



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

FRANCISCO LUCAS DE SOUZA LINHARES

**ÍNDICE DE ARIDEZ E TENDÊNCIA CLIMÁTICA À DESERTIFICAÇÃO NA
CIDADE DE MOSSORÓ – RN**

PAU DOS FERROS

2020

FRANCISCO LUCAS DE SOUZA LINHARES

**ÍNDICE DE ARIDEZ E TENDÊNCIA CLIMÁTICA À DESERTIFICAÇÃO NA
CIDADE DE MOSSORÓ – RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
como requisito para à obtenção do grau de
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos

PAU DOS FERROS

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L735 Linhares, Francisco Lucas de Souza.
í Índice de aridez e tendência climática à
desertificação na cidade de Mossoró - RN /
Francisco Lucas de Souza Linhares. - 2020.
66 f. : il.

Orientador: Wesley de Oliveira Santos.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2020.

1. Áreas desérticas. 2. Caatinga. 3.
Evapotranspiração. 4. Semiárido. I. Santos, Wesley
de Oliveira , orient. II. Título.

FRANSCISCO LUCAS DE SOUZA LINHARES

**ÍNDICE DE ARIDEZ E TENDÊNCIA CLIMÁTICA À DESERTIFICAÇÃO
NA CIDADE DE MOSSORÓ/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Câmpus Pau
dos Ferros em cumprimento às exigências legais como
requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 06/02/2020

BANCA EXAMINADORA

Wesley de Oliveira Santos
Prof Dr. Wesley de Oliveira Santos (UFERSA)

Orientador

Otávio Paulino Lavor
Prof Dr. Otávio Paulino Lavor (UFERSA)

Membro examinador

Kytéria Sabina Lopes de Figueiredo
Prof. Dra. Kytéria Sabina Lopes de Figueiredo (UFERSA)

Membro examinador

Aos meus queridos pais Marinalva Souza e Francisco Linhares e a minha irmã Andréia Linhares, que sempre me apoiaram e incentivaram no decorrer desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela determinação, coragem, saúde e força que ele me deu durante toda esta jornada, para que todo esse sonho se tornasse realidade.

Agradeço aos meus pais, Marinalva Pereira de Souza e Francisco Linhares filho, a minha querida irmã Maria Andréia de Souza Linhares, por todo carinho, paciência, pelo incentivo e força que recebi desde o início e que me proporcionou a chegar nesta nova etapa da minha vida.

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Wesley de Oliveira Santos, pelo seu empenho, orientação, paciência e por tudo que tem feito ao longo deste percurso, por cada instante do seu tempo cedido para me acompanhar nesta etapa de formação acadêmica.

Agradeço aos meus componentes da Banca Examinadora, Professor Dr. Otávio Paulino Lavor e a Professora Dr. Janaina Cortez de Oliveira, por reservarem um pouco do seu tempo para a aprimoração de todo este trabalho.

Agradeço a todos os professores e servidores que tive a satisfação de conhecer na UFERSA – Campus Pau dos Ferros, responsáveis na realização desta formação.

Agradeço aos meus amigos que conheci durante o curso e os que já conhecia, em especial para Gizele Goncalves, Girlano Moura, Ketley Nohara, Amanda Beatriz, Lucas Ciríaco, Naiara Pereira, Manoel José, Kauan Jacone, Marcos Vinícius e Jéssica Ferreira por todos os momentos e acontecimentos vividos juntos, por todo o apoio, e o mais importante, a amizade.

Agradeço a todos pela ajuda e apoio direta ou indiretamente que recebi no decorrer desta jornada acadêmica. Meu muito obrigado!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

RESUMO

O município de Mossoró no Rio Grande do Norte, é um local propenso para ocorrência deste processo, por esta inserido na região semiárida. O presente estudo almejou diagnósticos a possível presença deste processo em Mossoró/RN e assim tentar prevenir o avanço deste fenômeno, por meio do estudo de fatores climáticos, adotando o método de Thornthwaite (1948), para determinar o índice de aridez presente neste local. Através deste índice foi constatado um grau de aridez para a região de Mossoró de 0,42 e classificando desta forma a região com o predomínio de um clima semiárido, também pode-se determinar que a região apresenta um alto Grau de Susceptibilidade para a ocorrência da desertificação, realizado por meio de um levantamento de uma série histórica de 37 anos de dados pluviométricos. É notório que o município de Mossoró, está propenso para susceptibilidade do processo de desertificação por fatores climáticos, sociais, ambientais e econômicos, relacionado ao desmatamento da Caatinga e por se tratar de uma região frágil geologicamente.

Palavras-Chaves: Áreas desérticas. Caatinga. Evapotranspiração. Semiárido.

