curto período de tempo. Nesse caso, a erosão é denominada de acelerada (Bertoni e Lombardi Neto, 1999; Valle Júnior, 2008; Bigarella, 2007 apud Flauzino, 2012). Ver (Figura 8).

FIGURAS 8 – Exemplo de erosão acelerada – Mata Grande (AL).



FONTE: Autor, 2016.

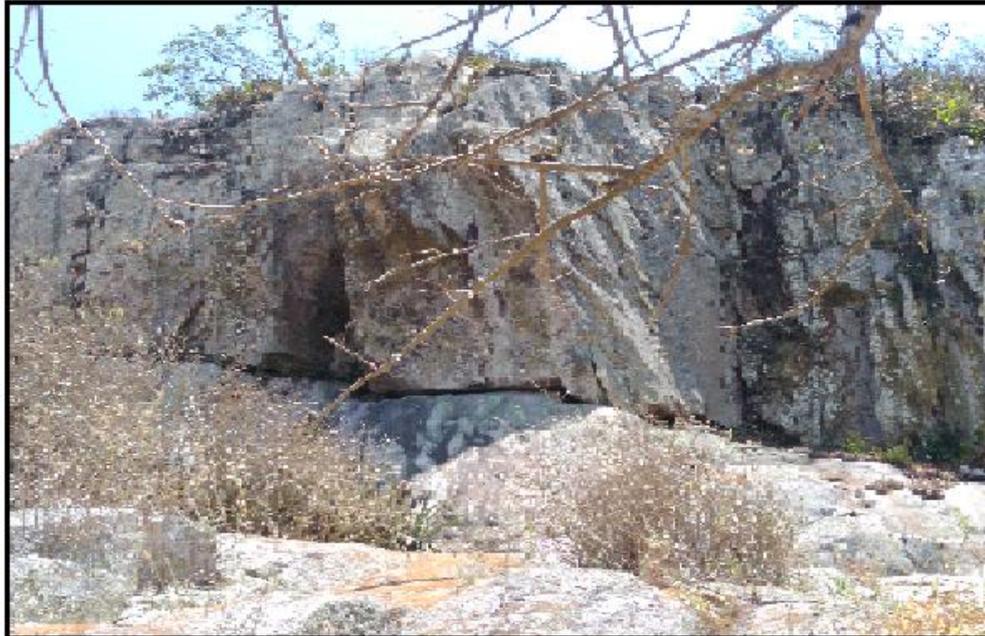
⁹ Degradação biológica, o solo perde a capacidade de sustentar a produção vegetal de maneira significativa, levando à substituição da pastagem por plantas pouco exigentes em fertilidade do solo, ou simplesmente ao aparecimento de áreas desprovidas de vegetação (solo descoberto), (Dias-Filho, 2014).

2.3.1 Erosões eólicas

Conforme Pena (2016) é o tipo de erosão causado pela ação dos ventos, que vão lentamente esculpindo as rochas e transportando as partículas dos solos. Para Brito (2012) no Brasil, não é a forma mais grave de degradação. Porém, em algumas regiões específicas do país, ocorre processo acelerado de desertificação, principalmente nas regiões Nordeste e Sul.

Ainda recorrendo Brito (2012), é provocada pela ação do vento e será mais intensa quanto maior a sua velocidade e a área livre de vegetação ou obstáculos naturais, está mais relacionada às grandes planícies sem cobertura vegetal. Nessas regiões, a energia cinética do vento desloca as partículas do solo. Dependendo da força e da velocidade do vento, são removidas as partículas mais finas (argilas e silte) e, posteriormente, as partículas mais grosseiras (areia). Como pode ser visto na (Figura 9) a seguir.

Figura 9 – Exemplo de erosões eólicas, (Serra da Onça – Mata Grande/AL).



FONTE: Autor, 2016.

2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS

Vários autores conceituam impactos ambientais, de forma geral, como toda ação provocada direta e indiretamente pelo homem contra o meio ambiente. Segundo Guerra et al (2005, p.15,17), os ambientes urbanos têm concentrado cada vez mais população no mundo e, em especial, no Brasil. Essa concentração, ligada a um crescimento desordenado e acelerado, tem provocado uma série de mudanças no ambiente.

De acordo com o autor, a concentração urbana no Brasil é da ordem de 80% da população, e o seu desenvolvimento tem sido realizado de forma pouco planejada, com grandes conflitos institucionais e tecnológicos. Um dos principais problemas relacionados com a ocupação urbana são as inundações e os impactos ambientais.

A resolução CONAMA¹⁰ N° 001, de 23 de janeiro de 1986, Artigo 1° - para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II – as atividades sociais e econômicas;
- III – a biota;
- IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V – a qualidade dos recursos ambientais.

Impacto ambiental de acordo com Guerra et al (2005,p.24,25) é, portanto, o processo de mudanças sociais e ecológicas, causado por perturbações (uma nova ocupação e/ou construção de um objeto novo: uma usina, uma estrada ou uma indústria) no ambiente. O autor ainda cita como à evolução conjunta das condições sociais e ecológicas estimulada pelos impulsos das relações entre forças externas e internas à unidade espacial e ecológica, histórica

¹⁰ RESOLUÇÃO CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE) N° 001, de 23 de janeiro de 1986. Art. 1°.

ou socialmente determinada. É relação entre sociedade e natureza que se transforma diferencialmente e dinamicamente.

Os impactos ambientais são escritos no tempo e incidem diferencialmente alterando as estruturas das classes sociais e reestruturando o espaço, Guerra et al (2005, p.25). Para o autor, é indivisível, e não é, obviamente, só resultado (de uma determinada ação realizada sobre o ambiente): é a relação (de mudanças sociais e ecológicas em movimento).

Impacto ambiental para Sanchès (2013) é claramente, o resultado de uma ação humana, que é a sua causa. Para o autor não se deve, portanto, confundir a causa com a consequência. Uma rodovia não é um impacto ambiental, uma rodovia causa impactos ambientais. Ver (Figura 10).

FIGURA 10 – *Construção da Rodovia AL – 145, que liga as cidades de Mata Grande (AL) / Água Branca (AL).*



FONTE: Autor, 2016.

Da mesma forma, um reflorestamento com espécies nativas não é um impacto ambiental benéfico, mas uma ação (humana) que tem o propósito de atingir certos objetivos ambientais, como a proteção do solo e dos recursos hídricos ou a recriação do hábitat da vida selvagem.

2.4.1 Impactos ambientais no Brasil

2.4.1.1 Um resumo histórico

Segundo o Programa Nacional de Capacitação de gestores ambientais: licenciamento ambiental do Ministério do Meio Ambiente – MMA (2009 pp.11,12), durante muitos anos, o desenvolvimento econômico decorrente da revolução industrial impediu que os problemas ambientais fossem considerados. A poluição e os impactos ambientais do desenvolvimento desordenado eram visíveis, mas os benefícios proporcionados pelo progresso eram justificados como um “mal necessário”, algo com que deveríamos nos resignar. Foi apenas na década de 1960 que o termo “meio ambiente” foi usado pela primeira vez – numa reunião do Clube de Roma¹¹ cujo objetivo era a reconstrução dos países no pós-guerra. Ali foi estabelecida a polêmica sobre os problemas ambientais.

A primeira manifestação de maneira institucionalizada, de política relacionada ao tema impacto ao meio ambiente veio com a criação do NEPA (National Environmental Policy Act) em 1969, nos Estados Unidos da América, institucionalizando, no ano seguinte, o processo de Avaliação de Impacto Ambiental – AIA, como um instrumento da sua política ambiental. Esse instrumento legal dispunha sobre os objetivos e princípios da política ambiental norte-americana, exigindo para todos os empreendimentos com potencial impactante, a observação dos seguintes pontos: identificação dos impactos ambientais, efeitos ambientais negativos da proposta, alternativas da ação, relação dos recursos ambientais negativos no curto prazo e a manutenção ou mesmo melhoria do seu padrão no longo prazo e, por fim, a definição clara quanto os possíveis comprometimentos dos recursos ambientais para o caso de implantação da proposta. Mais tarde, esse instrumento também foi adotado pela França, Canadá, Holanda, Grã-Bretanha e Alemanha.

No Brasil, as primeiras tentativas de aplicação de metodologias para avaliação de impactos ambientais foram decorrentes de exigências de órgãos financeiros internacionais para aprovação de empréstimos a projetos governamentais. Com a crescente conscientização

¹¹ O Clube de Roma foi constituído em 1968, composto por cientistas, industriais e políticos, que teve como objetivo discutir e analisar os limites do crescimento econômico levando em conta o uso crescente dos recursos naturais. Detectaram que os maiores problemas eram: industrialização acelerada, rápido crescimento demográfico, escassez de alimentos, esgotamento de recursos não renováveis, deterioração do meio ambiente. Um dos documentos mais importantes, em termos de repercussão entre os cientistas e os governantes foi o Relatório Meadows, conhecido como Relatório do Clube de Roma.

da sociedade, tornou-se cada vez mais necessária a adoção de práticas adequadas de gerenciamento ambiental em quaisquer atividades modificadoras do meio ambiente.

Essa preocupação levou o governo brasileiro a sancionar, em 1981, a Lei nº 6.938 que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente e cria o Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA ¹², contemplando fundamentos para a proteção ambiental no país, os quais vêm sendo regulamentados por meio de decretos, resoluções dos Conselhos Nacional, Estaduais e Municipais, normas e portarias.

2.4.2 Procedimentos e regulamentações

Segundo Berté (2009 p. 130,131) segue um resumo dos principais documentos de estudo de impacto ambientais úteis para o entendimento do assunto:

- **Avaliação de Impacto Ambiental (AIA):** foi instituída pela Lei Federal nº 6.938/1981, que estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e definiu a AIA como um dos seus instrumentos e com finalidade prática seu uso pelos sistemas de licenciamento de atividades poluidoras ou modificadoras do meio ambiente, bem como as atividades ligadas às entidades ambientais dos governos estaduais e, em casos especiais, da Secretaria Especial do Meio Ambiente (Sema).

- **Estudo do Impacto Ambiental (EIA):** estão englobadas nesse estudo várias atividades de cunho técnico e científico, como o diagnóstico ambiental, a identificação de fatores impactantes, a previsão e medição de impactos, além da interpretação e valoração de dados em relação a atividades impactantes, bem como a indicação de ações amenizadoras com programas de monitorização de tais atividades.

- **Relatório de Impactos Ambientais (Rima):** constitui-se em um documento do processo de Avaliação do Impacto Ambiental (AIA) e deve esclarecer todos os elementos do estudo (EIA), de modo que possam ser utilizados na tomada de decisão e divulgados para o público em geral (em especial, para a comunidade afetada).

¹² A atuação do SISNAMA se dá mediante articulação coordenada dos Órgãos e entidades que o constituem, observado o acesso da opinião pública às informações relativas às agressões ao meio ambiente e às ações de proteção ambiental, na forma estabelecida pelo CONAMA.

2.5 GEOTECNOLOGIAS

Os impactos indesejáveis da dominação humana dos recursos naturais, associados ao modelo de desenvolvimento incompatível com a ética ecológica, têm se tornado cada vez mais visível. Esses impactos têm gerado níveis críticos de degradação ambiental em diversas áreas do globo terrestre, (Batistella & Moran, 2008).

Ainda o autor afirma que nos últimos anos, as geotecnologias adquiriram caráter fundamental para pesquisas e monitoramentos ambientais, uma vez que possibilitam com eficiência a obtenção e tratamento de elevada quantidade de dados e informações sobre recursos naturais e que suas aplicações para gestão e monitoramento ambiental é muito amplo. Entre estas se incluem:

- **Elaboração e manutenção de bancos de dados:** configuram as bases cartográficas, os sistemas cadastrais, os censos demográficos e agropecuários e conjuntos de mapeamentos temáticos.
- **Gestão físico-territorial:** destacam-se as aplicações no planejamento do uso terra, diagnósticos e prognósticos (simulações e elaborações de cenários), análises de impacto ambiental, elaboração de zoneamentos, gestão de bacias hidrográficas, monitoramento de fontes poluidoras, entre outras.
- **Gestão de serviços:** aplica-se nas áreas de saúde e educação, localização e roteamento, segurança pública e defesa civil, gerenciamento dos serviços de água, esgoto, eletricidade, gás, telefone e coleta de lixo, entre outras.

As geotecnologias podem ser definidas como sendo um conjunto de tecnologias (Sistema de Informações Geográficas - SIG, Geoprocessamento, Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto e Sistema de Posicionamento Global - GPS), cujo fundamento principal é a coleta, processamento, análise e visualizações de informações com referência geográfica, possuindo em seu arcabouço técnico-metodológico premissas de processamento digital de imagens de satélites, elaboração de bancos de dados georreferenciados, quantificação de fenômenos da natureza, entre outras análises, proporcionando uma visão mais abrangente do ambiente numa perspectiva geossistêmica (Guerra, 2006 apud Albuquerque 2009).

Para Florenzano (2002) as geotecnologias referentes ao Sensoriamento Remoto e aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), estão cada vez mais interligadas, e suas aplicações nos diferentes campos do conhecimento têm intensificado.

2.5.1 Geoprocessamento

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas (Câmara & Davis 2001). Os autores afirmam que até recentemente, no entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel, portanto, isto impedia uma análise que combinasse diversos mapas e dados.

Com o desenvolvimento simultâneo da tecnologia de Informática na segunda metade deste século, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do Geoprocessamento (Câmara et al, 2001).

Parafraseando o autor, num país de dimensão continental como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o Geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente.

2.5.2 Sistemas de Informações Geográficas – SIG

A palavra sistema pode pertencer a qualquer sistema: biológico, de transporte, estéreo ou de computador. Entretanto, no contexto de análise de sistema de informação, a palavra sistema pertence a sistemas de computador que processam informação (Rocha, 2003).

Um dos conceitos principais dos sistemas de informação segundo Rocha (2003), consiste num conjunto de recursos nas áreas de diálogos, dados e construção de modelos conhecidos como paradigmas DDM (Diálogo, Dados e Modelos).

Um Sistema de Informações Geográficas (SIG) é a execução de cada aplicação de Geoprocessamento em computadores por meio de softwares que integram as bases geográficas aos bancos de dados e que possuem ferramentas adequadas às quais utilizam técnicas apropriadas para o desenvolvimento de análises espaciais, estatísticas, dentre outros, (Silva, 2006). Para o autor um SIG é responsável pela coleta, pelo armazenamento e pela recuperação de informações espaciais representadas por dados de localização e/ou coordenadas geográfica.

2.5.3 Sensoriamento Remoto

Historicamente, reconhece-se que o termo Sensoriamento Remoto foi criado para designar o desenvolvimento dessa nova tecnologia de instrumentos capaz de obterem imagens da superfície terrestre a distâncias remotas e que sua definição de forma mais conhecida ou clássica como, “uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto”, (Meneses et al, 2012),

Para o autor uma definição mais científica que se pode dar ao Sensoriamento Remoto seria:

“Uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres”.

Por sua vez Novo (2008), define Sensoriamento Remoto como sendo a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamentos de dados, equipamentos de transição de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõe em suas mais diversas manifestações.

2.5.3.1 Origem e evolução

O Manual of Remote Sensing (ASP, 1975, 1983) dividia a história do Sensoriamento Remoto em dois períodos principais: o período de 1860 a 1960, no qual o Sensoriamento Remoto era baseado na utilização de fotografias aéreas e o período de 1960 até os nossos dias, caracterizado pela multiplicidade de sistemas sensores, (Novo, 2008).

Com o avanço tecnológico, paralelamente a essas missões que demandavam grandes investimentos em lançadores e satélites de grande peso e potência, houve uma tendência para a construção de satélites menores, com o menor peso e potência e com cargas úteis menores, específicas para certas aplicações, (Novo, 2008).

Para o autor os sistemas de Sensoriamento Remoto disponíveis atualmente, fornecem dados repetitivos e consistentes da superfície da Terra, os quais são de grande utilidade para diversas aplicações dentre as quais destacam:

- Urbanas (inferência demográfica, cadastro, planejamento urbano e suporte ao setor imobiliário).
- Agrícolas: condição das culturas, previsão de safras e erosão de solos.
- Geológicas: minerais, petróleo e gás natural.
- Ecológicas (regiões alagadas, solos, florestas, oceanos e águas continentais).
- Florestais (produção de madeiras, controle de desflorestamento e estimativa de biomassa).
- Cartográficas (mapeamento topográfico, mapeamento temático e atualização de terra).
- Oceanográficas (produtividade primária, monitoramento de óleo, estudo costeiro, circulação oceânica, etc.).
- Hidrológicas (mapeamento de áreas afetadas por inundações, avaliação de consumo de água por irrigação e modelagem hidrológica).
- Limnológicas (caracterização da vegetação aquática, identificação de tipos de água e avaliação do impacto do uso da terra em sistemas aquáticos).

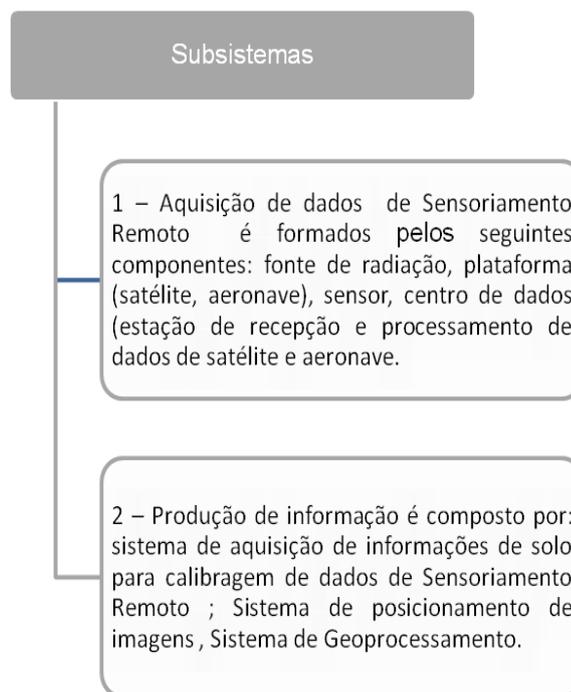
- Militares e muitas outras.

Cada uma dessas aplicações tem requisitos de frequência de revistas, resolução espectral, espacial e radiométrica, faixa imageada diferentes entre si.

2.5.3.2 Sensoriamento Remoto como sistema aquisição de informação

Segundo Novo (2008) afirma que o Sensoriamento Remoto como um sistema de aquisição de informação, pode ser dividido em dois grandes subsistemas, (Figura 11):

FIGURA 11 – Sensoriamento Remoto como um sistema de aquisição de informação.



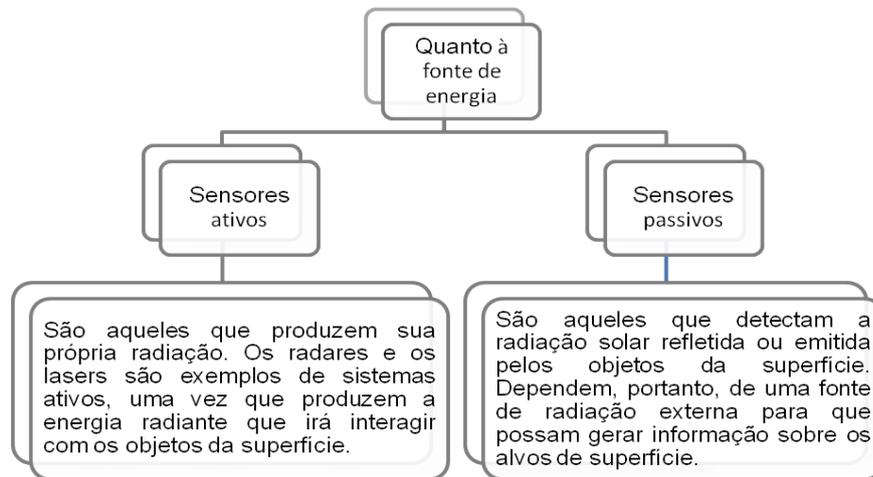
FONTE: Adaptado NOVO, 2008.

2.5.3.3 Sistemas Sensores

Os sensores são os sistemas responsáveis pela conversão de energia proveniente dos objetos em um registro na forma de imagem ou gráfico que permita associar a distribuição da

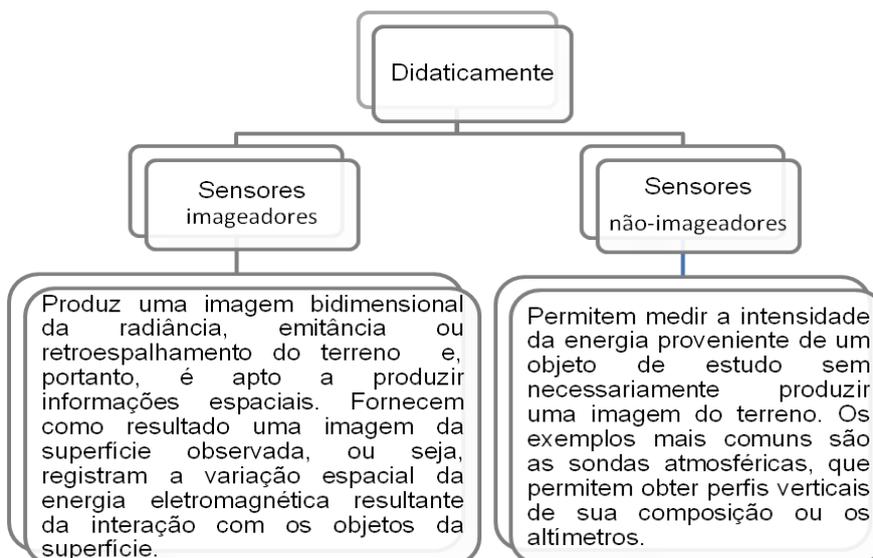
radiância, emitância, ou retroespalhamento com suas propriedades físicas, químicas, biológicas ou geométricas, (Novo, 2008). Para o autor os sensores podem ser classificados de diferentes maneiras: quanto à energia (Figura 12) e didaticamente (Figura 13).

Figura 12 – Classificação de sensores quanto à fonte de energia.



FONTE: Adaptado NOVO, 2008.

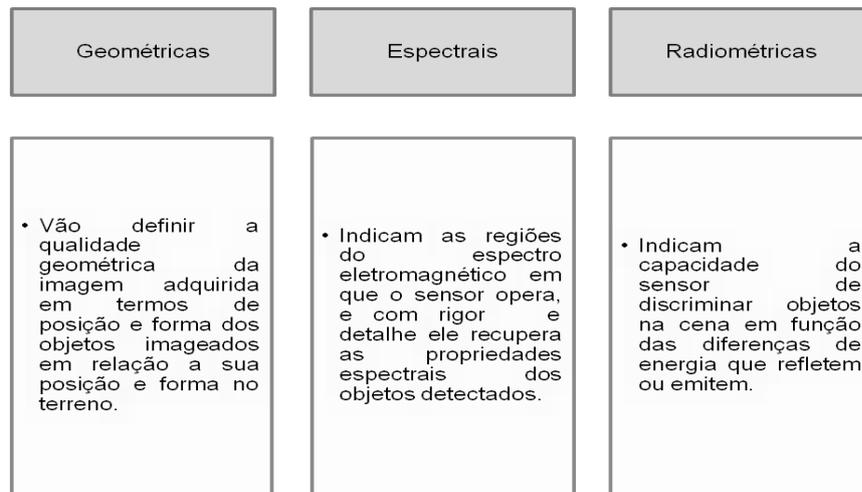
FIGURA 13 – Classificação de sensores didaticamente.



FONTE: Adaptado NOVO, 2008.

Independentemente do tipo de sensor, ainda recorrendo Novo (2008), afirma que ele é caracterizado por alguns elementos básicos, que indicam o que usuário pode esperar dos dados por ele coletados. Enquanto as características intrínsecas de um sistema sensor podem ser classificadas conforme o diagrama a seguir, (Figura 14):

FIGURA 14 – Características intrínsecas de um sistema sensor.



FONTE: Adaptado NOVO, 2008.

2.5.3.4 Sensores Termiais

Objetos que tem temperatura acima do zero absoluto (0 k) emitem energia eletromagnética. Portanto, todas as feições que encontramos cotidianamente na paisagem como vegetação, solo, rocha, água e pessoas, emitem radiação eletromagnética infravermelha termal na porção de 3,0 – 14 μ m, (Jensen, 2009).

Felizmente, cientistas desenvolveram detectores que são sensíveis à radiação infravermelha termal. Esses sensores permitem aos humanos conhecerem um mundo de informação anteriormente invisível ao monitorarem as características térmicas das paisagens, (Jensen, 2009).

Os sensores termiais possuem componentes semelhantes àqueles que operam no visível e no infravermelho próximo, (Novo, 2008). Segundo o autor, a diferença fundamental é que o

sinal a ser detectado é relativamente mais fraco nessa região do espectro, e que os detectores de radiação termal disponíveis são menos sensíveis de que os detectores de radiação no visível e infravermelho próximo.

Outro componente fundamental de um sensor termal é o sistema de calibração, (Novo, 2008). Conforme com o autor, esse consiste de fontes de calibração (termistores) com diferentes temperaturas variando dentro dos extremos que se pretende detectar na superfície terrestre.

Jensen (2009) citando Quattrochi e Luvall (2004), afirmam que os sistemas de infravermelhos termais de Sensoriamento Remoto registram a radiação infravermelha termal, as quais podem usar para determinar:

1. o tipo de material com base nas suas características de emissão térmica, e/ou,
2. se mudanças significativas ocorrerem nas características termais desses fenômenos ao longo do tempo.

2.5.3.5 Sensores de Alta Resolução

De acordo com Novo (2008), a expressão “sensores de alta resolução” foi cunhada para se referir a sensores, que colocados em órbita, permitem adquirir imagens da superfície terrestre com resolução espacial menor que 5 metros. Foi construído com material leve e de dimensões relativamente reduzidas (se comparadas aos sistemas de imageamento a bordo de sensores de média resolução).

2.5.4 Sensoriamento Remoto da Vegetação

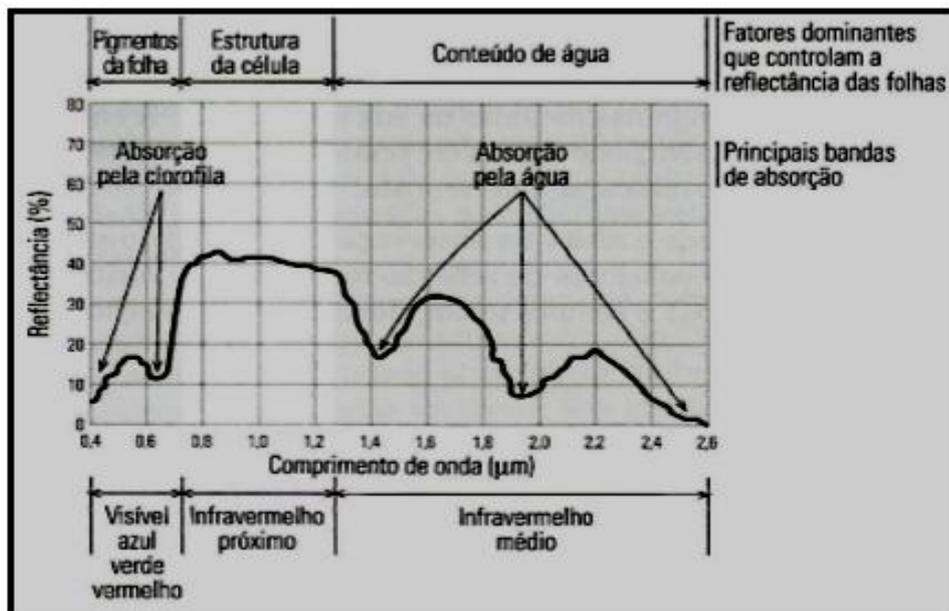
Aproximadamente 70% da superfície terrestre é recoberta com vegetação. Além disso, a vegetação é um dos mais importantes componentes dos ecossistemas. Conhecimentos sobre variações espécies e dos padrões de distribuição das comunidades vegetais, alterações dos ciclos fonológicos (crescimento), e modificações na fisiologia e na morfologia da planta

proveem importantes informações sobre as características climáticas, edáficas, geológicas e fisiográficas de uma área, (Weiers et al. 2004, Jakson e Jensen, 2005 apud Jensen, 2009).

As plantas segundo Jensen (2009) adaptaram sua estrutura interna e externa para realizar a fotossíntese. Esta estrutura e suas interações com a energia eletromagnética tem um impacto direto na forma como as folhas e os dosséis vegetais, aparecem espectralmente quando registrados usando instrumentos de Sensoriamento Remoto.

As características de absorção dos dosséis vegetais podem ser associadas a outros dados de Sensoriamento Remoto para identificar estresse, produtividade e outras variáveis híbridas da vegetação. Portanto, o uso de espectrômetros imageadores de alta resolução espectral é particularmente útil para medir as características de absorção e a reflectância¹³ da radiação fotossinteticamente ativa, (Jensen, 2009). Ver (Gráfico 4) abaixo.

GRÁFICO 4 – Curva média da vegetação fotossinteticamente ativa.



FONTE: NOVO, 2008.

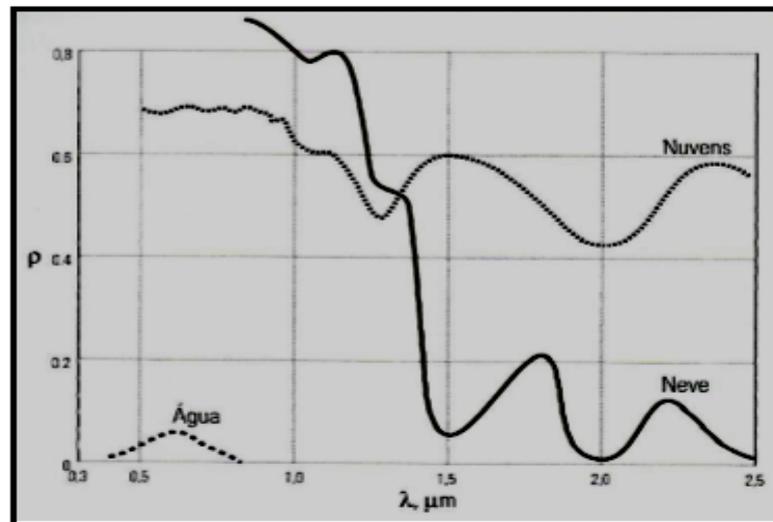
¹³ Reflectância é a razão entre a quantidade de energia radiante que deixa uma unidade de área no terreno (Radiância) pela quantidade de energia incidente naquela área (Irradiância), medida no mesmo instante de tempo, (Meneses e Almeida, 2012).

2.5.5 Sensoriamento Remoto da Água

A água cobre aproximadamente 74% da superfície da Terra. Em nenhum outro lugar do universo conhecido, esse líquido ocorre com tal abundância. Quase 97% do volume de água da Terra ocorrem nos grandes oceanos salinos. Apenas cerca de, 0,02% da água da Terra está presente em córregos de água doce, rios, lagos e reservatórios. O restante da água está contido nos aquíferos subterrâneos (0,6%), na atmosfera da Terra sob a forma de vapor d'água (0,001%) e nas coberturas de gelo (aproximadamente 2,2 %), (Jensen, 2009).

A água, parafraseando Novo (2008), apresenta-se na natureza sob diferentes estados físicos, os quais influenciam de modo fundamental seu comportamento espectral. Como pode ser visto (Gráfico 5) a seguir:

GRÁFICO 5 – Comportamento espectral da água em seus diferentes estados físicos.



FONTE: NOVO, 2008.

Conforme observado no gráfico 5, o comportamento espectral da água em seus diferentes estados físicos apresenta algumas características das quais são oportunas citar para o entendimento desse assunto:

a) A água em seu estado líquido apresenta baixa reflectância entre 0,38μm e 0,70 μm ($\rho < 1$), absorvendo toda radiação acima de 0,70μm.

b) A água em forma de nuvens apresenta altíssima reflectância ($\rho = 0,7$) entre $0,38 \mu\text{m}$ e $2,5 \mu\text{m}$, com bandas de absorção ampla em torno de $1,0 \mu\text{m}$, $1,3\mu\text{m}$ e $2,0 \mu\text{m}$.

c) A água em forma de neve apresenta elevada reflectância (maior que as das nuvens) entre $0,7 \mu\text{m}$ e $1,2 \mu\text{m}$; de $1,2 \mu\text{m}$ a $1,4 \mu\text{m}$ a reflectância decresce com um gradiente altíssimo (de $0,8$ a $0,2$), atingindo valores de (ρ) inferiores a $0,1$ em $1,5 \mu\text{m}$. Entre $1,5 \mu\text{m}$ e $2,0 \mu\text{m}$, há um aumento de reflectância da neve (Máximo em $= 1,75 \mu\text{m}$ quando atinge um valor de $\rho = 0,2$). Em $2,0\mu\text{m}$, a reflectância aproxima de zero para aumentar até $0,2\mu\text{m}$ em torno de $2,25 \mu\text{m}$.

Ainda citando NOVO (2008), a água pura tem baixa reflectância mesmo na região visível do espectro. Quanto mais pura (sem constituintes suspensos ou dissolvidos), mais baixa é sua reflectância, devido ao pequeno coeficiente de espalhamento e elevada transmitância.

2.5.6 Sensoriamento Remoto da Paisagem Urbana

As paisagens urbanas são compostas por um conjunto diversificado de materiais (concreto, asfalto, metal, plástico, telhas de madeira, vidro, água, grama, vegetação arbustiva, árvores e solo) dispostos de maneira complexa pelo homem para a construção de habitação, sistema de transporte, estabelecimento de comércio e serviços, instalações industriais e área recreacionais, (Small, 2004 apud Jensen, 2009). Por sua vez, afirma que, para o Sensoriamento Remoto de fenômenos urbanos, é necessário a princípio investigar características das resoluções temporais, espectrais e espaciais dos atributos urbanos.

2.5.6.1 Resolução Temporal Urbana/Periurbana

Três tipos de resolução temporal segundo Jensen (2009) devem ser considerados no monitoramento de ambiente urbano com usos de dados de Sensoriamento Remoto:

1. Fenômenos urbanos/periurbanos frequentemente ocorrem em um ciclo de desenvolvimento identificável, a semelhança do ciclo fonológico observável na vegetação.
2. Refere-se à periodicidade do sistema Sensor Remoto para aquisição dos dados de uma paisagem urbana.
3. Refere-se à frequência com que os gestores do solo urbano requerem certo tipo de informação.

2.5.6.2 Resolução Espectral Urbana/Periurbana

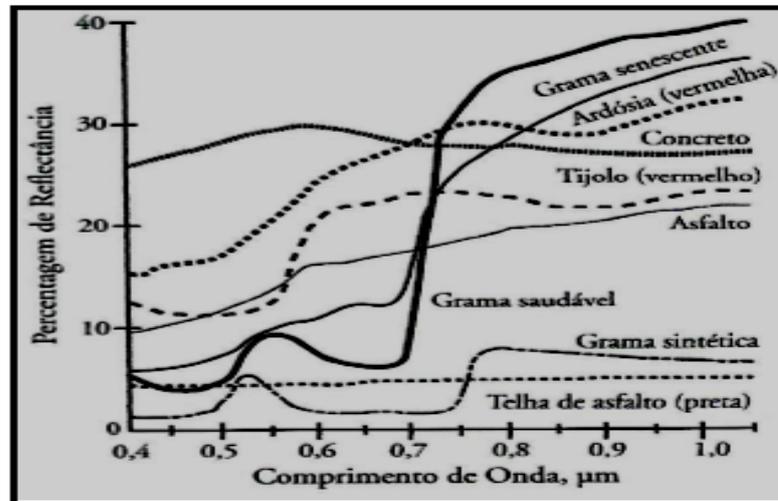
Muitos analistas de imagens, de acordo com Jensen (2009), concordariam com o fato de que, quando se extrai informação urbana/periurbana a partir de dados de Sensores Remotos, é frequentemente mais importante ter elevada resolução espacial do que elevada resolução espectral.

2.5.6.3 Resolução Espacial Urbana/Periurbana

Analistas de imagens qualificados baseiam-se em tons de cinza ou cores de fotografias aéreas ou outros tipos de imagens para a extração de informações urbanas úteis. Entretanto, em muitos casos, os elementos espaciais geométricos para a interpretação de imagens, tais como, forma do objeto, tamanho, textura, orientação, padrão e formato da sombra, não são suficiente para a extração de informação desejada, (Jensen, 2009).

Ainda segundo o autor, geralmente quanto mais elevada à resolução espacial dos dados dos sensores remotos, mais detalhada é a informação que se pode extrair do ambiente urbano. No Gráfico 6 a seguir, temos uma representação das curvas de percentual de reflectância para materiais comuns encontrados em ambientes urbanos.

GRÁFICO 6 – Curvas de percentual de reflectância para materiais comuns encontrados em ambientes urbanos.



FONTE: JENSEN, 2009.

2.5.7 Sensoriamento Remoto de Solos, Minerais e Geomorfologia

Somente 26% da superfície terrestre é de terras expostas. Os restantes 74% são cobertos por água (incluindo ilhas interiores, lagos, reservatórios e rios). Quase toda a humanidade vive sobre uma base sólida terrestre composta de rochas ou de rochas intemperizadas, que chamamos de solos, (Jensen, 2009).

Segundo o autor, o Sensoriamento Remoto pode desempenhar importante função na identificação, inventário e mapeamento dos solos superficiais terrestres, especialmente quando não estão cobertos de vegetação, como também, auxiliar na modelagem da erosão dos solos e para outros modelos hidrológicos.

O Sensoriamento Remoto pode prover informações sobre a composição química de rochas e minerais da superfície terrestre que não estejam completamente recobertos por vegetação densa. Para isso, o autor afirma que a grande ênfase é colocada no entendimento de banda de absorção específica associada com determinados tipos de rochas e minerais, quando é utilizado espectroscopia de imageamento. Em alguns casos, pode ser utilizado para identificar relações geobotânicas e para identificar geoquímicas dos solos ou tipos de rochas, (Jensen (2009), cita Dalton et al (2004); Hook et al (2005) e Rowan et al (2000)).

O objetivo principal do Sensoriamento Remoto de solos e de minerais é o de separar a radiação de interesse das distâncias de todos os outros componentes que estão sendo registradas pelo Sistema de Sensor, (Jensen, 2009). De acordo com o autor, rochas são assembleias de minerais interligados entre si ou que estão mantidos unidos por vários tipos de cimento (usualmente sílica ou carbonato cálcico). Quando praticamente não ocorre vegetação a superfície e, desta forma, os solos e as rochas são visíveis diretamente por sistemas de Sensoriamento Remoto, pode tornar-se possível diferenciar entre vários tipos de rochas e obter informações sobre suas características.

O estudo da geomorfologia¹⁴ segundo Jensen (2009), envolve uma análise em relação a cinco processos principais que promovem constante erosão ou deposição de materiais, incluindo o movimento da água (fluvial), gelo (glacial), vento (eólico) e águas subterrâneas. Desta forma, cientistas rotineiramente utilizam a visão sinóptica proporcionada pelos dados de sensores remotos visando identificar e interpretar feições geomorfológicas na superfície terrestre. Portanto, a identificação, o entendimento e a avaliação quanto à natureza das formas de relevo visíveis em imagens de Sensoriamento Remoto, é um dos grandes benefícios da ciência do Sensoriamento Remoto.

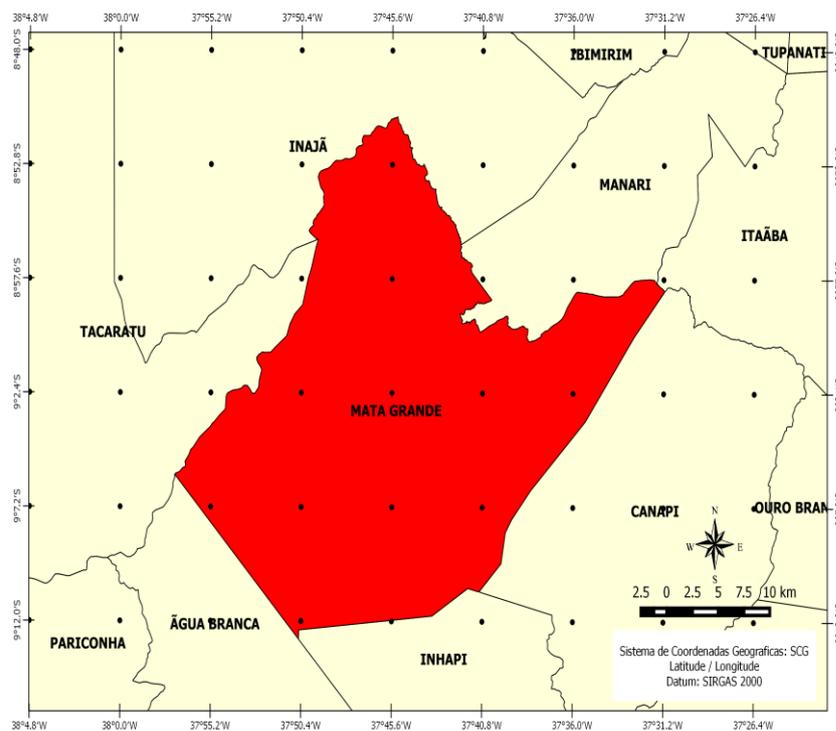
¹⁴ Geomorfologia: é ciência que estuda a natureza e a história das formas de relevo, bem como os processos de intemperismo, erosão e deposição que as originaram. (BOCCO et al 2005).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterizações da área de estudo

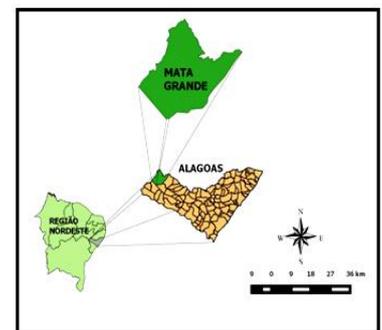
O Município de Mata Grande¹⁵ está localizado no extremo NW do Estado de Alagoas, limitando-se a Norte com os Municípios de Manari (PE) e Inajá (PE), a Sul com Inhapi (AL) e Água Branca (AL), a Leste com Canapi (AL) e a Oeste com Tacaratu (PE) e Água Branca (AL). Como pode ser visto no mapa de localização (Figura 15).