ABSTRACT

The municipality of Mossoró in Rio Grande do Norte, is a place prone to the occurrence of this process, which is inserted in the semiarid region. The present study aimed to diagnose the possible presence of this process in Mossoró / RN and thus try to prevent the advance of this phenomenon, through the study of climatic factors, adopting the method of Thornthwaite (1948), to determine the aridity index present in this place. Through this index it was found a degree of aridity for the Mossoró region of 0.42 and thus classifying the region with the predominance of a semi-arid climate, it can also be determined that the region has a high Degree of Susceptibility for the occurrence of desertification, carried out through a survey of a historical series of 37 years of pluviometric data. It is well known that the municipality of Mossoró is prone to susceptibility to the desertification process due to climatic, social, environmental and economic factors, related to the deforestation of the Caatinga and because it is a geologically fragile region.

Keywords: Desert areas. Caatinga. Evapotranspiration. Semiarid.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASD - Áreas Susceptíveis à Desertificação

AL - Alto

AR - Árido

BID - Banco Interamericano para o Desenvolvimento

CC - Classificação Climática

CCD - Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação

CICD - Convenção Internacional de Combate à Desertificação

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CMADS - Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

CNCD - Comissão Nacional de Combate à Desertificação

CNUMAD - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento

CONSLAD - Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano da Desertificação

COP 3 - 3ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação

CRIC - Comitê de Revisão e Implementação da Convenção

CST - Comitê de Ciência e Tecnologia

DP - Desvio Padrão

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ETP - Evapotranspiração

FGEB - Fundação Grupo Esquel/Brasil

FIDA - Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola

GEF - Global Environment Facility

GM - Mecanismo Global

GS - Grau de Susceptibilidade

GTCD/ASA - Grupo de Trabalho de Combate à desertificação – da Articulação no Semiárido Brasileiro

HP - Hiperárido

IA - Índice de Aridez

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICID - Conferência internacional sobre variações climáticas e desenvolvimento sustentável no semiárido

ICID II - Segunda Conferência Internacional sobre Impactos das Variações Climáticas e o Desenvolvimento em regiões semiáridas

IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Norte

I ENED - Primeiro Encontro Nacional de Combate à Desertificação

IICA - Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura

IM - Inferior a Moderada

LAPIS - Laboratório de Análise e Processamento de Imagens e Satélites

MA - Muito Alto

MCR - Mecanismos de Coordenação Regional

MD - Moderado

MMA - Ministério do Meio Ambiente

ONGs - Organizações Não Governamentais

ONU - Organização das Nações Unidas

P - Precipitação

PACD - Plano de Ação de Combate à Desertificação

PANS - Programas de Ação Nacionais

PGB - Programa Geologia do Brasil

PNDR - Política Nacional de Desenvolvimento Regional

PNMC - Política Nacional sobre Mudança de Clima

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

S - Série histórica

SEDR - Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural sustentável

SMA - Superior a Muito Alto

SRH - Secretaria de Recursos Hídricos

SS - Subúmido Seco

SU - Subúmido Úmido

SUDENE - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

T – Temperatura

U - Úmido

UFERSA - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

UNESCO - Organizações das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Classificação climática usando o IA.....	50
Tabela 1: Classificação do nível de suscetibilidade à desertificação.....	50
Tabela 3: Representação anual do índice de aridez (IA).....	52
Tabela 4: Representação anual da Classificação Climática (CC).....	53
Tabela 5: Representação do Grau de Susceptibilidade (GS).....	54
Tabela 6: Distribuição da temperatura média anual.....	56
Tabela 7: Maior IA x Menor T (°C).....	56
Tabela 8: Menor IA x Maior T (°C).....	57
Tabela 9: Distribuição da Precipitação média anual (P).....	58
Tabela 10: Menor IA x Menor P.....	58
Tabela 11: Maior IA x Maior P.....	59
Tabela 12: Distribuição da evapotranspiração média anual ETP.....	60
Tabela 13: Maior T (°C) x Maior ETP.....	61
Tabela 14: Correlação de Pearson.....	61

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1: Breve explanação de eventos relacionados ao combate à desertificação que ocorreram no Brasil após 1997.....	27
--	----

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da desertificação no mundo	20
Figura 2: Tempestade de poeira na região norte americana 1929-1932.....	21
Figura 3: Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento.....	23
Figura 4: Dia internacional de combate à desertificação.....	24
Figura 5: Desertificação no Brasil.....	27
Figura 6: Desertificação no Nordeste.....	31
Figura 7: Desertificação no Rio Grande do Norte.....	32
Figura 8: Áreas Susceptíveis à Desertificação no estado do Rio Grande do Norte.....	33
Figura 9: Áreas Susceptíveis à Desertificação no Brasil.....	39
Figura 10: Caatinga com vegetação preservada.....	40
Figura 11: Caatinga em processo de desertificação.....	40
Figura 12: Localização da cidade de Mossoró.....	42
Figura 13: Vegetação do estado do Rio Grande do Norte.....	43
Figura 14: Bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Norte.....	44
Figura 15: Tipos climáticos do estado do Rio Grande do Norte.....	45
Figura 16: Solos do estado do Rio Grande do Norte	46
Figura 17: Representação anual do índice de aridez (IA).....	53
Figura 18: Distribuição da temperatura média anual (T).....	57
Figura 19: Distribuição da precipitação média anual (P).....	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1 Conceitos	19
2.2 Histórico no mundo.....	20
2.3 Histórico de eventos no Brasil	25
2.4 Ocorrência no Nordeste brasileiro	30
2.4.1 Presença no estado do Rio Grande do Norte.....	32
2.5 Influência da Agricultura	33
2.6 Influência da Pecuária.....	37
2.7 Área Susceptível à Desertificação	38
2.8 Bioma caatinga.....	40
3. METODOLOGIA	42
3.1 Área de Estudo.....	42
3.2 Caracterização	43
3.2.1 Vegetação.....	43
3.2.2 Hidrografia	44
3.2.3 Clima.....	45
3.2.5 Geomorfologia.....	47
3.3 Parâmetros Medidos	48
4 RESULTADOS E DISCURSSÃO	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

O nordeste brasileiro constitui uma abrangência de 1.561.177 mil Km², onde contém uma região semiárida com extensão de 982.563,3 mil Km², onde está grande área é marcada por grandes períodos de secas, provindas da mal distribuição de chuvas durante todo o ano, uma vez que o período chuvoso varia entre os primeiros meses do ano, de janeiro até maio, e os demais meses posteriores apresentando escassez de chuva, o que propicia um grande aumento da temperatura, na qual acarreta um elevado grau de evapotranspiração nesse período. Este processo ocorre de forma natural na natureza.

Nesse contexto, também surge a influência das atividades humanas como responsáveis pela mudança do clima e pelas altas temperaturas que acabam ocasionando queimadas na caatinga, assim como desmatamentos, irrigações inadequadas do solo, modificações da vegetação natural por culturas como a agricultura e a pecuária, e o manuseamento incorreto do solo para plantações.

Tendo em vista que a caatinga é um bioma predominantemente da região nordestina, diante de tais problemas citados anteriormente, é notável que há presença de um solo bastante infértil e vulnerável, sujeito a ficar rochoso ou arenoso, características essas que proporciona o surgimento da desertificação da caatinga. Fenômeno este que conduz o solo ao estado de degradação, sendo assim considerados por muitos, um dos maiores problemas presentes nas regiões semi-áridas na atualidade.

Para o estudo do processo de desertificação, adota-se o índice de aridez, cujo método é de suma importância para determinar regiões que estão sujeitas ao processo de desertificação, sendo o único método que usa as variáveis quantitativas para análise. Com isso, tendo em mente os fatores climáticos que contém variações, de modo que, também proporcione mudanças nos valores obtidos pelo índice de aridez (IA), por meio de uma série temporal, na qual colabora para a compreensão que origina as variações climáticas existentes em uma determinada área.

Com o índice de aridez (IA), é possível compreender os fatores que estão ligados diretamente com a desertificação e interligar com fenômenos ambientais, socioeconômicos e climáticos. Perante a importância do uso e a compreensão deste método, foi elaborado este trabalho, com o objetivo de determinar os principais fatores climáticos que colaboram para a variação temporal e espacial do índice de aridez (IA),

por meio de séries históricas de precipitação e temperatura, onde através disso, poder verificar a tendência da cidade de Mossoró ao processo de desertificação.

Para poder obter os objetivos gerais deste presente trabalho é preciso determinar uma lista com os objetivos específicos, como:

- Determinar a variação anual do índice de aridez (IA) e da tendência a desertificação na cidade de Mossoró/RN.
- Avaliar o grau de dependência entre as variáveis Precipitação (mm), Temperatura (°C) e Evapotranspiração potencial (mm).
- Realizar análise de regressão, a fim de identificar a tendência do índice de aridez (IA) na série histórica na cidade de Mossoró/RN.
- Avaliar o grau de dependência entre as variáveis Precipitação (mm), Temperatura (°C) e Evapotranspiração potencial (mm).

Toda essa problemática se propõe em consideração a importância de um tema tão complexo, que envolve o clima semiárido de predominância do município de Mossoró - RN, que está correlacionado fortemente com a desertificação e podendo ser determinado através do índice de aridez, uma vez que a desertificação é considerada como um grave impacto ambiental, associado a problemas sociais e econômicos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceitos

Através da intensa exploração dos recursos naturais, provenientes das atividades humanas, juntamente com fatores de ordem naturais é o que colabora cada vez mais para a ocorrência da desertificação, onde ocorrido tal elemento em um local, contribui para a perda das suas propriedades, fazendo-o com que o mesmo fique impróprio para o uso, tornando assim em uma espécie de deserto.