FIGURA 15 – Mapa de localização do Município de Mata Grande (AL) e suas divisas com cidades do Estado de Pernambuco.



FONTE: Autor, 2016.

FIGURA 16 – Localização de Mata Grande no Estado de Alagoas.



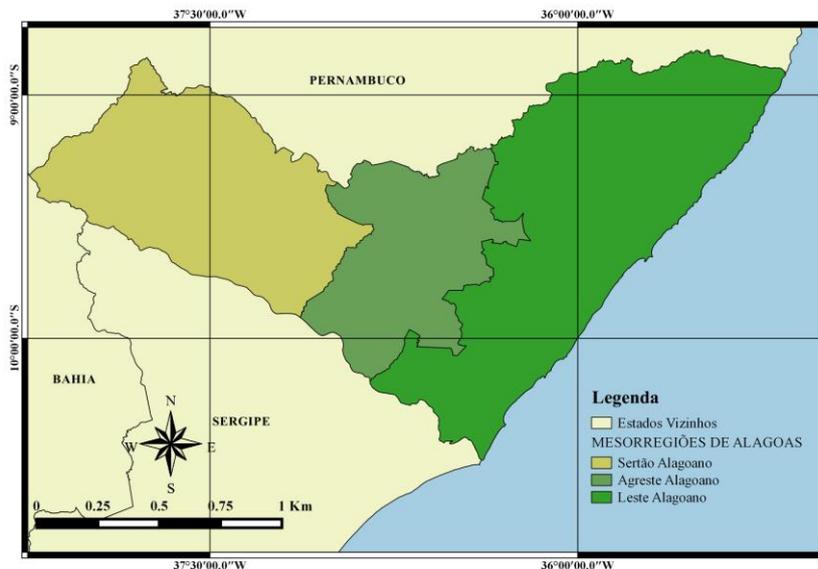
FONTE: Autor, 2016.

A área municipal ocupa 914.726 km² um total de 3,3% da área territorial do Estado de Alagoas, IBGE (2016), inserida na mesorregião do Sertão Alagoano e na microrregião

¹⁵ Texto compilado do Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do Município de Mata Grande, estado de Alagoas/ Organizado por João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

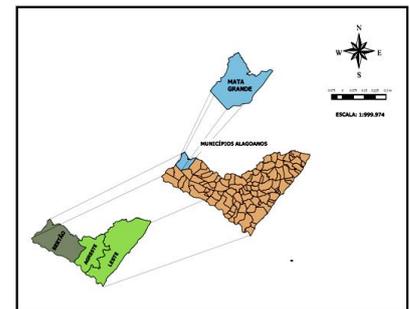
Serrana do Sertão Alagoano, sendo o Município com a maior área dessa região. Ver (Figura 17 e 18).

FIGURA 17 – Mapa das mesorregiões de Alagoas.



FONTE: Autor, 2016.

FIGURA 18 – Localização de Mata Grande (AL) na mesorregião.



FONTE: Autor, 2016.

Predominantemente na Folha Delmiro Gouveia (AL), editada pelo (MINTER/SUDENE, 1996). A sede do Município tem uma altitude aproximada de 633 m e coordenadas geográficas de 9°07'06" de latitude sul e 37°44'04" de longitude Oeste.

3.2 Aspectos Socioeconômicos

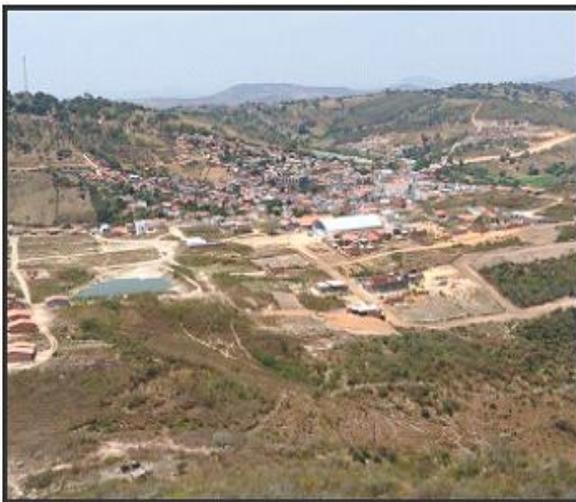
O Município foi criado em 1837 e desmembrado de Traipu (AL). Segundo o IBGE (2016), a população estimada de Mata Grande (AL) é de 25.589. As principais atividades econômicas são: comércio, serviços, agropecuária e atividades de extrativismo vegetal e silvicultura. O extrativismo vegetal produz 38 t de carvão vegetal e 58.000 m³ de lenha, evidenciando a existência de sérios problemas ambientais em uma região semiárida.

3.3 Aspectos Fisiográficos

O Município de Mata Grande (AL) de acordo com CPRM/PRODEEM (2005) está inserido predominantemente na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja (cerca de 70%), que representa a paisagem típica do semiárido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplanação¹⁶ bastante monótona, relevo predominantemente, suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas.

Esses relevos isolados testemunham os ciclos intensos de erosão que atingiram grande parte do sertão nordestino. O restante da área do Município está inserido na unidade geoambiental do *Planalto da Borborema*¹⁷ (cerca de 30%), formada por maciços e outeiros altos, com altitude variando entre 650 a 1.000 metros, apresentando relevo geralmente bastante movimentado, com vales profundos e estreitos, (CPRM/PRODEEM, 2005). Ver (Figuras 19 e 20) a seguir:

FIGURA 19 – Vista panorâmica da cidade de Mata Grande-AL



FONTE: Autor, 2016.

FIGURA 20 – Representação do relevo da cidade de Mata Grande-AL



FONTE: Autor, 2016.

¹⁶ A Teoria da Pediplanação é considerada como a terceira grande teoria sobre a evolução do relevo terrestre. Sua teoria possui um plano de fundo climático onde considera que as ações climáticas são as principais responsáveis pela formação das superfícies aplainadas. Segundo este modelo, duas condições se destacam no processo de elaboração de tais superfícies: a calma tectônica ou ausência relativa de eventos intracrustais e, principalmente, a atuação de um clima com tendências à aridez, (King, 1953).

¹⁷ O Planalto da Borborema é caracterizado por sua estrutura cristalina, correspondendo a um dobramento antigo bastante erodido. Estende-se de Alagoas ao Rio Grande do Norte, com superfície elevadas de altitude entre 700 e 800 metros, das quais se destacam grandes blocos residuais, como a Serra do Teixeira, onde se localiza o Pico do Jabre, com 1090 metros, no estado da Paraíba, (Rocha, 2010).

3.4 Vegetação

A vegetação é basicamente composta por Caatinga¹⁸ Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifolia, (Parahyba et. al., 2007). A Caatinga¹⁹ é uma das maiores e mais distintas Bioma brasileiro, (Ferri, 1980). Ela compreende uma área aproximada de 800.000 km², representando 70% da região nordeste e 11% do território nacional, (Bucher, 1982).

O Município apresenta uma formação arbustiva predominando dois estratos principais: o estrato herbáceo e o estrato arbustivo. Costa et. al. (2016) citando (Araújo, 2003; Araújo et. al., 2005) com relação às herbáceas, representam uma parcela significativa da biodiversidade na Caatinga, essa variedade nas espécies não se restringe a um hábito específico, podendo a vegetação desse estrato, variar de acordo com o hábitat no qual está inserido (rochoso plano ou em margens de corpos hídricos).

Dentro do grande domínio do Semiárido, os corpos de água e os locais alagados têm vegetações sem nenhuma característica de adaptação à aridez (França et al., 2003). No limite leste do Semiárido, juntando-se com o subúmido, as Caatingas arbóreas interconectam-se com as matas secas (Cestaro; Soares, 2004). Nos locais mais úmidos das serras, a Caatinga, gradualmente, dá lugar a matas secas e, em alguns pontos as matas muito semelhantes às costeiras, pelo seu porte. Esses locais são mais numerosos no maciço da Borborema, onde são chamados de brejos de altitude (Pôrto; Cabral; Tabarelli, 2004, Rodal; Sales, 2008), mas de acordo com Vicente, (1997) ocorrem também nas Serras de Mata Grande. Ver (Figura 21).

¹⁸ A Caatinga Hiperxerófila apresenta uma vegetação de porte mais baixo que na caatinga hipoxerófila (é uma formação fitoecológica que apresenta árvores e arbustos com espinhos, mas possui aspecto menos agressivo), ocorrendo, dentre outras, leguminosas, solanáceas, bignoniáceas, cactáceas e euforbiáceas, (Santos e Jerônimo, 2013).

¹⁹ O termo Caatinga é de origem indígena e significa mata clara e aberta.

FIGURA 21 – Vegetação arbustiva localizada na Serra da Onça no Município de Mata Grande - AL.



FONTE: Autor, 2016.

De acordo com o MMA (2007) a região apresenta árvores baixas e arbustos, que em geral perdem as folhas na estação das secas (espécies caducifólias), além de muitas cactáceas. Algumas das espécies mais comuns da região são as emburanas, a aroeira, o umbuzeiros, a baraúna, a maniçoba, a macambira, o mandacaru e o juazeiro.

FIGURA 22 – Vegetação arbustiva e herbácea, localizada na Serra da Onça, Mata Grande - AL.



FONTE: Autor, 2016.

FIGURA 23 – Macambira, espécie típica da região.



FONTE: Autor, 2016.

3.5 Clima

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET²⁰, define clima em um nível mais simples, como:

“Em sentido estreito, pode ser considerado o *tempo médio*, ou de uma forma cientificamente precisa, como *a descrição estatística em termos de média e variabilidade de quantidades relevantes durante determinado período de tempo*”.

Em sentido mais amplo, como:

“O clima é o status do sistema de clima que compreende a atmosfera, a hidrosfera, a criosfera, a litosfera de superfície e a biosfera. Todos estes elementos determinam o estado e a dinâmica do clima da Terra”.

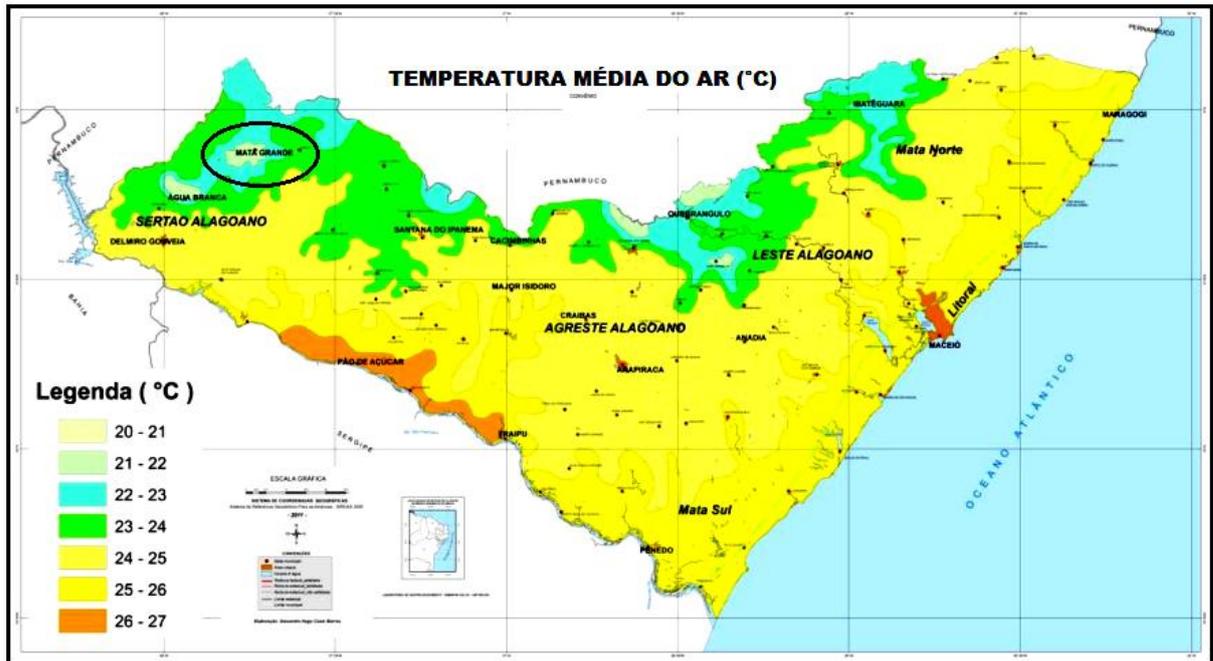
A originalidade dos Sertões no Nordeste brasileiro resume num compacto feixe de atributos: climático, hidrológico e ecológico. Na realidade, os atributos do nordeste seco estão centrados no tipo de clima semiárido regional, muito quente e sazonalmente seco, que projeta derivadas radicais para o mundo das águas, o mundo orgânico das Caatingas e o mundo socioeconômico dos viventes dos sertões, (Ab’Sáber, 2003).

A proximidade da linha do Equador é fator que condiciona um número elevado de horas de incidência solar por ano e, conseqüentemente, índices acentuados de evapotranspiração, Barros et al (2012) e a temperatura, ao longo de grandes estirões da colina sertaneja, é quase sempre muito elevada e relativamente constante que dominam temperaturas médias entre 25 e 29°C, (Ab’Sáber, 2003).

Ainda recorrendo Barros et al (2012), o estado de Alagoas não apresenta grandes oscilações com relação à temperatura média do ar, variando, no sertão, entre 17°C e 33°C e que no extremo oeste do estado, estendendo-se aos Municípios de Água Branca e Mata Grande (área em estudo), observam-se temperaturas médias em torno de 20°C a 21°C. O autor ainda afirma que no Município de Mata Grande-AL, localizado no sertão do estado, são encontradas as temperaturas médias do ar mais amenas. Ver (figura 24) abaixo:

²⁰ Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, promove informações meteorológicas à sociedade brasileira.

FIGURA 24 – Mapa de distribuição da temperatura média anual do ar para o Estado de Alagoas.



FONTE: Adaptado, BARROS et al., 2012.

O clima de Mata Grande é do tipo Tropical Semiárido, com chuvas de verão. A precipitação média anual é de 431,8mm, (Parahyba et al. 2007). Nessa região semiárida (Caatinga), comparadas a outras formações brasileiras, apresentam muitas características extremas dentre os parâmetros meteorológicos: a mais alta radiação solar, baixa nebulosidade, a mais alta temperatura média anual, as mais baixas taxas de umidade relativa, evapotranspiração potencial mais elevada, e, sobretudo, precipitações mais baixas e irregulares, limitadas, na maior parte da área a um período muito curto no ano, (Reis, 1976).

A natureza semiárida desta área resulta principalmente da predominância de massas de ar estáveis empurradas para o Sudeste pelos ventos Alísios, que têm sua origem na ação do anticlone do Atlântico Sul, (Prado, 2003). Sabe-se²¹ que as precipitações tropicais acontecem em grande parte, como resultado da ação das chamadas “Zonas de Convergência Tropical - ZCT”. Nessas zonas características dos Trópicos, ventos carregados de umidade e próximos à superfície convergem e sobem, permitindo a formação de nebulosidade convectiva, nuvens cúmulos-nimbos em suas formas de torre características e chuvas intensas. As zonas de

²¹ Texto compilado do produto de consultoria elaborado por Otamar de Carvalho e João Bosco de Oliveira “Programa de Combate a Desertificação – Proágua Semiárido – Antidesertificação”, (Carvalho & Oliveira, (2006) apud M.M.A. Atlas (2007)).

convergência mais importantes são a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, a Zona de Convergência do Pacífico Sul – ZCPS e a Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS. Vários fatores influenciam no posicionamento dessas zonas de convergência. Dentre eles, vale a pena destacar um fenômeno muito estudado nos últimos anos, popularmente conhecido como, “El niño” que, consiste no aquecimento anômalo das águas do oceano Pacífico. Em anos de El niño verifica-se redução das precipitações no Nordeste do Brasil, como ocorreu nos anos de 82- 83.

As secas incidem com maior frequência sobre os espaços diretamente influenciados pela Zona de Convergência Intertropical – ZCIT quer as secas sejam anuais ou plurianuais. Das secas até hoje observadas, 81 a 100% ocorreram nesse espaço. As secas que incidem a partir dessa área, nas direções Leste, Sul e Oeste. Há anos em que a variabilidade climática decorrente da ação da ZCIT é combinada com os fatores que determinam o regime pluviométrico na Região Litoral – Mata e no Nordeste meridional.

Os problemas subjacentes à semiaridez também apresentam uma expressiva dimensão social. Essa dimensão está caracterizada pelos impactos socioeconômicos da seca sobre os contingentes populacionais da região, em particular sobre os que dispõem de menor poder de compra, residentes no campo ou nas cidades. No semiárido, as secas continuam produzindo impactos negativos sobre as atividades humanas, tanto em termos ambientais, quanto econômicos e sociais.

No período seco existem nuvens esparsas, mas não chove. Na longa estiagem os sertões funcionam, muitas vezes, como semidesertos nublados, (Ab’Sáber, 2003). Tais impactos são mais agudos em função do ainda baixo grau de desenvolvimento das forças produtivas naqueles espaços, Carvalho & Egler (2003), contribuem, ademais, para ampliar as áreas de processos de degradação ambiental.

3.6 Solos

Para Tavares (2008), citando Jenny (1941), define solo, como:

“o resultante da interação de cinco fatores ambientais: material de origem, clima, relevo, organismos e tempo”.

A EMBRAPA (1999) considera como uma coleção de corpos naturais constituídos por parte sólida, líquida e gasosa, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais. Contém matéria viva e podem ser vegetados.

O conhecimento dos solos e dos ambientes segundo Parahyba et al. (2007), que constituem as paisagens de uma região ou uma pequena propriedade rural permite organizar e planejar de forma racional as atividades agrossilvipastoris. Para o autor, a utilização dos solos deve ser feita de acordo com suas potencialidades e limitações, o que possibilita um processo de sustentabilidade para as gerações presentes e futuras.

De acordo com Parahyba et al. (2007), no Município de Mata Grande (AL), foram identificadas 9 classes de solos, de primeiro nível, distribuídas em 19 unidades de mapeamento. Constatou-se a predominância dos Neossolos Regolíticos²² e Neossolos Litólicos²³, perfazendo um total de aproximadamente 58% da área. Nos 42% restantes da área, ocorrem Argissolos²⁴, Planossolos²⁵, Neossolos Quartzarênicos²⁶, Luvisolos²⁷,

²² Neossolos Regolíticos: são pouco profundo a profundos, possuem boa permeabilidade e média a baixa fertilidade natural, indicando pequena reserva de nutrientes, (PARAHYBA et al. 2007).

²³ Neossolos Litólicos: são rasos e na área apresentam textura arenosa e média. São desenvolvidos de substratos rochosos constituídos por granitos e gnaisses, que, por vezes, afloram, podendo ser acompanhados também por pedregosidade, (PARAHYBA et al. 2007).

²⁴ Argissolos: Compreende solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais à presença de horizonte B (horizontes são subseções do perfil do solo, aproximadamente paralelas à superfície do solo, que apresentam características morfológicas e atributos físicos, químicos e mineralógicos suficientemente distintos para individualizá-las segundo critérios morfogenéticos, que estabelecem a base conceitual dos horizontes) textural de argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alumínico, (EMBRAPA, 2006)

²⁵ Planossolos: compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que geralmente contrasta abruptamente com o horizonte B (horizonte mineral subjacente ao horizonte A ou E, constituindo o horizonte de maior desenvolvimento pedogenético com maior concentração de compostos de ferro e argilo-minerais e menor quantidade de matéria orgânica do que o horizonte) imediatamente subjacente, adensado, de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspensão), de existência periódica e presença variável durante o ano, (EMBRAPA, 2006).

²⁶ Neossolos Quartzarênicos: são muito profundos a profundos, excessivamente drenados, baixa fertilidade natural (CTC muito baixa) e baixa capacidade de retenção de água. São originários de rochas sedimentares areníticas. Ocorrem em superfícies arenosas pouco movimentadas, com relevo do tipo plano a suave ondulado, (PARAHYBA et al. 2007).

²⁷ Luvisolos: são solos minerais com horizonte textural (Bt) com atividade de argila alta e saturação por base alta. Possuem (Bt) textura médio-argilosa com pequena profundidade efetiva e fertilidade de média a alta. Por serem rasos, necessitam de um manejo adequado, já que são bastante susceptíveis a erosão. Observou-se na área a ocorrência dos Luvisolos Crômicos Órticos vertissólicos e típicos, com a predominância dos vertissólicos. Foi constatado que são mais explorados com pastagem plantada do que com culturas de subsistência, (PARAHYBA et al. 2007).

Neossolos Flúvicos²⁸ e Cambissolos²⁹. Essas classes são representadas na (Tabela 1), com suas áreas e percentual.

TABELA 1 – Classes de solos do município de Mata Grande – AL, com suas áreas e percentual do total.

Classes de Solos	Área da classe (ha)	% da área total por classe
Neossolos Regolíticos Eutróficos e Distróficos	28.110,21	30,68
Neossolos Litólicos Eutróficos e Distróficos	25.915,07	28,28
Argissolos Vermelhos Eutróficos e Distróficos	16.598,67	18,11
Planossolos Háplicos/Natricos Eutróficos e Distróficos	12.916,81	14,09
Neossolos Quartzarênicos órticos	5.086,20	5,55
Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos e Distróficos	1.533,53	1,67
Luvissolos Háplicos	908,59	0,99
Neossolos Flúvicos	209,10	0,23
Cambissolos Háplicos Eutróficos e Distróficos	204,13	0,22
Área Urbana	159,20	0,17
Água	6,31	0,01
Total	91.647,82	100,00

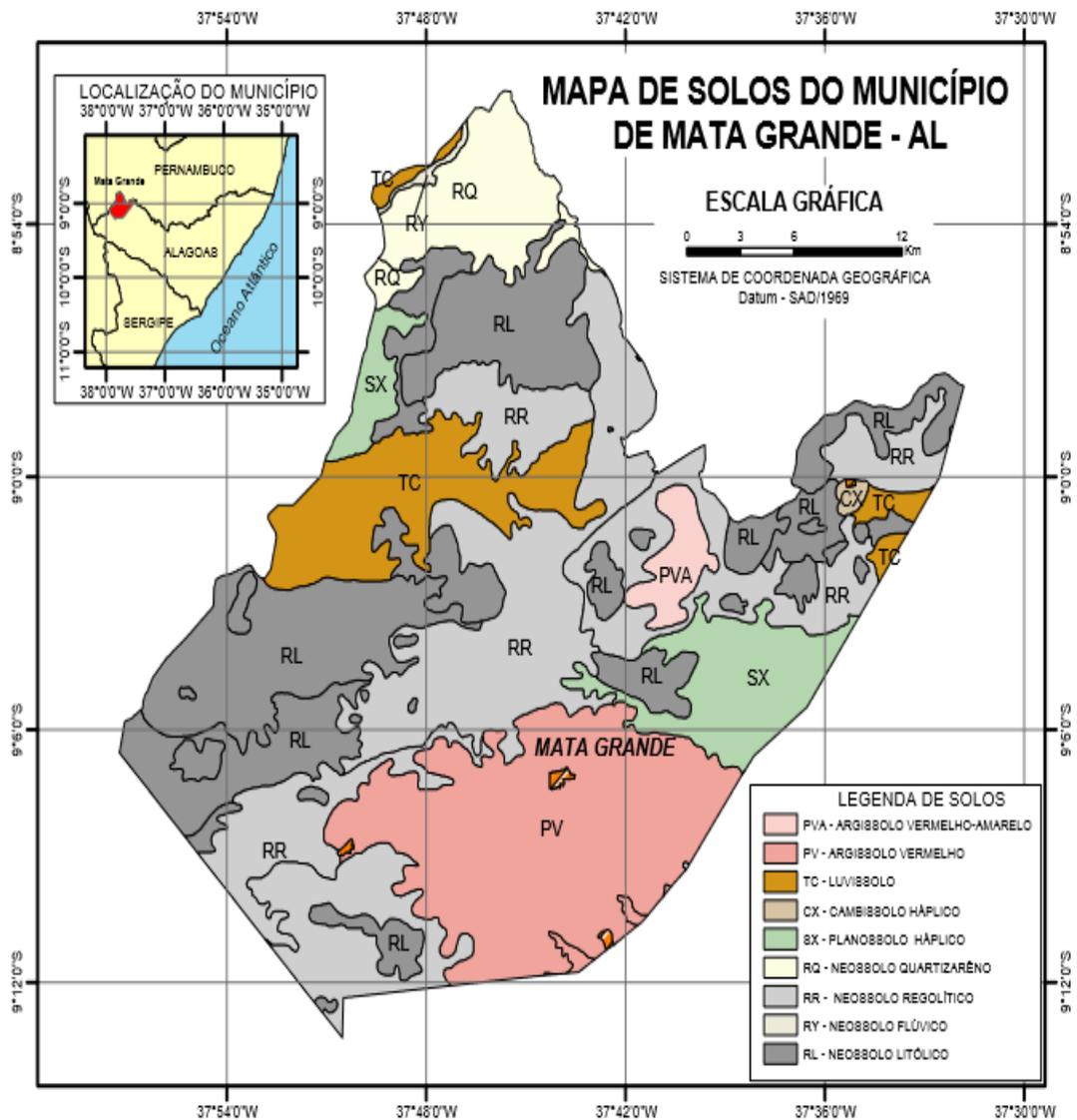
FONTE: Adaptado, PARAHYBA et al., 2007.

²⁸ Neossolos Flúvicos: são profundos com textura indiscriminada, podem apresentar teores elevados de sais que limitam o seu uso. Foram identificados em pequenas e restritas áreas, (PARAHYBA et al. 2007).

²⁹ Cambissolos: ocorrem na parte mais elevada e movimentada da área de estudo, em relevo suave ondulado a forte ondulado. São pouco profundos a profundos, com fertilidade natural média a alta, com a presença de rochividade superficial e na massa do solo. O relevo, a profundidade efetiva e a alta suscetibilidade à erosão constituem as principais limitações para o uso agrícola. O uso destes solos com agricultura está condicionado a adoção de práticas de manejo e conservação, para que se evite a degradação do ambiente, (PARAHYBA et al. 2007).

Podemos observar que Mata Grande (AL) apresenta uma área de solo da classe Neossolos Regolíticos Eutróficos e Distróficos, predominante equivalendo a 30,68% da área total por classe, enquanto o tipo Cambissolos Háplicos Eutróficos e Distróficos é inferior a 1% do total dessa classe. No entanto, a área urbana e corpos d'água apresenta um valor inferior a 0,5%, o que mostra que o Município possui uma pequena área urbana com poucos recursos hídricos e uma elevada área rural. Dessa forma podemos observar a distribuição das classes de solos existentes e suas características, representadas no mapa de solos (Figura 25).

FIGURA 25 – Mapa de distribuição dos tipos de solos do Município de Mata Grande – AL.



FONTE: Adaptado, PARAHYBA et al., 2007.

3.7 Geologia

O Município de Mata Grande encontra-se geologicamente inserido na Província de Borborema, representada por alguns litotipos dos Complexos Cabrobó, Belém de São Francisco, Riacho da Barreira (Suíte Chorrochó). Formação Tacaratú, entre outras. São constituídos por xistos, gnaisses, leuco-ortognaisses tonalítico-granodioritos migmatizados, biotita hornblenda, quartzo monzodioritos a granitos, arenitos, folhelhos, siltitos e conglomerados, (CPRM, 2005).

De um modo geral, conforme CPRM (2005), o Município possuiu um relevo do tipo suave ondulado a ondulado e trechos apresentando algumas elevações com maciços residuais bastante movimentados, altitudes variando de 600 a 1.000 metros.

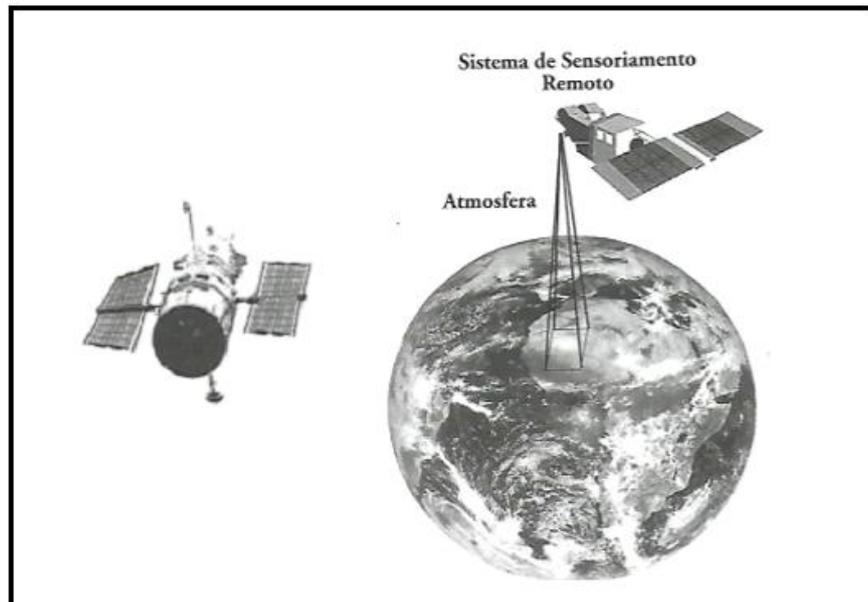
3.8 Descrição Metodológica

O método utilizado neste estudo, para detectar as áreas degradadas no Município de Mata Grande (AL) foi à do Sensoriamento Remoto, que de acordo com Jensen (2009), pode ser usado para medir e monitorar importantes características biofísicas e atividades humanas na Terra. Muitos dos mais importantes planos de informação biofísico, de uso/cobertura da terra, e sócio econômicos são derivados a partir de uma análise dados de Sensoriamento Remoto.

A coleta de dados por Sensoriamento Remoto pode ser, segundo Jensen (2009), por duas maneiras:

1. Plataforma orbital: o instrumento de Sensoriamento Remoto estar localizado a bordo de um satélite, como pode ser visto (Figura 26) a seguir:

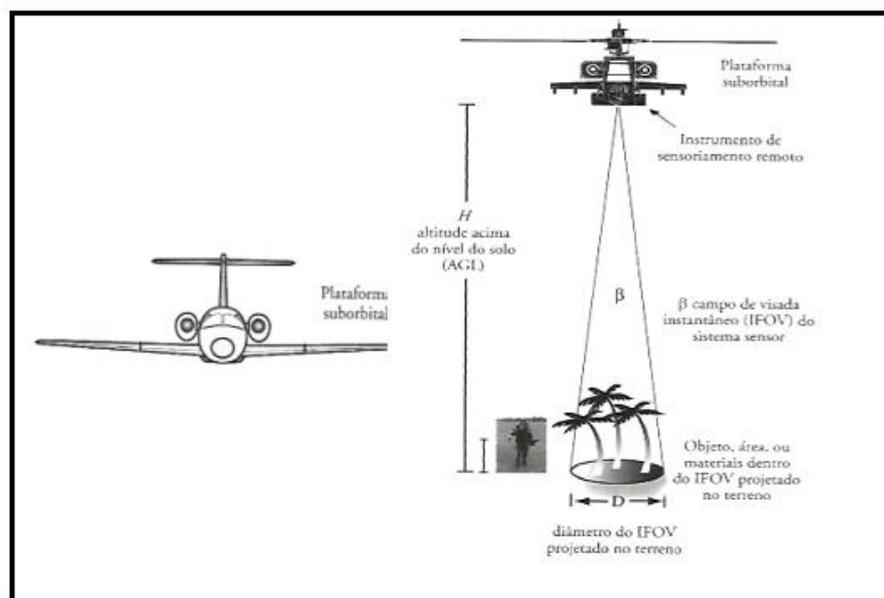
FIGURA 26 – Representação de uma plataforma orbital.



FONTE: JENSEN, 2009.

2. Plataforma suborbital: o instrumento de Sensoriamento Remoto estar localizado a bordo de uma aeronave podendo estar a poucos metros acima do solo, conforme a Figura 27, abaixo:

FIGURA 27 – Representação de uma plataforma suborbital.



FONTE: JENSEN, 2009.

Portanto, neste trabalho foi utilizada a plataforma orbital, através do satélite LANDSAT – 8 para a aquisição das imagens e com as bandas 6, 5 e 4 para o RGB (sigla que representa um sistema de cores aditivas, Red. (vermelho), Green (verde) e Blue (azul)), disponibilizadas gratuitamente através do site da instituição United States Geological Survey (USGS)³⁰, juntamente com as formas vetoriais adquiridas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O programa Landsat representou no século XX um modelo de missão de Sensoriamento Remoto de recursos naturais, principalmente porque permitiu incorporar, seus sucessivos satélites, características requeridas pelos usuários dos dados. No qual são recebidos no Brasil desde 1973, que contou com toda a infraestrutura para sua recepção, processamento e distribuição, através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, (Novo, 2008).

Para o autor, a missão do Programa Landsat foi proporcionar a aquisição repetitiva de dados multiespectrais calibrados, com resolução espacial relativamente alta, se comparada a dos satélites para aplicações meteorológicas e oceanográficas, de modo global, para permitir comparações do estado da superfície terrestre ao longo do tempo.

O Landsat³¹ 8 foi lançado em 11 de Fevereiro de 2013, ele está a recolher dados valiosos e imagens para serem utilizados na agricultura, educação, negócios, ciência e governo. Fornece moderada resolução (15 m – 100 m, dependendo da frequência espectral) medições de regiões terrestres e polares da Terra no visível, infravermelho próximo, infravermelho de ondas curtas, e infravermelho térmico. Além de uso rotineiro generalizado para o planejamento e monitoramento do uso do solo na região às escalas locais, o apoio da resposta a catástrofes e avaliação e monitoramento do uso da água. É composto por dois instrumentos de ciência-operacional, Terra Imager (OLI) e a Térmica Sensor Infravermelho (TIRS). Estes dois sensores fornece cobertura sazonal da massa terrestre mundial com uma resolução espacial de 30 metros (visível, NIR, SWIR); 100 metros (térmica); e 15 metros (pancromático). O programa Landsat 8, possuem algumas características, onde são listadas na (tabela 2), a seguir:

³⁰ USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos.

³¹ Texto compilado de Landsat Science/NASA, disponível em: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=4071>. Acesso em: Junho de 2016.

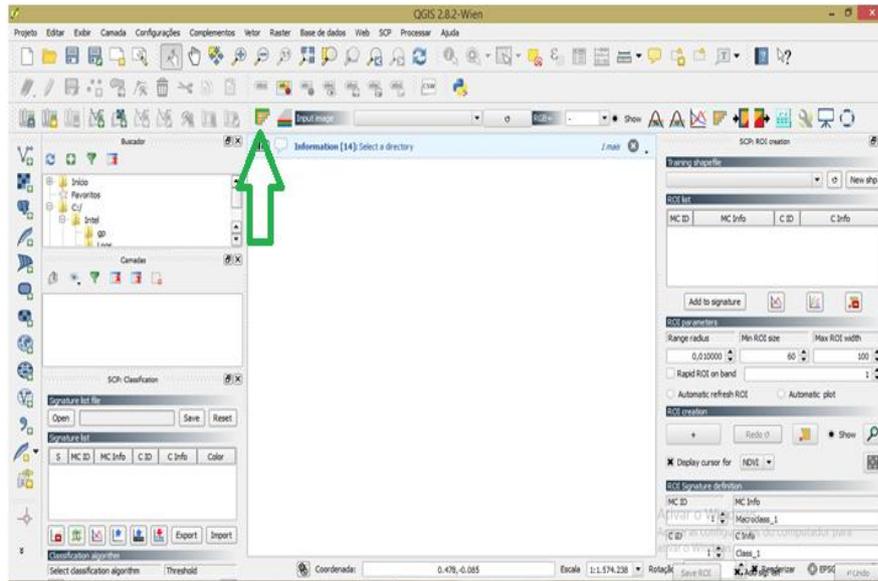
TABELA 2 – Características do satélite Landsat 8.

Características do LANDSAT 8	Órbita	Circular, heliosíncrone, descendente, 98,2° de inclinação, período de 99 minutos, altitude de 705 km.
	Horário de Imageamento	10 h 00 min. AM.
	Bandas do Sensor	Pancromático P&B: Banda 8;
		Multiespectral: Bandas 1,7 e 9;
		Termal: Bandas 10,11.
	Sensibilidade Espectral	Pancromático: 500-680 nm (Banda8);
		Multiespectral: 430-450 nm (Banda1), 450-510 nm (Banda2), 530-590nm (Banda3), 640-690 nm (Banda4 Vermelho), 850-880 nm (Banda5 Infravermelho próximo), 1570-1650 nm (Banda6 SWIR1), 2110-2290 nm (Banda7 SWIR2), 1360-1380 nm (Banda9 Cirrus);
		Termal: 10600-11190 nm (Banda10 TIRS1), 11500-12510 nm (Banda11 – TIRS2)
	Resolução Radiométrica – Quantificação	16 bits por pixel, podendo ser reamostrado a 8 bits a pedido do cliente.
	Tamanho de Cena Básica	185,0 x 185,0 km, recortes menores feitos sob medida.
	Largura de Faixa Imageada	185 km.
	Frequência de Revisita	Aproximadamente 16 dias, dependendo da latitude.
	Precisão de Localização	12 m nas bandas 1-2-3-4-5-6-7-8-9 e 41 m nas bandas 10 e 11 de erro circular em 90% dos casos, sem uso de pontos de controle.
Capacidade de Visada Lateral	Não disponível neste sistema.	
Estereoscopia	Não disponível neste sistema.	
Programação de Imageamento	Não disponível neste sistema.	

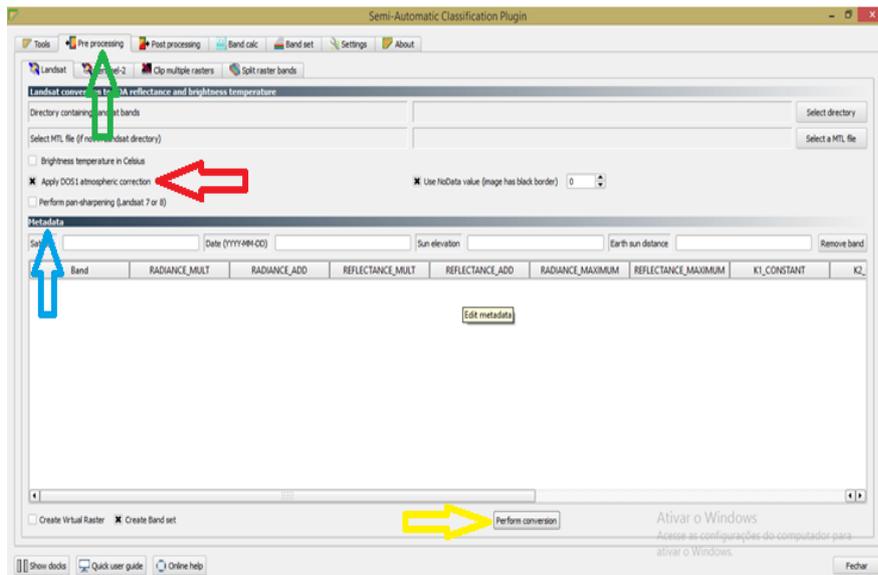
FONTE: Adaptado de ENGESAT, 2016.

Para a calibração das imagens foi utilizado o software Quantum Gis (Qgis Wien 2.8.2), onde foram obedecidos fundamentais etapas para a elaboração qualitativa e quantitativa das imagens, onde são descritos nas imagens e diagramas a seguir:

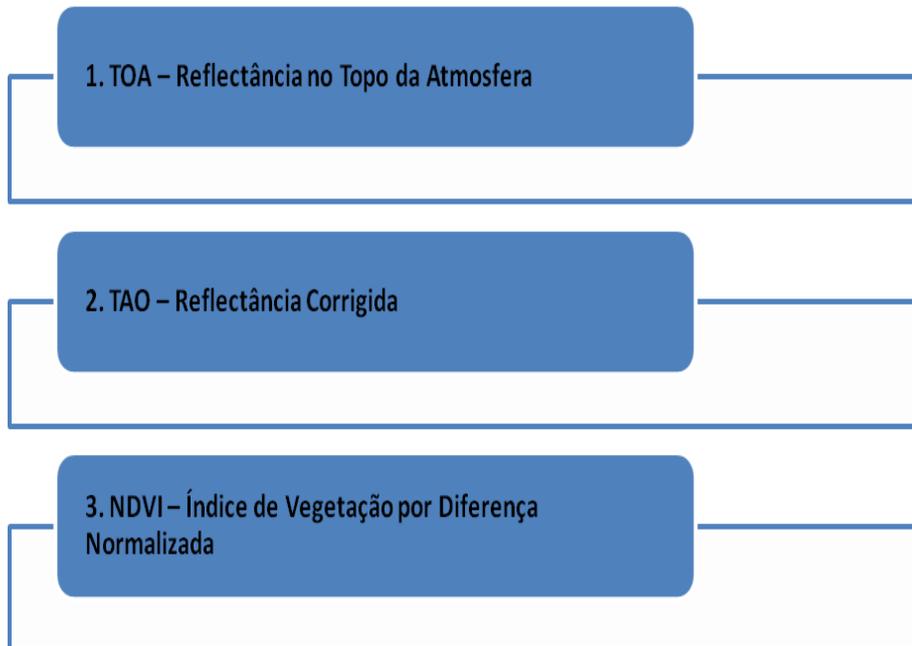
Inicialmente foi utilizado o software QGIS (é um Sistema de Informação Geográfica (SIG), um Software Livre, licenciado sob a GNU – General Public License) → Semi – Automatic.