De acordo com VIANA (2013, P. 19), “a desertificação é um processo constituído de episódios de extremos climáticos, em geral as secas, associados à ação do ser humano.”

Segundo NASCIMENTO (2006, p.16):

Há enorme complexidade no entendimento sobre as causas da desertificação, podendo ocorrer por efeitos climáticos ou humanos, que podem variar desde os rigores climáticos relacionados à precipitação, ao padrão de vida e pressão das populações humanas, passando pelo nível de desenvolvimento das nações e suas políticas de prevenção à degradação e às secas. Isso torna tal conceito ainda mais escorregadio e provocador de vertigens.

A desertificação pode ser classificada por duas formas, a climática e a ecológica, onde a forma climática atribui as variações ocorridas no decorrer do tempo em uma determinada área, que resulta em uma escassez de água do local, que podem ocorrer de forma natural ou sob ação humana no meio ambiente, assim como, a sua ocorrência pela junção das duas. Já a forma ecológica especifica o aumento demográfico associado a forte pressão antrópica, que propicia o surgimento de elementos que provoca a ocorrência de áreas degradadas (NETO, 2016, P.49 apud CONTI, 1989).

De acordo com MACEDO (2007, p. 28 apud Vasconcelos sobrinho, 1979):

Desertificação é o processo de degradação progressiva da cobertura vegetal, do solo e do regime hídrico resultante das condições climáticas e edáficas, ou da ação do homem, ou ambas as coisas conjuntamente, conduzindo à desertificação dos ecossistemas primitivos, a redução de sua produtividade e da capacidade de se recuperarem.

A definição do processo desertificação segundo VIANA (2013, p. 55), “desertificação é o resultado de ações antrópicas em um determinado espaço no qual são promovidas as condições de formação de desertos.”

Segundo NASCIMENTO (2006, p. 17),

A redução da biodiversidade, a erosão dos solos e a diminuição espaciotemporal e qualiquantitativa das águas interiores, dos recursos de solo e vegetação, só para citar os mais prejudicados, dão sinais de profunda degradação ambiental na região fisiográfica dos sertões, onde sobressai a problemática da degradação/desertificação.

A Convenção Internacional de Combate à Desertificação (CICD), denomina que a desertificação pode surgir a partir da degradação do solo, através da combinação de fatores climáticos que resultam da ação do homem, com a ocorrência deste fenômeno em qualquer local do planeta, no entanto não atinge as regiões das zonas polares e subpolares.

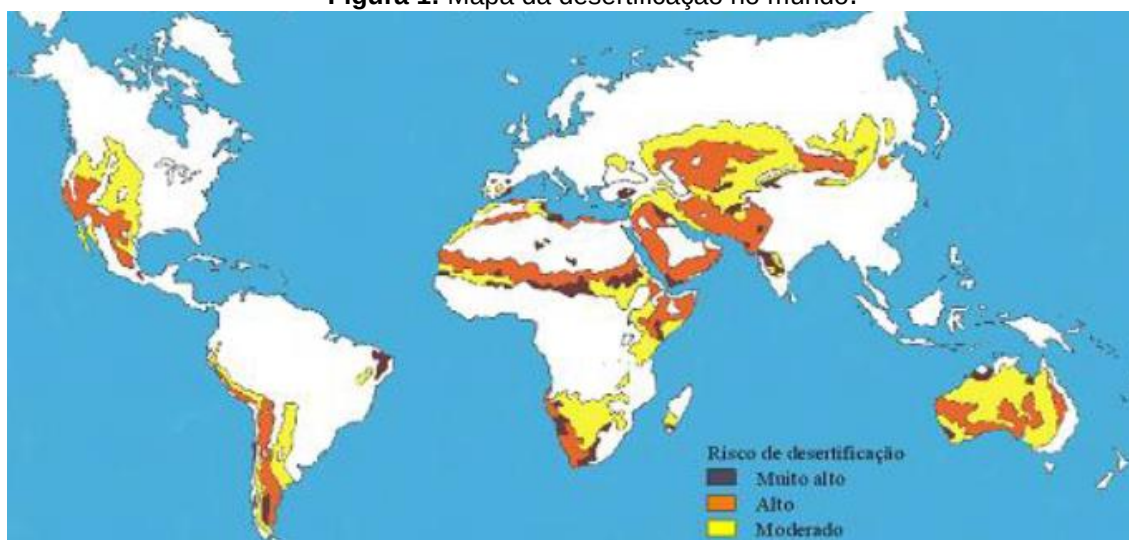
No capítulo 12 da Agenda 21, define que a desertificação é a degradação do solo em áreas semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de diversos fatores, inclusive de variações climáticas e de atividades humanas (MMA, 2001).

De acordo com REGO (2012), pode-se determinar vários conceitos ao termo desertificação onde outro conceito de desertificação tem a ver com a deterioração do meio ambiente e o aumento da aridez de uma determinada região.

2.2 Histórico no mundo

O termo desertificação aparenta ser um tema descoberto recentemente, porém há registros de civilizações muito antigas, em que ocorria algum tipo de degradação em suas terras por decorrência de atividades cultiváveis pela ação humana em seu território ou por decorrência de fenômenos naturais. Porém naquela época não existia um significado específico para a ocorrência deste fenômeno, assim como estudos relacionado a este tema. A figura 1, mostra o histórico da desertificação no mundo.

Figura 1: Mapa da desertificação no mundo.



Fonte: SUERTEGARAY (2001).

Segundo MACEDO (2007),

Obstante de ser um problema recente, os primeiros registros da desertificação datam de 2000 a.c., na Mesopotâmia, região que é considerada berço de várias civilizações, onde se desenvolveram cidades e uma agricultura com base na irrigação em locais onde existiam florestas. A degradação do solo é algo tão antigo quanto a civilização: na literatura Suméria, há mais de 4000 anos, há evocações e descrições sobre a desertificação.

De acordo com o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), esta espécie de degradação do solo foi abordada pela primeira vez com mais destaque nos anos de 1929 a 1932, em que uma grande seca atingiu áreas de produção agrícola na região norte americana, mais precisamente no meio oeste, onde na época essa seca teve uma abrangência de mais de 380 mil quilômetros quadrado que afetou diretamente os estados do Novo México, Oklahoma, Colorado e Kansas. Também teve o surgimento de tempestades de poeiras muito densas, como mostra a figura 2 abaixo, com ventos que atingiam uma velocidade de 120 milhas por hora, com a presença de redemoinhos que alcançavam cerca de 6 metros de altura.

Figura 2: Tempestade de poeira na região norte americana 1929-1932.



Fonte: MACEDO (2007).

Este episódio ficou marcado como a grande bacia de pó, o Dust Bowl. Os fatores físicos presentes naquela região que pode ter ocasionado essa grande seca, está associado a ocorrência da desertificação, com destaque para o elevado uso da atividade agropecuária com técnicas inadequadas, assim como a intensificação do desmatamento nesta área, com o grande aumento da exploração dos solos, onde

estes solos apresentavam características de serem bastante fundos e com a aração de forma irregular, associado com uma pequena precipitação anual de chuvas, relacionado com ventos muito fortes. Esta seca ocasionou uma série de fatores, dentre eles, o surgimento de uma forte migração da população presente nesta área que foi atingida pela seca para outros locais dos Estados Unidos, por causa da escassez de produtos agrícolas.

Em 1951, logo após a 2ª Guerra Mundial, a preocupação com as áreas ambientais degradadas, fez com que a Organização das Nações Unidas (ONU), criasse um programa de conservação da natureza, realizado na Argélia, nesse respectivo ano, com o auxílio das Organizações das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), para falar sobre as zonas áridas presentes no mundo. Já em 1952 esta temática ganhou grandes proporções, o que ocasionou a formação de um importante documento, o Arid Zones Series, contendo a finalidade de reunir as características presentes em cada ecozona árida do continente.

Mais tarde em Estocolmo na Suécia, foi realizada uma discussão internacional no ano de 1972, tendo como um dos temas questionados as consequências da desertificação, sendo assim a primeira conferência internacional sobre o meio ambiente humano, efetivado pela Organização das Nações Unidas (ONU), com o reconhecimento e medidas de prevenção deste tema para um desenvolvimento sustentável e assim poder planejar medidas com intuito de proteger o meio ambiente.

Depois com uma longa seca, desta vez mais intensa entre os anos de 1968 a 1973 na região Sahel no Continente Africano, ocasionou bastante impactos para aquela região, tanto econômicos como sociais, o que despertou a atenção de diversos estudiosos e pesquisadores para tentar compreender os reais motivos que provocou este fenômeno que atingiu as zonas secas africanas.

De acordo com FERNADES e MEDEIROS (2009, p. 155):

A África é a região mais afetada, merecendo também preocupação a China e outras áreas onde o problema também é muito presente, o Oeste da América do Sul, o Nordeste do Brasil, o Oriente Médio, a Austrália e o Sudeste dos Estados Unidos.