Em seguida: Pré – processing → LANDSAT → Apply DOS1... → METADATA → Perform convection



Foram feitas três etapas, relatadas conforme o diagrama abaixo:



Os índices de vegetação de acordo com Jensen (2009) são úteis para o monitoramento das condições e diversidade da vegetação, bem como outras variáveis dentro de ecossistema inteiro. Além de serem usados para inventariar com precisão a distribuição global dos tipos de vegetação, assim como para obter estimativas de suas variáveis biofísicas.

Portanto, para esse estudo, buscou-se analisar e interpretar os dados do *NDVI*. Foi através deste, que se propôs detectar as áreas degradadas no Município de Mata Grande (AL) por meio de sua aplicação. Portanto, segundo Jensen (2009), citando Rouse et al (1974), desenvolveram o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*NDVI* ou *IVDN*), como:

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

NDVI → É o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

NIR → É a refletância no comprimento de onda no infravermelho próximo.

R → É a refletância no comprimento de onda no vermelho.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, segundo o (INSA)³² é um indicador numérico que varia teoricamente de 0 (referente à vegetação sem folha, submetida a condição de estresse hídrico por déficit de água no solo) a 1 (relativo a vegetação com folha, sem restrições hídricas e na plenitude de suas funções metabólicas e fisiológicas).

Para Jensen (2009), a equação (1) do *NDVI* produz valores que variam de - 1,0 a 1,0, em que valores positivos crescentes indicam aumento de vegetação verde, enquanto valores negativos indicam superfícies sem vegetação como água, neve ou nuvem e para valor igual ou próximo de zero representam superfície com ausência de vegetação, ou melhor, solo exposto. A Tabela 3 a seguir, mostra os respectivos valores do comprimento de ondas e sua respectiva resolução e banda do Landsat 8.

TABELA 3 – Representação dos comprimentos de ondas e resolução com suas respectivas bandas do Landsat 8.

Bandas	Comprimentos (µm)	Resolução
1	0,433 – 0,453	30 m
2	0,450 – 0,515	30 m
3	0,525 – 0,600	30 m
4	0,630 – 0,680	30 m
5	0,845 – 0,885	30 m
6	1,560 – 1,660	30 m
7	2,100 – 2,300	30 m
8	0,500 – 0,680	15 m
9	1,360 – 1,390	30 m
10	10,6 – 11,2	100 m
11	11,5 – 12,5	100 m

FONTE: Adaptado LOYD, 2013.

³² INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO – (INSA), é uma Unidade de Pesquisa integrante do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), com enfoque no Semiárido brasileiro.

De acordo com o INSA, (2016) o *NDVI* pode ser calculado, utilizando as porções da energia eletromagnética refletida através da vegetação nas bandas na tabela 4, abaixo relacionadas:

TABELA 4 – Representação das bandas 4 e 5.

Banda 4	Vermelho (R)
Banda 5	Infravermelho próximo (NIR)

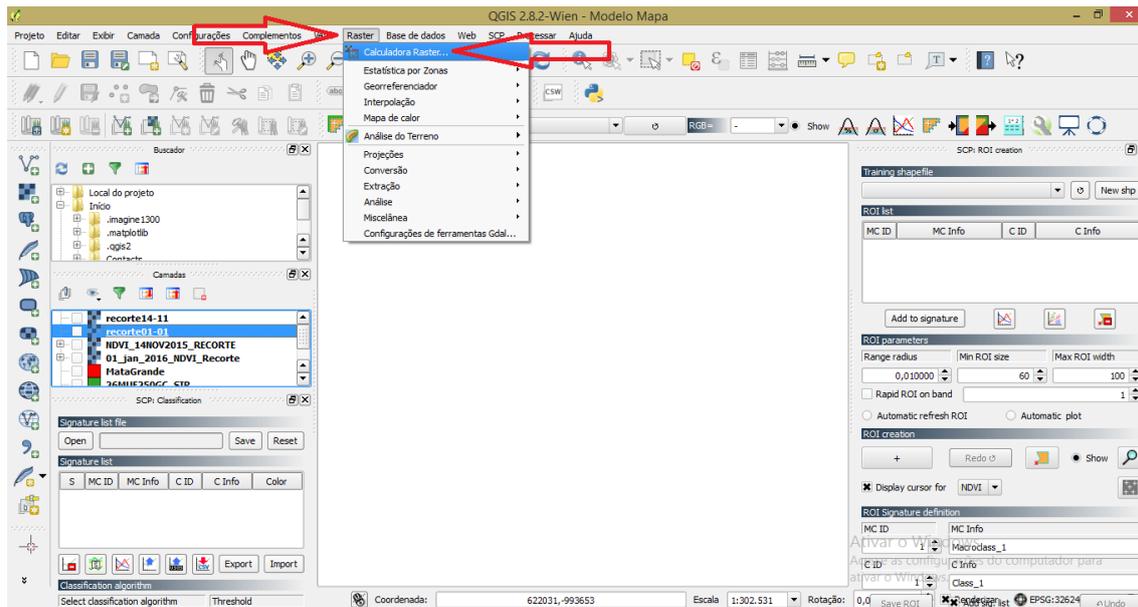
FONTE: Autor, 2016.

Vale ressaltar, que o *NDVI* toma como base a assinatura espectral das plantas. Em que no **Vermelho (R)**, comprimento de onda igual a 0,6 micrômetros (as plantas verdes e com vida absorvem fortemente radiação solar para utilizar esta radiação como fonte de energia no processo de fotossíntese) e no **Infravermelho próximo (NIR)**, comprimento de onda igual a 0,8 micrometros (as células das plantas refletem de forma intensa).

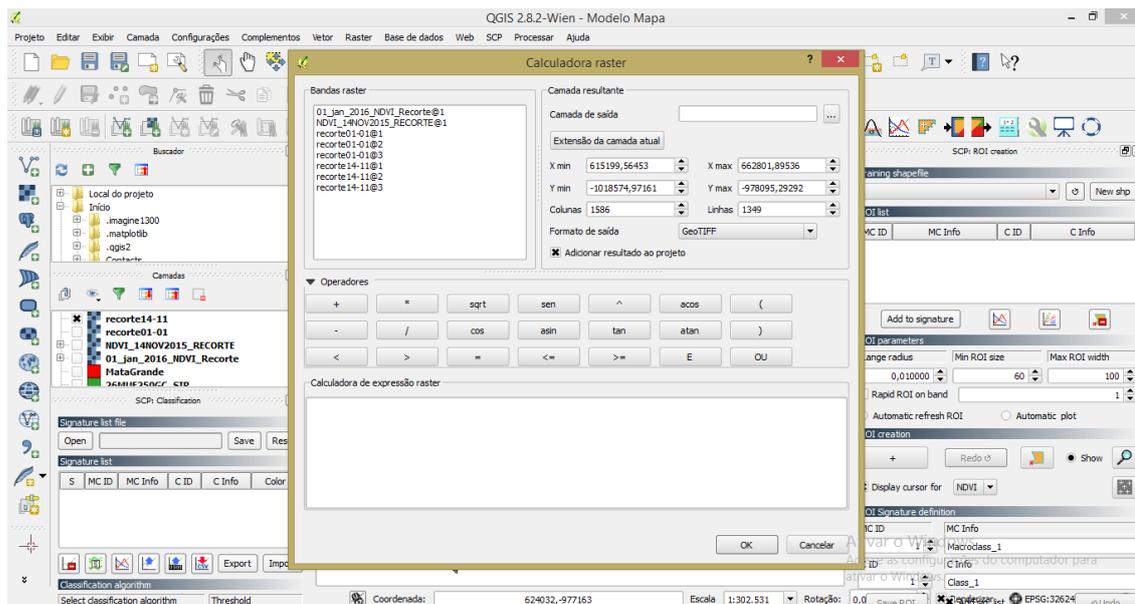
As porções absorvidas no vermelho e refletidas no infravermelho variam de acordo com as condições das plantas. Quanto mais verdes, nutridas, sadias e bem supridas do ponto de vista hídrico for à planta maior será a absorção do vermelho e maior será a reflectância do infravermelho. Assim a diferença entre as reflectâncias das bandas do vermelho e do infravermelho será tanto maior quanto mais verde for à vegetação (INSA, 2016).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada -*NDVI*, permite avaliar as mudanças decorridas de uma dada região, podendo assim fazer, uma análise e comparação no decorrer do tempo da cobertura vegetal no solo, ajudando na detecção de uma determinada área/região que sofre ou não degradação. Além de monitorar a vegetação natural e as culturas agrícolas existentes no Município, identificar desmatamentos e monitorar áreas de desertificação e secas.

Também foi utilizada a *Calculadora Raster*, localizada no menu *Raster*, obedecendo a sequência que pode ser visualizada na imagem a seguir:



A *Calculadora Raster* tem por finalidade calcular com base em valores de *pixel Raster* já existente, como pode ser visto na imagem abaixo:



Por fim, a partir dessas etapas foram gerados os mapas representados nas figuras a seguir, podendo assim fazer uma descrição e análise mais sucinta da área em estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a utilização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - *NDVI*, aplicando as geotecnologias (Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – QGIS) foi possível fazer uma análise da degradação no Município de Mata Grande (AL), através dos dados obtidos pelas classes do *NDVI* entre os anos de 2013 a 2016 nos períodos, respectivamente de: 10/12/2013, 27/11/2014, 14/11/2015 e 01/01/2016. Com base no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, foram gerados os mapas e a partir dos dados obtidos, foram escolhidas no total de seis classes, onde são descritas (Tabela 5), de acordo com seus respectivos intervalos.

Nas imagens das Figuras 28, 31, 33 e 35, que representam os mapas da cobertura vegetal do Município de Mata Grande (AL), temos que, com intervalos de (-1 a 0) representa corpo d'água, pois de acordo com Novo (2008), a água em seu estado líquido apresenta baixa refletância ($\rho < 1$), absorvendo toda radiação acima de $0,70\mu\text{m}$.

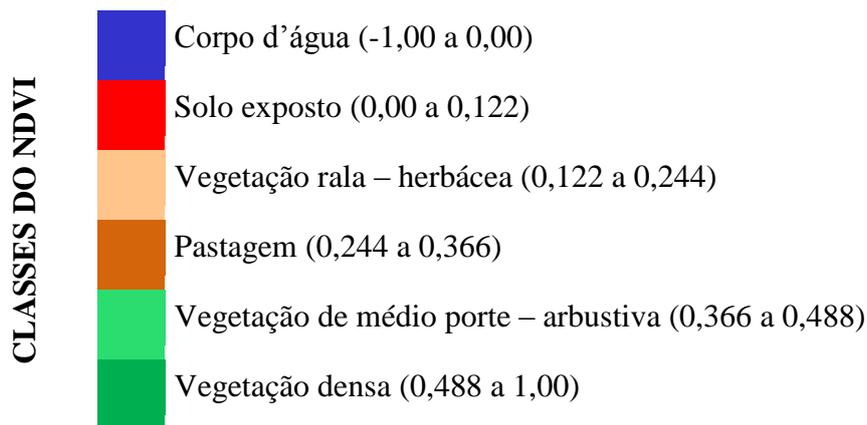
No intervalo de (0 a 0,122) caracterizou-se como solo exposto (quanto maior o conteúdo de umidade em solos arenosos e argilosos, menor a refletância ao longo da região do visível e do infravermelho próximo, especialmente nas bandas de água em $1,4\mu\text{m}$, em $1,9\mu\text{m}$ e em $2,7\mu\text{m}$, (Hoffer, 1978). Conforme Parahyba et al (2007), o Município de Mata Grande (AL), tem uma predominância de solos do tipo Neossolo (Regolíticos e Litólicos), pois segundo a EMBRAPA, o grau de compactação litológica faz com que o armazenamento de água em subsuperfície seja incipiente, havendo uma situação contrária apenas onde há ocorrência de sistemas de fraturas.

Entre (0,122 a 0,244) vegetação rala, onde apresenta valores positivos, mas, não próximos de um, o que representa uma vegetação do tipo herbácea. Pastagem ficou caracterizada entre os intervalos (0,244 a 0,366), uma vez que o Município apresenta uma grande ocupação de uso de solos para fins agropecuários e seus valores são superiores a vegetação rala, pois, quanto mais próximo de um à vegetação vai apresentando uma característica de cobertura vegetal mais perceptível.

Observando os intervalos (0,366 a 0,488) e (0,488 a 1) podemos caracterizá-los respectivamente, como vegetação de médio porte (com densidade variável nas camadas arbóreas, 7 – 15 m de altura, muito disseminada e comum na região), e vegetação densa (é o

tipo de vegetação mais disseminado atualmente e ainda se discute até que ponto é inteiramente natural ou induzida pelo homem), Prado (1993), por apresentar valores muito próximos de 1. Estas classes estão representadas por suas respectivas cores onde podemos descrevê-las:

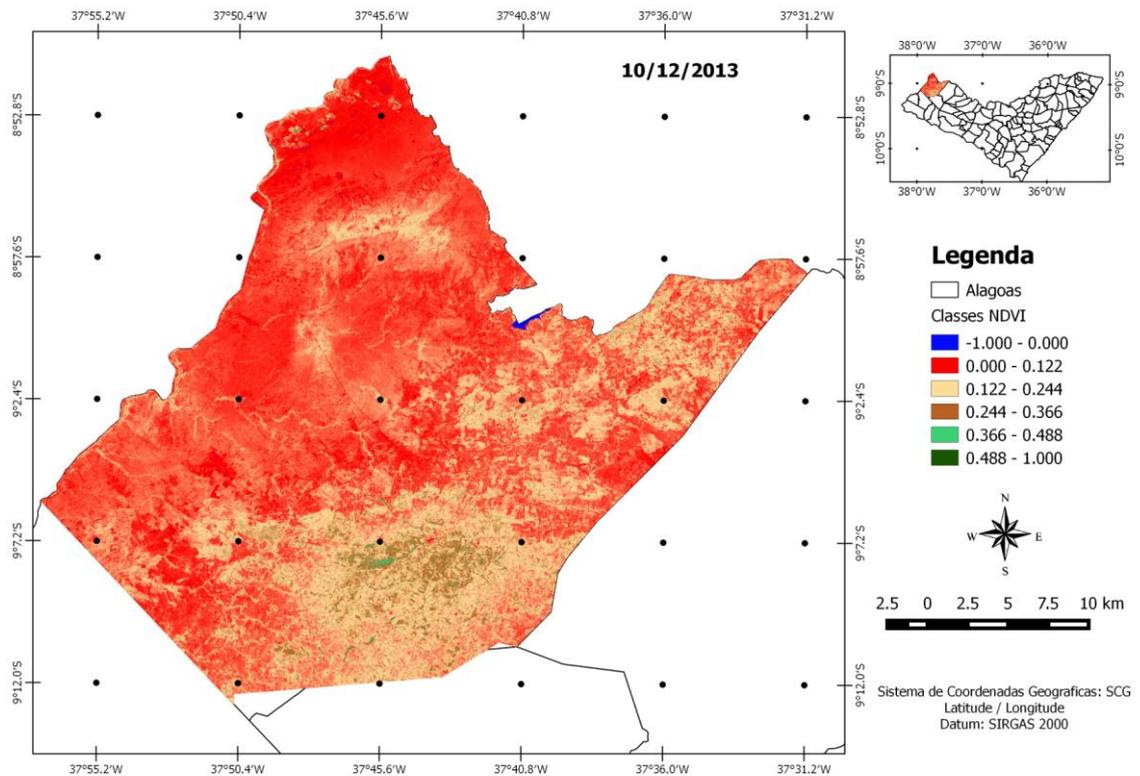
TABELA 5 – Representação das classes do NDVI com seus respectivos intervalos.



FONTE: Autor, 2016.

Observando a Figura 28, relacionada ao período de 10/12/2013, o Município de Mata Grande (AL), apresentou um alto índice de solo exposto ao Norte e Oeste, enquanto ao Sul e ao Leste, a vegetação rala (estrato herbáceo) teve uma grande predominância, que ao contrário da vegetação de médio porte (estrato arbustiva) um pequeno percentual. Pastagem obteve baixa cobertura, apresentando apenas ao Sul do município. Fazendo uma análise sucinta na imagem (Figura 28), a vegetação densa, não obteve índice, impossibilitando fazer uma análise comparativa com as demais vegetações.

FIGURA 28 – Mapa da cobertura vegetal do Município de Mata Grande (AL), no período de 10/12/2013.



FONTE: Autor, 2016.

Esse elevado índice de solo exposto contrariando o baixo percentual de vegetação tanto de médio porte (estrato arbustivo) quanto de vegetação densa, pode estar relacionado a dois fenômenos climatológicos: estiagem e seca que durante o período de estiagem e seca, perdem suas folhas rapidamente, um processo natural da vegetação.

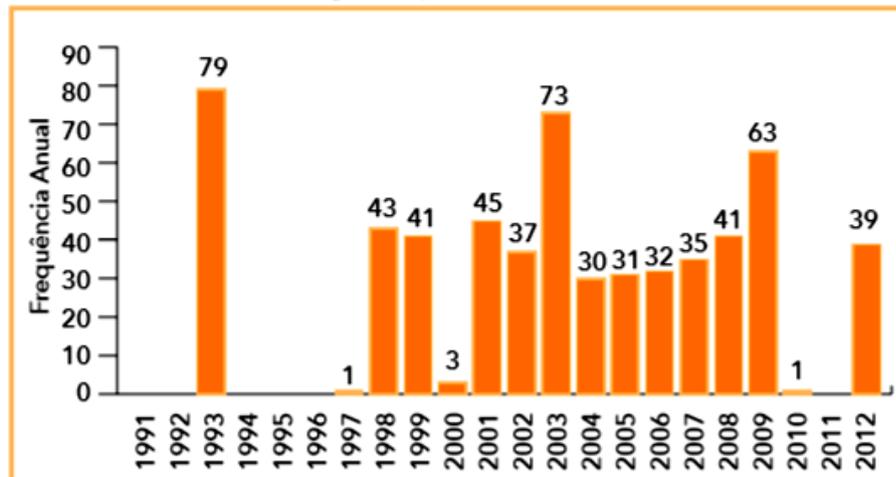
O conceito de estiagem parafraseando Castro (2003) está diretamente relacionado à redução das precipitações pluviométricas, ao atraso dos períodos chuvosos ou a ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada, em que a perda de umidade do solo é superior a sua reposição.

Ainda recorrendo o autor, esse fenômeno é considerado existente quando há um atraso superior a quinze dias do início da temporada chuvosa e quando as médias de precipitações pluviométricas dos meses chuvosos permanecem inferiores a 60% das médias mensais de longo período.

Do ponto de vista meteorológico o fenômeno seca, de acordo com Castro (2003), é uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas

hídricas existentes. Por sua vez Kobiyama et al. (2006), afirma que seca é a forma crônica do evento de estiagem. O Gráfico 7, mostra o registro anual de estiagem e seca no período de 1991 a 2012, para o estado de Alagoas.

GRÁFICO 7 – Frequência anual de estiagem e seca no Estado de Alagoas no período de 1991 a 2012.

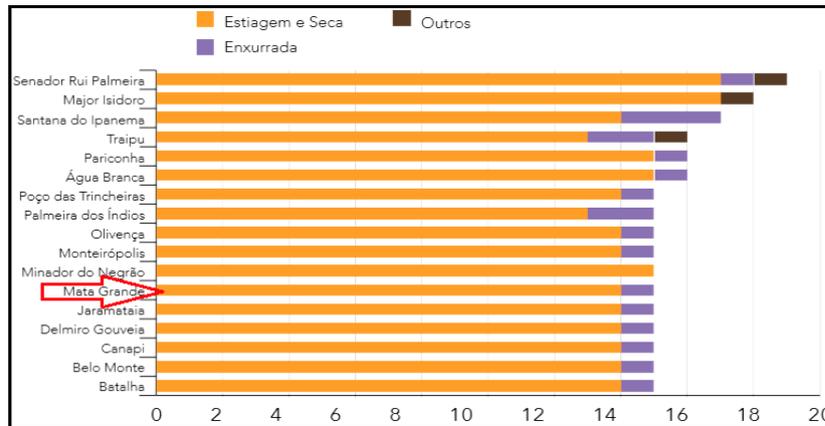


FONTE: BRASIL, 2013.

Como pode ser visto no Gráfico 7, a partir de 1998 a frequência anual de estiagem e seca é crescente, apesar de 2010 e 2011, apresentarem respectivamente, um e zero, voltando a crescer no ano de 2012.