Com o provável rumor de uma possível expansão do fenômeno que ocorria na África surgisse em outros países em que continha os mesmos fatores climáticos similares aos presentes nesta região. E como essa seca gerou grandes proporções, levou o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), criar no ano de 1977 a primeira conferência das nações unidas, abordando o tema da

desertificação, sendo realizada na região de Nairóbi, no Quênia, evento este que ganhou grande destaque de ordem de caráter mundial e interdisciplinar, que visava medidas que combatesse o aumento deste fenômeno para outras regiões, com isso surgiu o Plano de Ação de Combate à Desertificação (PACD), que teve aceitação voluntária por muitos países, assim como o Brasil.

No decorrer deste evento, foi realizado conforme o método de Phornphwate (1948), a adoção do índice de aridez para a realização do Plano de Ação de Combate à Desertificação, como útil para indicar a susceptibilidade à desertificação de uma determinada área, onde este índice adota a pluviosidade da precipitação, associado com a grande perda de água através da transpiração e a vaporização.

Depois desse evento internacional, ocorreu vários outros encontros sobre esse assunto no decorrer dos anos 80. Mas somente em junho de 1992 no Rio de Janeiro, foi executada a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), marcando o jeito que a sociedade deveria encarar seu convívio com os problemas presentes no planeta. Esta conferência ganhou o nome Rio-92 ou Eco-92 (figura 3), justamente 20 anos após a realização da primeira conferência em Estocolmo, porém a Rio-92 foi diferente, pois continha a presença de diversos chefes de estados de outros países e uma grande quantidade de Organizações Não Governamentais (ONGs). Teve um papel fundamental na criação de documentos para servir de referência para problemas ambientais, sendo uma delas relacionada a biodiversidade e a outra sobre mudanças climáticas.

Figura 3: Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento.



Fonte: FRANCISCO.

A Rio-92 trouxe pontos positivos e um deles que resultou em outro resultado de fundamental importância foi a assinatura da Agenda 21, um plano de ações com metas para a melhoria das condições ambientais do planeta (FRANCISCO).

Durante a Rio-92 foi assinado a agenda global, que é um documento com 40 capítulos, com a finalidade de promover um novo modelo de desenvolvimento sustentável no mundo. A Agenda 21 propõe que cada país assuma o seu papel responsável de problemas provindos de ações humanas no meio ambiente, onde é dever do país elaborar a sua própria Agenda 21, relacionado com os problemas ambientais associado aos sociais, assim como a sua preservação e o crescimento econômico.

Também na realização Rio-92, foi proposto por vários países que enfrentava consequências provindas da desertificação, uma assembleia geral, em que foi aprovado uma convenção Internacional para tratar desse fenômeno, e com isso os países que indicava fortes indícios para o surgimento da desertificação, fizeram um acordo para criar em seus países, algumas formas de tentar minimizar os impactos provindos deste processo, similar ao que foi proposto pela Agenda 21.

Com a realização da convenção Internacional que teve início no período de janeiro de 1993 até o dia 17 de junho de 1994, onde esta data passou a ser considerada como o dia internacional de combate à desertificação, como mostra a figura 4 abaixo:

Figura 4: Dia internacional de combate à desertificação.



Fonte: MACEDO (2007).

Em Roma, no período de 29 de setembro a outubro de 1997 teve a aprovação do Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA). Já no período de 30 de novembro até 11 de dezembro de 1998 na região de Dakar em Senegal, ocorreu o convite de países da Europa Central e Oriental à participar de um programa para implantação por regiões da UNCCD no ano seguinte, entre 15 a 26 de novembro de 1999 no estado do Recife, no Brasil para tomar decisões e assim poder determinar o que deveria ser feito em uma implantação regional de uma nova sede da UNCCD. Também foi criado um programa para analisar e examinar relatórios dos Programas de Ação Nacionais (PANS). Na região de Bonn na Alemanha no ano 2000, teve a aceitação do começo de trabalhos para revisar a implementação da UNCCD. Já no período de 01 a 13 de outubro de 2001 na região de Genebra na Suíça, teve a aceitação da proposta do conselho Global Environment Facility (GEF), para relatar o processo de degradação de um determinado local para outro foco de financiamento. No período de 28 de agosto a 06 de setembro de 2003 em Havana-Cuba, a caracterização do GEF, como um meio financiador da UNCCD. Já na região do Nairobi na Quênia de 17 a 28 de outubro de 2005 teve a aceitação do memorando da UNCCD com o GEF. De 03 a 14 de setembro de 2007 foi realizado pela ONU em Madri, na Espanha, a 8ª Conferência das Partes, que juntou aproximadamente 200 países, com o intuito de discutir esta temática. Mais tarde no período de 21 de setembro a 02 de outubro de 2009, em Buenos Aires, na Argentina, a aprovação de trabalhos com o decorrer de quatro anos, com auxílio de planos bienais do Comitê de Ciência e Tecnologia (CST), Comitê de Revisão e Implementação da Convenção (CRIC) e Mecanismo Global (GM). Também neste mesmo ano teve a aprovação dos Mecanismos de Coordenação Regional (MCR) e a aprovação de avaliações da implantação da UNCCD. No período de 10 de outubro a 21 de novembro de 2011, em Changwon, na Coreia do Norte, a aprovação internacional de um comitê, com o intuito de proteger as atividades provindas da biodiversidade do mundo até 2020 (VIANA, 2013).