O Gráfico 8, , mostra de forma quantitativa duas tipologias de desastres naturais mais recorrentes de alguns Municípios, em destaque, o de Mata Grande (área em estudo).

GRÁFICO 8 – Municípios alagoanos mais atingidos, classificados pelo maior número de registros por desastres naturais no período de 1991 a 2012.

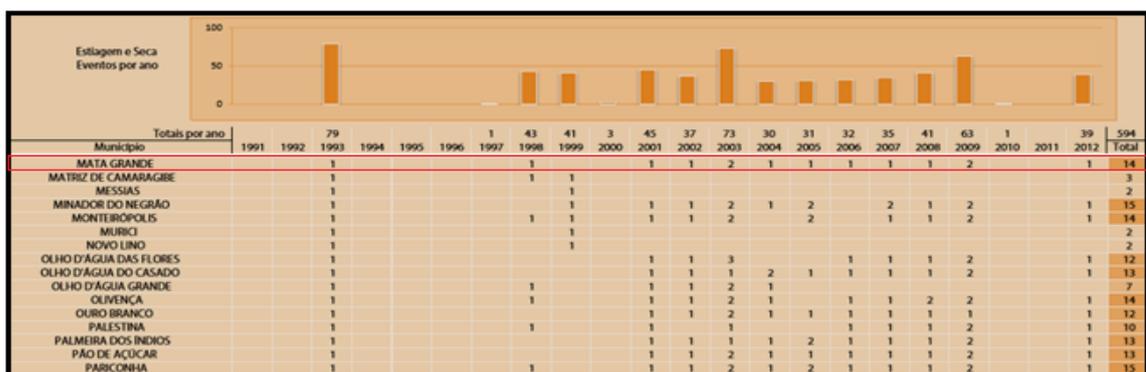


FONTE: Adaptado BRASIL, 2013.

Fazendo uma análise no Gráfico 8, mostra que o Município de Mata Grande, durante o período de 1991 a 2012, apresentou 15 ocorrências, destas, 14 referentes a estiagem e seca e uma por enxurradas. O município está localizado na mesorregião do sertão alagoano que segundo Alagoas (2011a), é marcada por um longo período de seca, devido às baixas médias climatológicas, na faixa de 300-500 mm e 500-700 mm.

No Infográfico 1, a seguir, mostra uma síntese das ocorrências de estiagem e seca do Município de Mata Grande (em destaque) no qual se pode observar que entre 2001 e 2009 apresentou ocorrências de estiagem e seca, entre 2010 e 2011 não obteve, voltando apresentar em 2012.

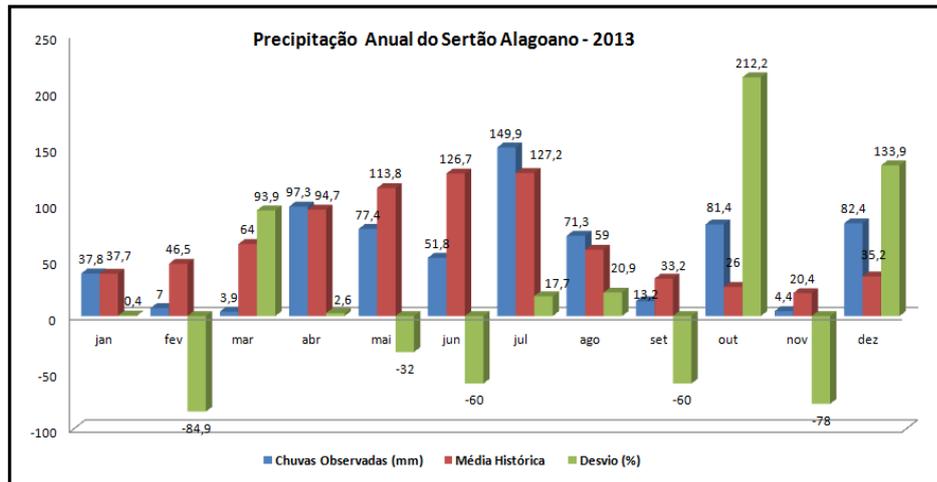
INFOGRÁFICO 9 – Síntese das ocorrências de estiagem e seca do Município de Mata Grande (AL) no período de 1991 a 2012.



FONTE: Adaptado BRASIL, 2013.

O Gráfico 10, apresenta dados da precipitação anual do sertão alagoano em 2013, mesorregião de localização do Município.

GRÁFICO 10 – Precipitação anual do sertão alagoano no período de 2013.

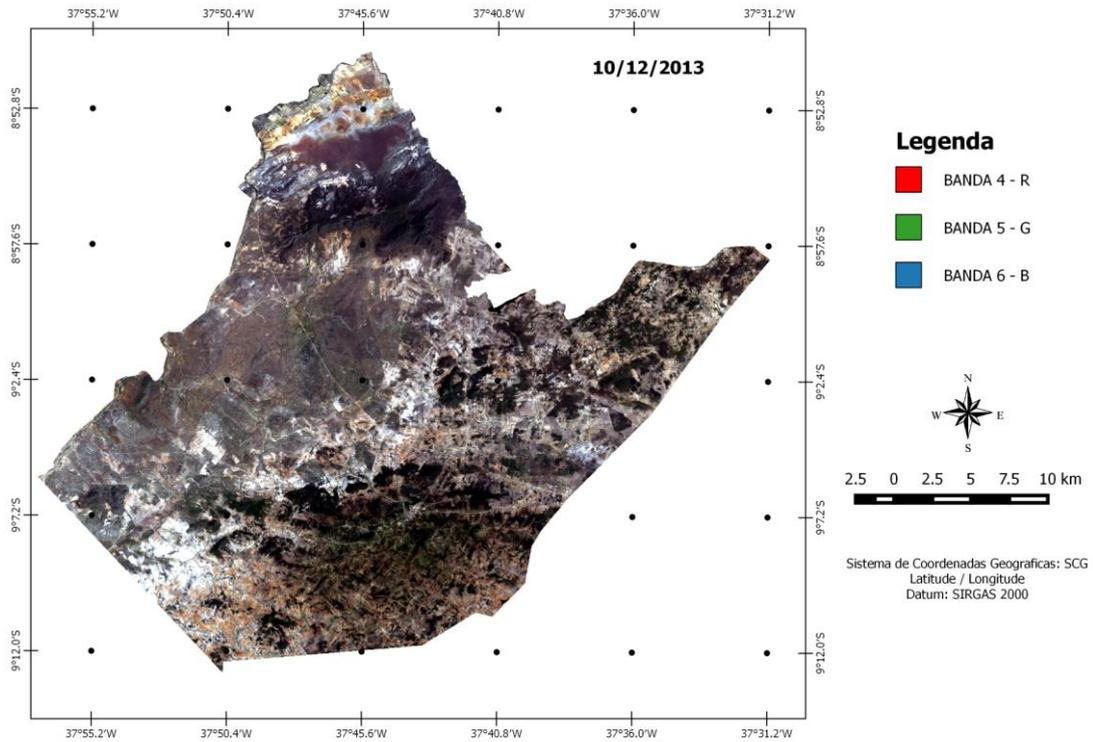


FONTE: Adaptado SEMARH, 2016.

Observando o Gráfico 10, durante o período de 2013, a região apresenta um baixo valor de chuvas observadas entre os meses de janeiro a março, tendo um aumento entre abril a agosto, onde no mês de julho houve o maior percentual. Fazendo uma média entre setembro a dezembro a região apresenta um baixo valor de chuvas observadas. Durante esses anos mencionados Mata Grande (AL) vem apresentando longos períodos de estiagens e secas, tendo como consequência uma elevada área sem cobertura de vegetação (em vermelho), como podendo ser observado na Figura 28, uma vez que o Município está inserido nessa mesorregião.

Em relação à imagem da Figura 29, do município de Mata Grande (AL), apresenta o (RGB, LAMDSAT 8/TM) da composição das bandas 6 (azul), 5 (verde) e 4 (vermelho), no período de 10/12/2013. Note que, no extremo Norte do município e na parte Leste e Oeste, apresenta elevada área de solo exposto, podendo estar susceptível a degradação. Ao Sul o Município apresenta uma determinada área de vegetação tanto arbustiva quanto herbácea. Ver (Figura 29).

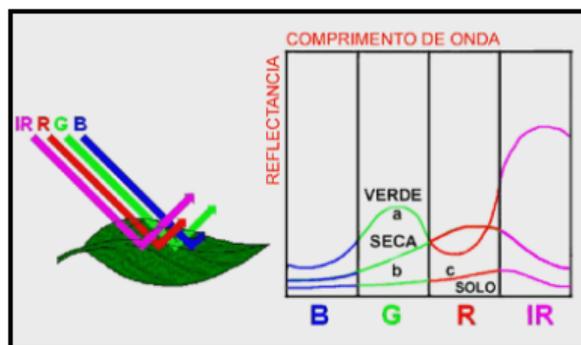
FIGURA 29 – Composição das bandas LAMDSAT8/TM 6, 5 e 4 em RGB, no período de 10/12/2013.



FONTE: Autor, 2016.

De acordo com (Steffen / INPE, 2015), podemos medir a reflectância de um objeto para cada tipo de radiação que compõe o espectro eletromagnético e então perceber que a reflectância de um mesmo objeto pode ser diferente para cada tipo de radiação que o atinge, como pode observar (Figura 30) abaixo.

FIGURA 30 – Representações gráficas das assinaturas espectrais, do RGB para folhas verdes, folhas secas e solo.

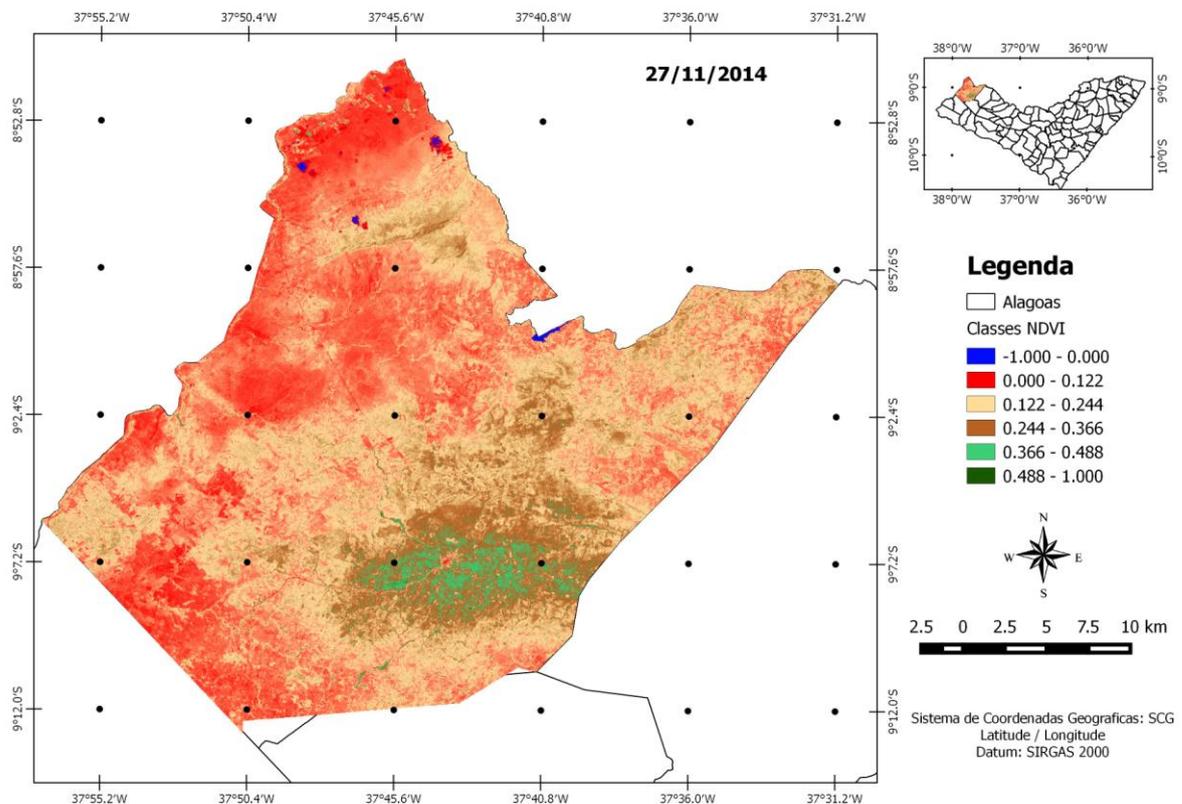


FONTE: STEFFEN / INPE, 2015.

Pode-se observar que a curva (a) como uma folha verde tem valores diferentes de reflectância para cada comprimento de onda, desde o azul até o infravermelho próximo. Na banda visível (B, G e R), a pequena reflectância (maior absortância) é produzida por pigmentos da folha (clorofila, xantofila e carotenos) enquanto que na banda infravermelha (IR), a maior reflectância resulta da interação da radiação com a estrutura celular superficial da folha. Na curva (b) da mesma figura a assinatura espectral de uma folha seca. A curva (c) mostra a assinatura espectral de uma amostra de solo e trata-se de um tipo de solo contendo ferro e pouca matéria orgânica.

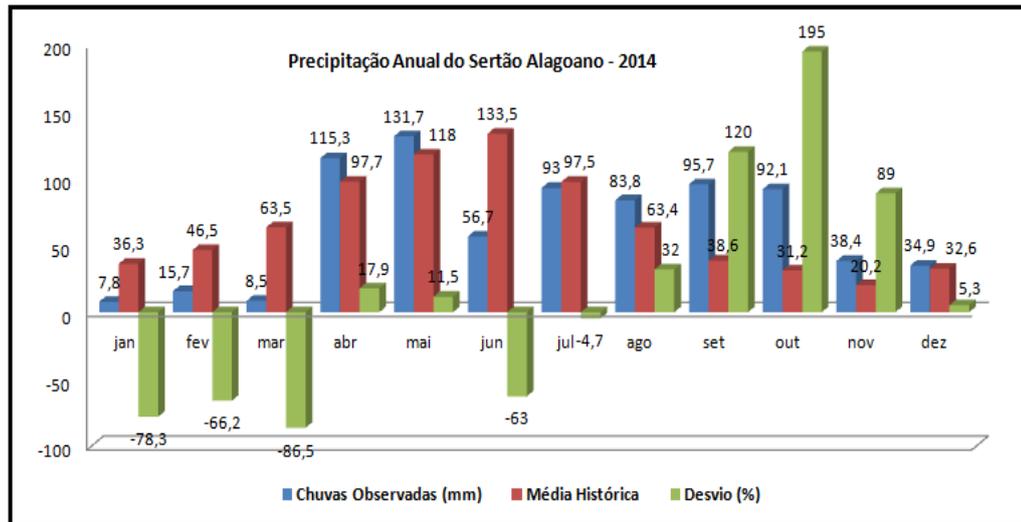
Analisando a Figura 31, relacionada ao período 27/11/2014 e fazendo um comparativo com a imagem da Figura 28, no período de 10/12/2013, houve uma redução da área (solo exposto), onde apresentava um maior percentual. A vegetação rala (estrato herbáceo) apresenta uma predominância. Onde o pequeno percentual de pastagem e vegetação de médio porte (estrato arbustivo) apresentava na imagem da Figura 28, na imagem da Figura 31, obteve um índice expressivo.

FIGURA 31 – Mapa da cobertura vegetal do Município de Mata Grande (AL) no período de 27/11/2014.



Conforme observado na Figura 31, esse aumento na vegetação, modificando suas características vegetativas, se deve ao fato de um aumento de precipitações na mesorregião do sertão alagoano, durante o período de 2014, apresentado (Gráfico11), abaixo:

GRÁFICO 11 – Precipitação anual do sertão alagoano no período de 2014.

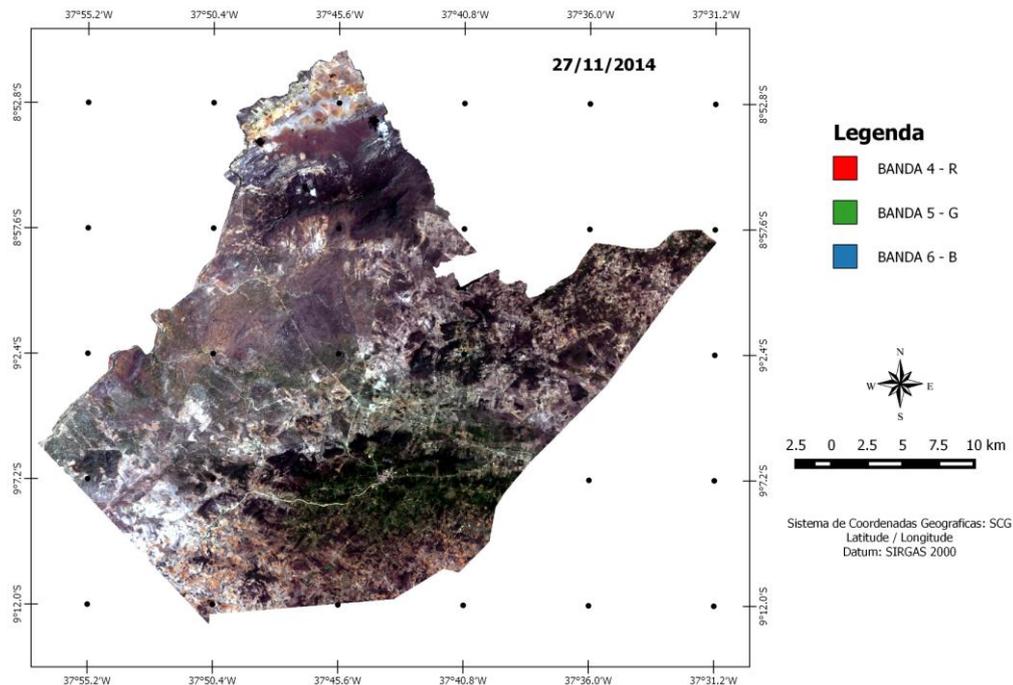


FONTE: Adaptado SEMARH, 2016.

Descrevendo o Gráfico 11, nota-se que de janeiro a março, foram os meses com menor valor de chuvas observadas, enquanto no intervalo entre abril a outubro, ocorreram os maiores valores e frequências, reduzindo entre os meses de novembro e dezembro do corrente ano. Apesar desses últimos meses, haver uma diminuição, pelo longo intervalo de precipitações, se comparado o índice de vegetação entre o ano de 2013 e 2014, este apresentou uma melhor cobertura da vegetação, devido uma maior ocorrência de chuvas neste período.

A Composição das bandas LAMDSAT8/TM 6, 5 e 4 em RGB, no período de 27/11/2014, mostrada na Figura 32, percebe-se claramente essas mudanças. Ao Sul e leste observa uma presença de vegetação estrato arbustiva, em contrapartida, ao Norte uma grande presença de solo exposto (em cor mais clara). O Oeste e na região central do município em uma tonalidade, verde mais claro, uma vegetação onde podemos caracterizar de estrato herbáceo.

FIGURA 32 – Composição das bandas LAMDSAT8/TM 6, 5 e 4 em RGB, no período de 27/11/2014.



FONTE: Autor, 2016.

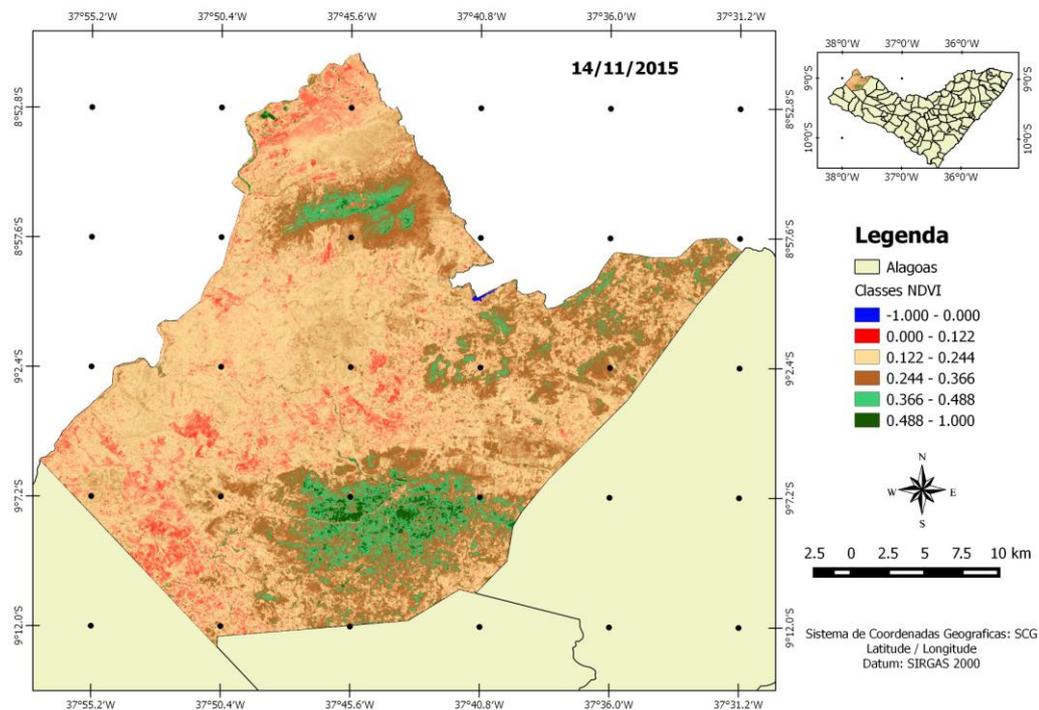
A imagem da Figura 33, relacionada ao período de 14/11/2015 está submetida a um período onde há ocorrências precipitações, as chamadas chuvas de verão que, segundo Parahyba et al. (2007), ocorrem no período, com início em novembro e término em abril. Portanto, a imagem apresenta a cobertura vegetal, tanto de médio porte (árvores baixas e arbustos que, em geral, perdem as folhas na estação das secas - espécies caducifólias), MMA (2007), quanto de vegetação mais densa (Caatinga arbustiva densa), pois, demonstra uma pequena área, ainda preservada, devida estar em região de difícil acesso longe das ações humanas como, serras e montanhas.