2.3 Histórico de eventos no Brasil

Nos anos 70 podemos relacionar o surgimento da desertificação no Brasil por meio de contribuições do pesquisador Vasconcelos Sobrinho, onde tal pesquisador apresentou muitos trabalhos sobre esse tema, com destaque para o trabalho realizado em 1978 com o título Núcleos de Desertificação no Polígono das secas, onde surge

os primeiros conceitos sobre o termo desertificação. Na publicação deste trabalho foi apontado certas áreas específicas, com o intuito de aprofundar os seus estudos sobre esse tema, pois não era possível realizar um estudo de maior abrangência que compreendesse todo o polígono da seca.

Segundo LACERDA e LACERDA (2004):

Para o Brasil, as áreas que se enquadram no conceito de desertificação aceito pelas Nações Unidas são aquelas abrangidas pelo trópico semiárido. Mas, tem sido identificado processo de degradação ambiental em outras partes do país, como é o caso do já conhecido fenômeno de Alegrete, RS, dos fortes processos erosivos que ocorrem no Paraná, São Paulo, Rondônia e na região Centro-Oeste. São áreas que reconhecidamente apresentam um quadro grave de deterioração ambiental. No entanto, essas áreas não estão enquadradas no escopo de aplicação da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e do capítulo 12 da Agenda 21.

As principais causas que possibilita o processo de desertificação no Brasil são: supressão indiscriminada da cobertura vegetal e redução progressiva de biomassa; solos rasos, frequentes afloramentos rochosos e chãos pedregosos; efeitos incisivos do escoamento superficial (difuso e em lençol) com erosão e avivamento dos solos; incapacidade dos solos de reter umidade; substrato rochoso impermeável; profundidade das águas subterrâneas; redução do volume dos corpos hídricos; colmatagem dos fundos de vales inundando planícies aluviais e terraços com solos férteis; mudanças na cadeia trófica; sucessões ecológicas com alta frequência de cactáceas e outras plantas espinhentas da Caatinga; pressões das atividades humanas sobre os sistemas ambientais, especialmente o sobre pastoreio e o extrativismo vegetal; e, baixa capacidade de resiliência dos sistemas ambientais (CGEE, 2016). A figura 5 mostra a predominância da desertificação no Brasil.

Figura 5: Desertificação no Brasil.

Fonte: LEMELA (2010).

De acordo com MACEDO (2007), depois de 1977 ocorreu no Brasil uma série de eventos ligados ao combate à desertificação, como mostra na tabela 01:

Quadro 1: Breve explanação de eventos relacionados ao combate à desertificação que ocorreram no Brasil após 1997.

Evento	Quando Ocorreu	Local
Conferência internacional sobre variações climáticas e desenvolvimento sustentável no semiárido - ICID. Essa conferência contou com a participação de representantes de mais de 70 países e, com ela, países afetados pela desertificação consolidaram suas bases técnicas e políticas para evidenciar a celebração de uma Conferência específica para as regiões áridas e semiáridas.	Janeiro – Fevereiro 1992	Fortaleza

Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD (ECO-92). Negociação de uma Convenção de Combate à desertificação, proposta pelos países africanos.	Jun/92	Rio de Janeiro
ONGs dos cinco continentes, reunidas no fórum paralelo à ECO-92, elaboraram 46 “tratados”, dentre os quais, o “Tratado sobre as Zonas Áridas e Semiáridas”. Tal tratado menciona em seus princípios que as regiões áridas e semiáridas são ecossistemas complexos, capazes de propiciar uma boa qualidade de vida para seus habitantes, desde que se adote uma qualidade de vida para seus habitantes, desde que se adote uma concepção de desenvolvimento que seja socialmente justo, ecologicamente sustentável e culturalmente apropriado.	Jun/92	Rio de Janeiro
Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano da Desertificação – CONSLAD; representantes de governos e da sociedade civil latino-americanos formulam e negociam o texto final do “Anexo Regional da América Latina”.	Fevereiro 1994	Fortaleza
Adesão formal do Brasil à Convenção de Combate à Desertificação.	15 de outubro de 1994	Brasília
Congresso Nacional ratifica a CCD (Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África).	25 de junho de 1997	Brasília