Ao contrário, ocorrem para pastagem e vegetação rala, tem uma maior predominância, decorrentes dos desmatamentos para fins agrícolas e agropecuários e para consumo de lenha nativa, explorada de forma ilegal e insustentável, para fins domésticos e indústrias além da expansão urbana, pois de acordo com o INCBIO o desmatamento para esses fins são os maiores responsáveis.

Como pode observar na degradação (solo exposto) ocorre um espalhamento em toda a região, pois o município apresenta uma ocupação agrícola e pecuária dominante uma vez que

Mata Grande (AL) maior parte de seu desenvolvimento econômico se baseia na agricultura e pecuária (plantação de milho e feijão e na criação de ovinos, bovinos e caprinos). A herbivoria é um dos problemas que contribui para essa degradação (solo exposto) além das ações humanas. Vale ressaltar que a região apresenta baixo índice de precipitações, o que contribui para uma extensa área sem cobertura vegetal.

FIGURA 33 – Mapa da cobertura vegetal do Município de Mata Grande (AL) no período de 14/11/2015.



FONTE: Autor, 2016.

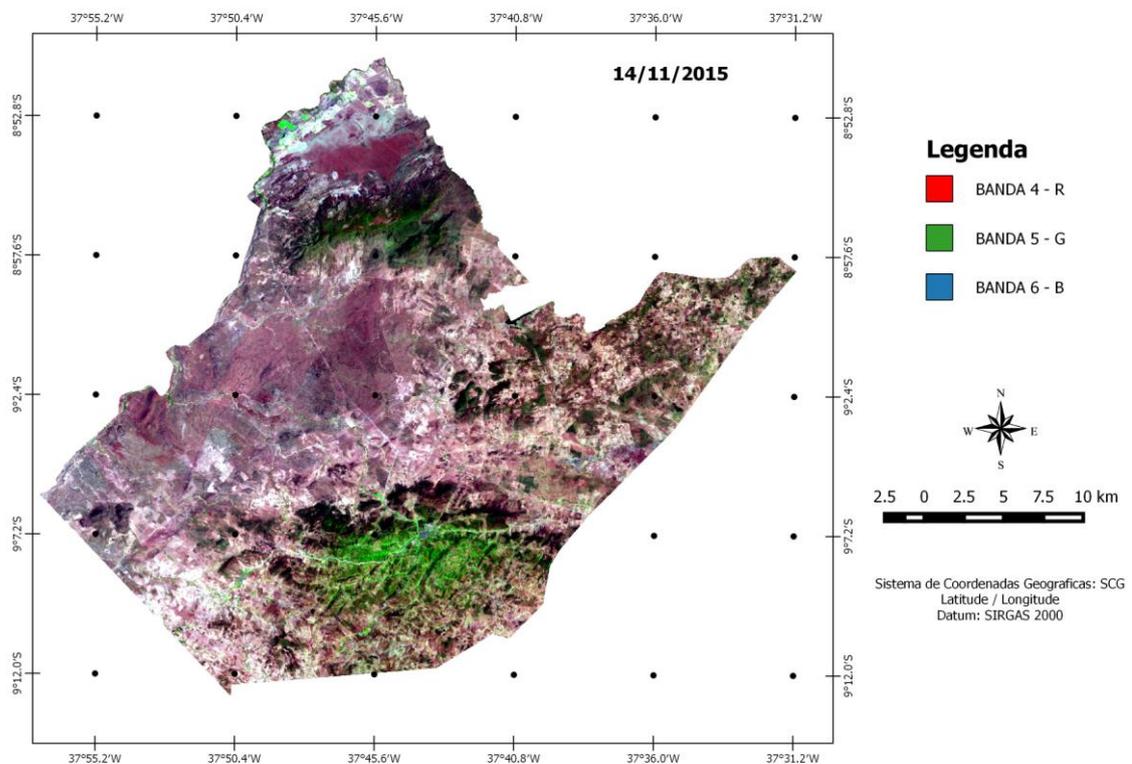
A imagem da (Figura 34), do Município de Mata Grande (AL), apresenta o (RGB, LAMDSAT 8/TM) da composição das bandas 6 (azul), 5 (verde) e 4 (vermelho), no período de 14/11/2015. Podemos observar que a vegetação mais densa, estar representada na cor verde, pois, delimitada por uma pequena área. No entanto, caracteriza que o município apresenta pouca vegetação, ou seja, pequena área preservada, destacada pela textura rugosa e pelo sobreamento. A área urbana e alguns povoados em azul claro e as áreas vermelhas com uma tonalidade mais intensa representa uma vegetação de médio porte.

O Município apresenta uma pequena área de corpo d'água, pois, na imagem fica imperceptível a sua visualização devido, em torno dele, ter um sombreamento, o que

impossibilita a sua caracterização. As áreas de pastagem (dependendo do tipo e do seu estágio) em vermelho, como uma tonalidade menos intensa em diferentes cores. Solos expostos e estradas, pelas formas geométricas mais claras.

Lembrando que as imagens do Landsat-TM tem uma resolução espacial de 30 metros, o que implica que objetos com dimensões menores do que 30 x 30 m não podem ser identificados, (Rudorff – INPE, 2015).

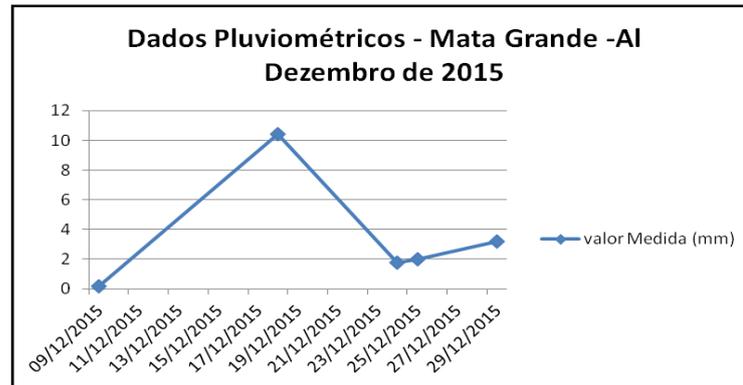
FIGURA 34 – Composição das bandas LAMDSAT8 / TM 6 5 e 4 em RGB, no período de 14/11/2015.



FONTE: Autor, 2016.

Na imagem da Figura 35 do período 01/01/2016, fazendo uma análise e comparando com a imagem Figura 33 do período 14/11/2015, no corpo d'água destacado em azul, não houve alteração, pois em menos de três meses decorridos, as precipitações, não foram suficientes para mudanças hidrológicas (corpo d'água). Onde caracterizamos degradação, ou seja, solo exposto ocorreu uma composição da área, devido neste período ter uma maior ocorrência de precipitações, como as chamadas chuvas de verão. Como mostram os Gráficos 12 e 13, a seguir:

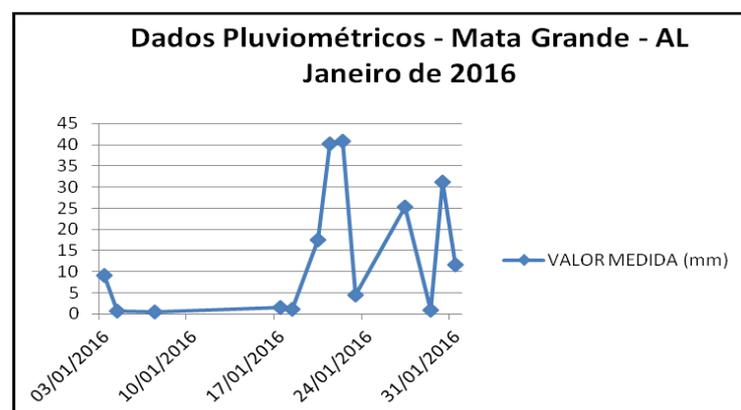
GRÁFICO 12 – Dados pluviométricos do Município de Mata Grande-AL, no período de dezembro de 2015.



FONTE: Adaptado CEMADEN, 2016.

Observando o Gráfico 12, durante o período de 09/12/2015 a 20/12/2015, apresenta um crescimento, que a partir do mesmo começa a decrescer até 24/12/2015, voltando a ter um pequeno percentual de 25/12/2015 a 29/12/2015. Já o Gráfico 13, apresenta para o dia 03/01/2016 um pequeno percentual pluviométrico decrescendo até o dia 05/01/2016, mantendo valores praticamente constante, de zero a próximo de zero até o dia 18/01/2016. A partir deste período, apresentado um alternância até o dia 31/01/2016.

GRÁFICO 13 – Dados pluviométricos do Município de Mata Grande-AL, no período de janeiro de 2016.



FONTE: Adaptado CERMADEN, 2016.

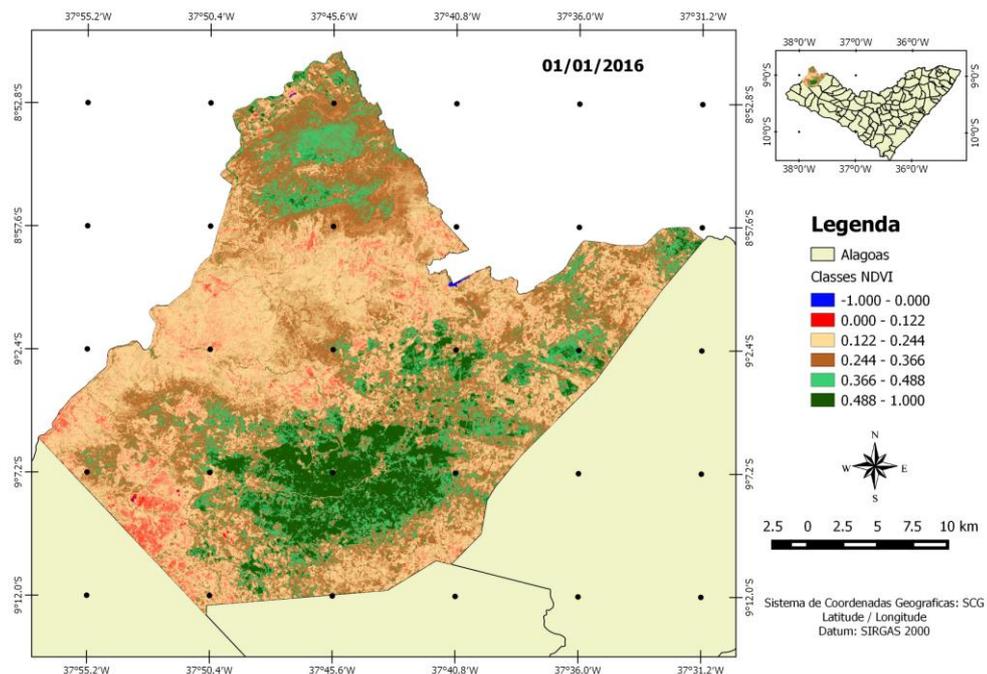
Nota-se também que lugares que antes apareciam na imagem da Figura 29, como degradação (solos exposto) foram substituídos por vegetação rala e pastagem. Quando chove

as paisagens mudam completamente. As árvores cobrem-se de folhas e o solo fica forrado de pequenas plantas, como podemos observar no extremo Norte e Sul do Município. A vegetação de médio porte começa dar características em áreas onde existia pastagem, enquanto a vegetação densa tem um maior destaque no extremo Sul do município, em que nessa região a vegetação apresenta uma maior densidade.

O leste do Município de Mata Grande (AL) ocorreu mudanças, onde não havia vegetação densa conforme observado na imagem da Figura 29, houve surgimento, podendo ser visualizado na imagem da Figura 31, vale ressaltar que, a vegetação perde suas folhas durante o período de seca e ganha folhas muito rápida com a incidência de chuvas, em curto intervalo de tempo. A vegetação de médio porte obteve uma maior ocupação, o caracterizou a diminuição das áreas exposta, pastagem e vegetação do estrato herbáceo.

Já ao oeste do Município praticamente não houve mudanças significativas em relação à vegetação. Percebe-se um aumento na vegetação rala, o que diminui a aparência dos solos expostos, pouca cobertura de pastagem e uma pequena porção de vegetação de médio porte, enquanto não há existência de vegetação densa nas duas imagens, o que pode caracterizar uma área susceptível a degradação.

FIGURA 35 – Mapa da cobertura vegetal do Município de Mata Grande (AL) no período de 01/01/2016.

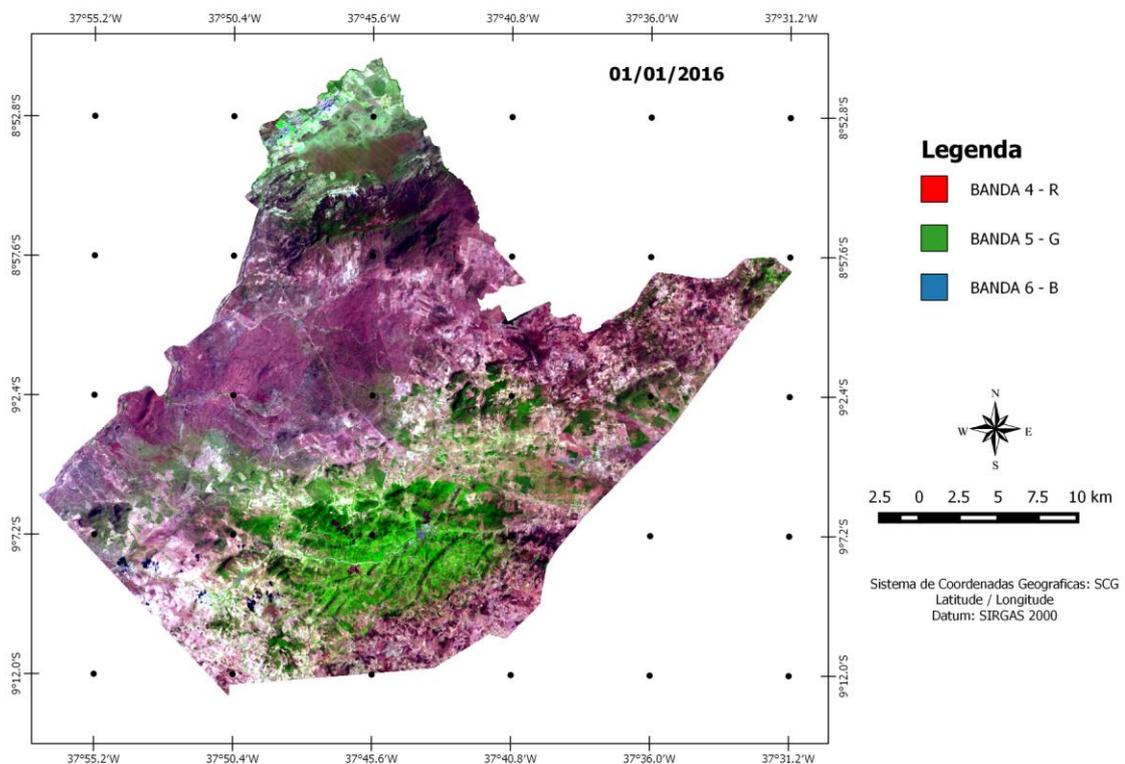


FONTE: Autor, 2016.

Na imagem Figura 36, como se pode observar, ao Norte do Município, houve um crescimento vegetativo de médio porte, diminuindo então, áreas de solos expostos, pastagem e vegetação rala. Já ao Sul, a vegetação de médio porte e densa, apresenta uma predominância em relação à imagem Figura 33, no período de 14/11/2015, o que caracteriza um aumento vegetativo durante o período ocorreu precipitação, (Gráfico 9).

Na região central do Município a tonalidade em rosa, apresenta mais intensa, o que significa que nessa área a cobertura vegetal sobrepõe em relação ao solo exposto. O fato de ter uma cobertura vegetal não significa dizer que essa área não está susceptível a degradação. Ao leste, pode-se observar o aparecimento de vegetação densa. Enquanto ao oeste ocorreu um surgimento de vegetação de médio porte, isso se dar pelo fato da vegetação arbustiva, começarem o processo de folhagem.

FIGURA 36 – Composição das bandas LAMDSAT8/TM 6, 5 e 4 em RGB, no período de 01/01/2016.



FONTE: Autor, 2016.

Apesar, durante o período em estudo haver um crescimento na cobertura da vegetação, o município ainda apresentou um elevado percentual de solo exposto e baixa cobertura de

vegetação uma vez que grande parte da região é ocupada pelas propriedades rurais, tendo uma maior ocupação e uso do solo, conseqüentemente uma pequena área urbana.

5 CONCLUSÃO

Qualquer alteração no solo, devido às condições naturais ou ações provocadas, gera impactos ambientais, pois modificam as propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente. As atividades humanas sejam direta ou indiretamente e as condições adversas, decorrentes dos fenômenos da natureza, são os principais fatores na área de estudo, município de Mata Grande (AL), que caracterizaram nas imagens analisadas um elevado percentual de solo exposto e baixa cobertura da vegetação.

Essas degradações da terra foram resultantes de dois pontos importantes: o primeiro devido às condições climáticas, uma vez que, a região apresentou durante o período estudado baixo índice pluviométrico e o segundo pelas as ações antrópicas, esta se dar pelo fato dos problemas sociais, econômicos e cultural da região, trazendo consequências e prejuízos para o município e o meio ambiente.

As geotecnologias aplicadas foram ferramentas primordiais não só para detectar as áreas susceptíveis a degradação, mas também para mapear a cobertura vegetal do município, através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - *NDVI*, pois a aquisição dos dados obtidos através das imagens geradas deram subsídios para qualificar suas classes.

Desta forma, essa metodologia foi de fundamental importância para detecção de áreas degradada trazendo resultados satisfatórios de forma a contribuir e proporcionar para a comunidade acadêmica e para o município de Mata Grande (AL), fundamentos teóricos, que possam diminuir as degradações e os possíveis impactos ambientais existentes. Pois, todos os resultados foram de acordo com embasamentos de literaturas existentes, o que caracterizou resultados confiáveis e satisfatórios em todo trabalho pesquisado.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib, **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas** / Aziz Ab'Sáber – São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALAGOAS, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Boletim anual de Precipitação**, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - Semarh/AL. Disponível em: <http://www.semarh.al.gov.br/tempo-e-clima/banco-de-dados/precipitacao-mensal/graficos-mensais-de-precipitacao/2013>. Acesso em: novembro 2016.
- ALAGOAS, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Boletim anual de Precipitação**, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - Semarh/AL. Disponível em: <http://www.semarh.al.gov.br/tempo-e-clima/banco-de-dados/precipitacao-mensal/graficos-mensais-de-precipitacao/2014>. Acesso em: novembro 2016.
- ALAGOAS. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH. Diretoria de Meteorologia – DMET. **Mapa da precipitação – média climatológica. Alagoas:** DMET, 2011 a. Disponível em: <<http://www.semarh.al.gov.br/tempo%20e%20clima/dadosmeteorologicos/pluviometria/mapa-s-de-media-climatologica/mapabaixa1.jpg/view>>. Acesso em: 12 de mar. 2013.
- ALBUQUERQUE, Eduardo Roman. **Aplicação de geotecnologia na gestão ambiental do Município de Salinas, Minas Gerais**. Dissertação (mestrado) – Ilhéus, BA: UESC, 2009.
- ARAÚJO, E. L. **Diversidade de herbáceas na vegetação da Caatinga**. In: JARDIN, E. A. G.; BASTOS, M. N. C.; SANTOS, J. U. M. (Ed.). *Desaios da Botânica brasileira no novo milênio: inventário, sistematização e conservação da diversidade vegetal*. Belém: Sociedade Brasileira de Botânica, p. 82-84, 2003.
- ARAÚJO, E. L.; SILVA, K. A.; FERRAZ, E. M. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVA, S. I. **Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de Caatinga**, Caruaru-PE, Brasil. *Acta Botânica Brasílica*, Feira de Santana, v. 19, n. 2, p. 285-294, 2005.
- BARROS, Alexandre Hugo Cezar, **Climatologia do Estado de Alagoas** / Alexandre Hugo Cezar Barros...[et al...] - - Dados eletrônicos. Recife: Embrapa Solos, 32 p, 2012.
- BARROSO, Luis Roberto. **A proteção do meio ambiente na constituição**. *Cadernos de Direito de Direito Constitucional e Ciência Política*, São Paulo: Revista dos Tribunais, n. 1, p. 115-140, 1992.
- BATISTA, Manuel de Jesus; NOVAES, Fabio de; SANTOS, Devanir Garcia dos et.al. **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos**. 2ª ed., rev. e ampliada. Brasília: CODEVASF, 216 p. il, 2002.
- BATISTELLA, Mateus; MORAN, Emílio F.. **Geoinformação e monitoramento ambiental na America Latina**, São Paulo. Editora Senac. São Paulo, P. 9 – 12, 2008.
- BERTÉ, Rodrigo. **Gestão socioambiental no Brasil**. Edição especial – Curitiba: Ibplex, 2009.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Erosão**. In: BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 4ª. ed. São Paulo: Ícone. Cap. 7, p. 68-93, 1999.

- BIGARELLA, J. J. **Processos erosivos, aspectos erosivos e denudacionais, erosão superficial, erosão em canais, ravinas e voçorocas.** In: BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais.** 2ª Edição. ed. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, v. 3. Cap. 15, p. 884-939, 2007.
- BOCCO, G., VELAZQUEZ, A. and C.SIEBE, “**Using Geomorphologic Mapping to Strengthen Natural Resource Management in Developing Countries,**” *Catena*, 60:239-253, 2005.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Banco de dados e registros de descartes:** sistema integrado de informação sobre desastres – S2ID. 2013. Disponível em:<<http://s2id.integração.gov.br/>>. Acesso em:20mar.2013.
- BRASIL. Ministério do meio ambiente. Secretaria de recursos hídricos. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN -Brasil.** Brasília. Distrito Federal. 213p, 2004.
- BRYAN, R. B. & JONES, J. A. A. **The significance of soil piping process: inventory and prospect.** *Geomorphology* 20, p. 209-218, 1997.
- BUCHER, E.H. **Chaco and caatinga South American arid savannas, woodlands and thickets.** p. 48-79 In: *Ecology of tropical savannas* (HUNTEY, B.J. & B.H. WALTHER, ed.) Springer-Verlag, New York, 1982.
- CAATINGA - Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/o-que-fazemos/pesquisa-e-monitoramento/monitoramento/caatinga.html>>. Acesso em: 2016.
- CAATINGA - Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em: 2016.
- CÂMARA, Gilberto. DAVIS, Clodoveu. MONTEIRO Antônio Miguel Vieira - **Introdução à Ciência da Geoinformação.** INPE – Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos 2001.
- CARVALHO, Otamar de & EGLER, Claudio A. G. **Alternativas de desenvolvimento para o Nordeste semiárido.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2003.
- CASTELLETTI, C. H. M., J. M. C. SILVA, M. TABARELLI & A. M. M. SANTOS. **Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar.** In press in: J. M. C. Silva, M. Tabarelli, M. Fonseca & L. Lins (orgs.) **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação.** Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2003.
- CASTELLETTI, C. H. M., SILVA J. M. C. D., TABARELLI, M., SANTOS, A. M. M.. **Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar.** Disponível em: <ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18266/1/Caatinga.pdf>. Acesso em: 2016.
- CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Manual de desastres:** desastres naturais. Brasília (DF): Ministério de Integração Nacional,182p.2003.
- CEMADEN. **Mapa Interativo da Rede Observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais do Cemaden.** Centro Nacional de Monitoramento e alertas de desastres naturais. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>. Acesso em: Outubro de 2016.
- COLEY, P. D. & J. A. BARONE. **Herbivory ad plant defenses in tropical forests.** *Annual Review of Ecology and Systematics* 27: 305-335, 1996.

COLEY, P. D. & J. A. BARONE. **Herbivory and plant defenses in tropical forests.** An. Rev. Ecol. System. 27: 305-35. 1996. In Dourado 2014.

COLEY, P. D. **Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland tropical forest.** Ecological Monographs 53: 209-233, 1983.

COSTA, D. F. da Silva; DE SENA, V. R. R; DE OLIVEIRA, A. M; ROCHA, R. M. **Análise da diversidade da vegetação herbácea em reservatório no semiárido brasileiro (açude Itans – RN).** Biotemas, 29 (1): 25-36. UFSC, Florianópolis, SC, Brasil, 2016.

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

Cruz, R. D. **Análise espacial da degradação ambiental no município de Capão do Leão**, RS.123f. Tese (Doutorado em Solos). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

CUSTÓDIO, H. B. **A Questão Constitucional: Propriedade, Ordem Econômica e Dano Ambiental. Competência Legislativa Concorrente.** In: **Dano Ambiental – Prevenção, Reparação e Repressão.** Org.: A. H. V. Benjamim, São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, pp. 143-115, 1993.

DALTON, J. B., BOVE D. J. MLADINICH, C.S. and B. W. ROCKWELL, "Identification of Spectrally Similar Materials using the USGS Tetracorder Algorithm: the Calcite-epidote-chlorite Problem," Remote Sensing of Environment, 89:455-456, 2004.

DESMATAMENTO - Disponível em: <www.ibama.gov.br/phocadownload/category/47-?download...2003>. Acesso em fevereiro 2016.

DIAS - FILHO, Moacyr Bernardino. **Diagnóstico das pastagens no Brasil – Belém, PA:** Embrapa Amazônia Oriental, 36 p.: il. 2014.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação.** 4. ed. rev., atual. e ampl. Belém, PA, 2011b.

DIAS-FILHO, M. B. **Pastagens cultivadas na Amazônia oriental brasileira: processos e causas de degradação e estratégias de recuperação.** In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa: UFV, Departamento de Solos: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, p. 135-147, 1998.

DICIONÁRIO DE ECOLOGIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS. São Paulo: **Melhoramentos**, 1996.

DOURADO, Ana Carla Pereira. **Herbivoria em espécies decíduas e perenes da caatinga no Nordeste do Brasil.** (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB – Itapetinga, 60f. 2014.

DUARTE. S. M. A. **O Desastre da Desertificação no Município de Taperoá, Estado da Paraíba**, Brasil. Tese (DOUTORADO). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – Paraíba. 2008.

Ecologia e conservação da caatinga / editores Inara R. Leal, Marcelo Tabarelli, José Maria Cardoso da Silva; prefácio de Marcos Luiz Barroso Barros. – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 822 p. 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 412p. 1999b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível em <<http://www.cnpma.embrapa.br>> 2016.

ENGESAT: **Soluções em imagens de satélites e geoprocessamento**. Disponível em: <<http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>>. Acesso em: Junho de 2016.

FAGERIA, N. K, STONE, L. F. – **Qualidade do solo e meio ambiente** - Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006.

FALCÃO, ERMANO CAVALCANTE - **Análise de riscos à degradação ambiental utilizando avaliação multicritério espacial, no município de Boa Vista-PB**, 2013,126f. (tese de doutorado). Universidade Federal de Campina Grande – PB, 2013.

FAO. The state of food and agriculture. Rome: FAO, 2009. Disponível em: <<http://bit.ly/dcsAFD>>. Acesso em: 25 jul. 2013. FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. D. **Production systems - An example from Brazil**. Meat Science, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

FERRI, M, G. **A vegetação brasileira**. EDUSP, São Paulo, 1980.

FLAUZINO, B. K. - **Degradação do solo pela erosão hídrica e capacidade de uso em sub-bacia hidrográfica piloto no sul de Minas Gerais** - Itajubá (MG), Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá, 2012.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo, Oficina de Textos, 2002.

FULLEN, M.A. E CATT, J.A. **Soil management – problems and solutions**. Oxford, Oxford University Press, 2004.

GALLO, D., O. NAKANO, S. SILVEIRA-NETO, R. P. L. CARVALHO, G. C. BATISTA, E. BERTI-FILHO, J. R. P. PARRA, R. A. ZUCCHI, S. B. ALVES & J. D. VENDRAMIM. **Manual de Entomologia Agrícola**. Editora Agronômica Ceres LTDA, São Paulo, 1988.

GARDA, E. C.. **Atlas do meio ambiente do Brasil**. Editora Terra Viva, Brasília, 1996.

GUERRA, A. J. T.; JORGE M. D. C. O. – **Geomorfologia do cotidiano – A degradação dos solos** – REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.4, N.4, p.116 – 135. 2012.

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil** – 3ª ed.- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA, Antonio J. T. et al. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 192 p, 2006.

HASSET, J.J. E BANWART, W.L. **Soils and their environment**. New Jersey: Prentice Hall, 1992.

HERNANI, L. C. et al. **A erosão e seu impacto**. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R. R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, p. 174, 2002.

HOFFER, R., “**Biological and Physical Considerations,**” Remote Sensing: The Quantitative Approach, p. 241 – 251. 1978.

HOOK, S. J., DMOCHOWSKI, J. E., HOWARD, K. A., ROWAN, L. C., KARLSTRON, K. E. and J. M. STOCK, “ **Mapping Variations in Weight Percent Silica Measured from Multispectral Thermal Infrared Imagery,**” *Remote Sensing of Environment*, 95:273-289, 2005.

HUNTLY, N. **Herbivores and the dynamics of communities and ecosystems.** *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 22: 477-503, 1991. In Dourado 2014.

IMESON, A.C, ARNALDS, O. M. L, ARNODUSSEN, A.V.A.S, CURFS M, DORREN L AND ROSA,D.D.L. - **Degradation & Development** - Volume 16, Date: November/December 2005, pgs 505-508. Disponível em: <http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/booklets/B1_Booklet_Final_PT.pdf>. Acesso: 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em:<<http://vamoscontar.ibge.gov.br/recursos/informacoes-municipais/alagoas.html>>. Acesso em: 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em:http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa_dou.shtm. Acesso em: 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3895>. Acesso em: 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET) – Clima. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=clima>>. Acesso em: 2016.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIARIDO (INSA) - Índice de vegetação por diferença normalizada. Disponível em:<<http://www.insa.gov.br/ndvi/>>. Acesso em Junho de 2016.

JACKSON, M, W. and J. R. JENSEN, “**An Evaluation of Remote Sensing-derived Landscape Ecology Metrics for Reservoir Shoreline Environmental Monitoring.**” *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 71(12):1387-1397, 2005.

JENNY, H. **Factors of soil formation, a system of quantitative pedology.** McGraw- Hill: New York, 281 p. 1941.

JENSEN, John R., 1949 – **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres;** tradução José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador)... [et al.]. – São José dos Campos, SP: Parêntese, Cap. 11, 12, 13, 14. 2009.

KING, L. C. **Canons of landscape evolution.** *Bulletin of the Geology Society of America*, Washington DC, v. 64, n. 7, p. 721-732, 1953.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais:conceitos básicos.** Curitiba:Organic Trading, 109p. 2006.

KRUPINICK, G. A., A. E. WEIS & D. R. CAMPBELL. **The consequences of floral herbivory for pollinator service to *Isomeris arborea*.** *Ecology* 80: 125-134, 1999.

LAL, R. Soil degradation in relation to climate. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Climate and food security.** Los Baños, p. 257- 276. 1989.

Landsat Science. Disponível em: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=5377>. Acesso em: junho 2016. *Texto cortesia* Charlie Loyd, MapBox. Original post intitulado Colocando Landsat 8 de Bandas to Work , publicado em 14 de Junho de 2013.

- Landsat Science.** Disponível em: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/?p=3186>. Acesso em: junho 2016.
- LIMA, Kleber Carvalho, **Relações entre a rede de drenagem e as superfícies de aplainamentos no semiárido: a bacia hidrográfica do Rio Bom Sucesso (Bahia) – Rio Claro:** [s.n.] 2012.
- MANTOVANI, W.; ROSSI, L.; ROMANIUC NETO, S. **Estudo fitossociológico de áreas de mata ciliar em Mogi-Guaçu, SP, Brasil.** SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR. Anais...Campinas: Fundação Cargil, São Paulo, p.235-267. 1989.
- MARQUES, J. R. **Meio ambiente urbano – 2ª Ed.** Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.
- MEDEIROS, L. P., R. N. GIRÃO, E. S. GIRÃO & J. A. LEAL. **Caprinos.** EMBRAPA - CPAMN/SPI, Teresina, 2000.
- MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Brasília, p.3,23. 2012
- MMA – Ministério Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis: **atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil / MMA, Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal da Paraíba; Marcos Oliveira Santana – Brasília: MMA, 2007.**
- MMA – **Ministério Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.** Disponível em <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>> 2016.
- NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações.** São Paulo: Blucher, Cap. 1,3. 2008.
- OLDEMAN, L. R. **The global extent of soil degradation.** In: GREENLAND, D. J.; SZABOCLS, I. **Soil Resiliense and sustainable Land Use.** CabInternational: Wallingford, p.99 -118. 1994.
- OLDEMAN, L. R.; HAKKELING, R. T. A.; SOMBROEK, W. G. **World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note.** 2. ed. Wageningen: International Soil Reference and Information Centre, 34 p. 1991.
- Parahyba, R. da B. V.; Leite, A. P. **Solos do Município de Mata Grande - Estado de Alagoas.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79361/1/circtec39-2007-solos-mata-grande.pdf>>.Aceso em: 2016.
- PARENTE. H. N. **Avaliação da vegetação e do solo em áreas de caatinga sob pastejo caprino no cariri da Paraíba.** Tese Apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal da Paraíba. Areia – PB, Agosto, 2009.
- PEDRAS, B.D.A.G - **O Impacto das Queimadas e Incêndios Florestais –** Disponível em:<www.domtotal.com/direito/pagina/detalhe/23816/o-impacto-das-queimadas-e-incendios-florestais>. Acesso em: fevereiro de 2016.
- PENA, Rodolfo F. Alves. **"Tipos de erosão"; Brasil Escola.** Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/tipos-erosao.htm>>. Acesso em 18 de marco de 2016.
- PEREVOLOTSKY, A. & Y. HAIMOV. **The effect of thinning and goat browsing on the structure and development of mediterranean woodland** in Israel. *Forest Ecology and Management* 49: 61-74, 1992.

PIOLLI, A. L.; CELESTINI, R. M.; MAGON, R. **Teoria e prática em recuperação de áreas degradadas: plantando a semente de um mundo melhor.** Serra Negra: SEMA/Governo do Estado de São Paulo/FEHIDRO, 55p. 2004.

PRADO, D. E. 1993b. **What is the Gran Chaco vegetation in South America? II. A redefinition.** *Candollea* 48: 615-629, 1993b.

PRADO, D. E. **As Caatingas da América do Sul.** In.: LEAL, I. R. & TABARELLI, M. (Eds.) **Ecologia e Conservação da Caatinga.** Editora Universitária: UFPE. 2003.

PRADO, D. E. **What is the Gran Chaco vegetation in South America? I. A review.** *Candollea* 48: 145-172, 1993 a.

PRADO, HÉLIO – **Pedologia fácil.** Disponível em <<http://www.pedologiafacil.com.br/solopaisagem.php>> 2016.

Preservação e uso da Caatinga / Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Semi- Árido. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

Programa Nacional de Capacitação de gestores ambientais: licenciamento ambiental / Ministério do Meio Ambiente. – Brasília: MMA, 2009.

REIS, A. C. **Clima da caatinga.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 48: 325-335. 1976.

RELATÓRIO: Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatorio_tecnico_caatinga_2008_2009_72.pdf>. Acesso em: novembro de 2015.

RICHLEY, Lindsay. **Treatment of tunnel erosion in Tasmania.** *Natural Resource Management*, v. 3, n. 2, setembro de 2000.

RIZZATTO, ALMIR – **Meio ambiente do trabalho – segurança e saúde do trabalhador: espaço não adequado ao trabalhador representa agressão à sociedade, 2009.** Disponível em <www.rumosustentavel.com.br>, Acesso em: 2016.

ROCHA, Aristotelina Pereira Barreto [et al], **Geografia do Nordeste**, 2ª ed. – Natal, RN EDUFRN, 2010.

ROCHA, José Antônio M. R, **GPS: Uma abordagem prática.** 4ª ed. Revista e ampliada. – Recife: Bagaço, Pp. 22 – 23. 2003.

ROMERO DÍAZ, A. et al. **The causes of piping in a set of abandoned agricultural terraces in southeast Spain.** *Catena*, 2007.

ROSENTHAL, J. P. & P. M. KOTANEN. **Terrestrial plant tolerance to herbivory.** *Science* 9: 145-148, 1994.

ROUSE, J. W., HAAS, R. H., SCHELL, J. A. and D. W. DEERING, 1974, “**Monitoring Vetation Systems in the Great Plains with ERTS,**” *Proceedings, Third Earth Resources Technology Sattellite-1 Symposium*, Greenbelt: NASA SP-351,3010-3017, 1974.

ROWAN, L. C., CROWLEY, J. K., SCHMIDT, R. G., AGER, C. M. and J. C. MARS, “**Mapping Hydrothermaly Altered Rocks by Analyzing Hyperspectral Image (AVIRIS) Data of Forested Areas in the Southeastern United States,**” *Journal of Geochemical Exploration*, 68:145-166, 2000.

RUDORFF, BERNARDO F. T. **Produtos de sensoriamento remoto**. Divisão de Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos São – SP. Disponível em: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: Junho de 2016.

RUELLAN, A. **La découverte des sols, un ensemble pédagogique d'introduction à la pédologie (filme, brochuras, cursos, transparências, slides, cartazes etc.)** Montpellier: CNEARC, 1991.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2ª ed. São Paulo. Editora Oficina de textos. 2013.

SANTOS, D. S. D. ; JERÔNIMO, C. E. D. M. **Levantamento florístico do município de Pedra Preta-RN: subsídios para empreendimentos futuros**. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET e-ISSN 2236 1170 - v. 15 n. p. 2925- 2934. 15, Out. 2013.

SCHOWALTER, T. D., W. W. HARGROVE & D. A. CROSSLEY-JR. **Herbivory in forested ecosystems**. Annual Review of Entomology 31: 177-196. 1986.

SELBY, M. J. Hillslope materials & processes. New York, Oxford University Press, 1982.

SEVERSON, K. E. & L. F. DEBANO. **Influence of spanish goats on vegetation and soils in Arizona chaparral**. Journal of Range Management 44: 111-117. 1991.

SILVA, J. M. C. da et. al. (orgs). **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. – Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2003.**

SILVA, J. R. P. - **Diversidade fitogeográfica da caatinga em água branca e Delmiro Gouveia – Alagoas**. Disponível em < www.anais.geoplan.net.br> acesso em fevereiro de 2016.

SILVA, José Afonso da, **Direito Ambiental Constitucional**, 4ª edição - revista e atualizada, 2ª tiragem, São Paulo, Editora Malheiros, 2003.

SILVA, José Afonso da. **Direito ambiental constitucional**. 3. Ed. São Paulo: Malheiros, 2000.

SILVA, Marcel Santos. **Sistemas de Informações Geográficas: elementos para o desenvolvimento de bibliotecas digitais geográficas distribuídas**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Faculdade de Filosofia e Ciências – Universidade Estadual Paulista. Marília - SP, 2006.

SILVA, W. B. ; Pietrobelli G.; Tratz E. B. - **Circulação e vazão de água em encosta com erosão em túneis na bacia do rio das pombas – Guarapuava – PR – 2013**. Disponível em: <www.revistas2.uepg.br/index.php/tp/article/download/4340/3946>. Aceso em: 2016.

SMALL, C., “The Landsat ETM+ Spectral Mixing Space,” Remote Sensing of Environment, 93:1-17, 2004.

SOUZA, M. N. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável**. 2004. 371f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2004.

STEFFEN, CARLOS ALBERTO. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Divisão de Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos

Campos São – SP. Disponível em:
<<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: Junho de 2016.

TAVARES, Sílvia Roberto de Lucena. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação** / Sílvia Roberto de Lucena Tavares ... [et al.]. -- Dados eletrônicos. -Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008.

TERRA, patrimônio comum: **a ciência a serviço do meio ambiente e do desenvolvimento**/coordenação de Martine Barrère; tradução Estela dos Santos Abreu. – São Paulo: Nobel, 1992.

UFSC. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012** / Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2 ed. Ver. Ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 95p. 2013.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Land degradation in drylands (LADA): GEF grant request**. Nairobi, Kenya, 2004.

VALLE JÚNIOR, R. F. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. Universidade Estadual Paulista (Câmpus Jaboticabal). Jaboticabal, p. 233. 2008.

WADT, Paulo Guilherme Salvador et al. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco, AC. Embrapa Acre, 29p II. (Embrapa Acre. Documentos, 90), 2003.

WEIERS, S., BOCK, M., WISSEN, M. and G. Rossner, “**Mapping and indicator Approaches for the Assesment of Habitats at Different Scales using Remote Sensing and GIS Methods**”, Landscap and Urban Planning, 67: 43-65, 2004.