A CCD entra em vigor no Brasil.	24 de setembro de 1997	Brasília
Realização da COP 3 (3ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação), com elaboração de metas de médio prazo a serem cumpridas pela CCD. Elaboração da “Declaração do Semiárido”, através de um fórum paralelo promovido pela sociedade civil.	Novembro de 1999	Recife
Criação do Grupo de Trabalho de Combate à desertificação – da Articulação no Semiárido Brasileiro – GTCD/ASA, visando articular as ações da sociedade civil no que diz respeito à desertificação.	Abril de 2002	Brasília
Convênio firmado entre a Fundação Grupo Esquel/Brasil (FGEB), o Instituto Interamericano de Cooperação Para a Agricultura (IICA), o Banco Interamericano para o Desenvolvimento (BID) e o fundo especial do Governo do Japão, objetivando a execução do programa de combate à desertificação e mitigação da seca na América do Sul (envolvendo 06 países: Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Equador e Peru).	Setembro de 2002	Brasília
Encontro dos Núcleos de Desertificação do Semiárido Brasileiro. Foi a primeira vez que representantes de entidades da sociedade civil, dos núcleos de desertificação, encontram-se com a finalidade de debater sobre o tema.	Junho de 2003	Salgueiro (Pernambuco)

Processo de construção gradual e de maneira participativa do PAN-BRASIL, até seu lançamento, durante a Conferência Sul-Americana sobre desertificação.	Junho de 2003 a agosto de 2004	Brasília Fortaleza
--	--------------------------------	-----------------------

Fonte: MACEDO (2007).

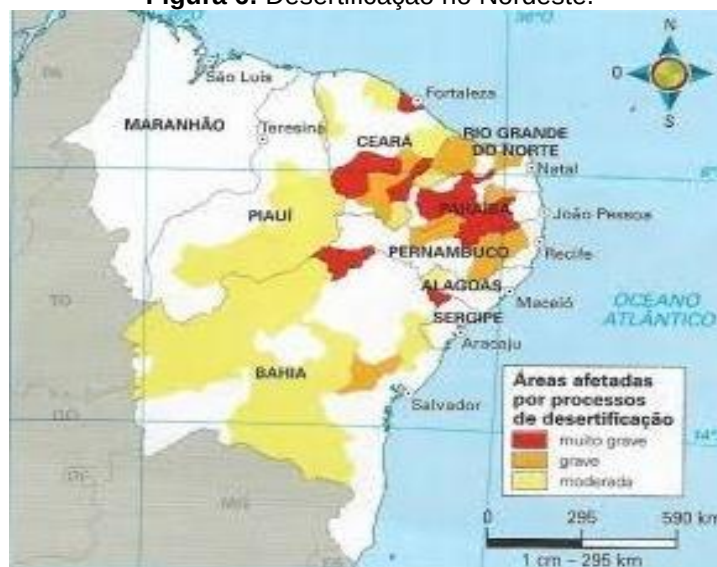
Mais tarde em 2005, foi implantado o PAN-BRASIL e mitigação dos efeitos provindos da seca, já em 2006, o PAN-BRASIL mudou-se de secretarias, saindo da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), para a Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural sustentável (SEDR). No ano de 2007 teve a reformulação da Sudene com novos aspectos sem depender do desenvolvimento da região. Em 2008, ocorreu a criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação (CNCD), como foi tratado na tabela anterior, onde esse programa faz demarcações das áreas susceptíveis à desertificação (ADS), depois ocorreu a implantação de uma Política Nacional sobre Mudança de Clima (PNMC) e a aprovação de uma Política Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR). No período de 2009 a 2010 teve início do Primeiro Encontro Nacional de Combate à Desertificação (I ENED) e a segunda Conferência Internacional sobre Impactos das Variações Climáticas e o desenvolvimento em regiões semiáridas (ICID II). No ano de 2011, o Brasil passou a ser o representante da América Latina e Caribe da UNCCD-LAC, e o começo da segunda gestão do PAN-BRASIL. Em 2012 a política nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca foi aprovada pela CMADS - Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável pela câmara dos deputados (VIANA, 2013).

2.4 Ocorrência no Nordeste brasileiro

Segundo pesquisas realizadas para a região nordestina mostram que o principal causador da desertificação é o desmatamento desordenado para o uso da agricultura e pecuária, mineração, manejos irregular do solo, dentre outros. Como se trata de uma região tipicamente de predominância semiárida, o que nos leva a ter uma atenção maior sobre esta área, por estar relacionada a susceptibilidade para a ocorrência da desertificação, juntamente com todos os problemas mencionados ao longo deste trabalho, proporcionando a ocorrência da mesma neste território com uma maior facilidade, quando comparado a outras regiões, como a do Sudeste.

O início da cultura da região nordeste está ligada diretamente com criação de bovinos e plantação de algodão, com domínio de solos cobertos de cerrados de vegetação da Caatinga, relacionado à atividade rígidas da agropecuária de sobrevivência. Nesta região contém áreas que possuem uma grande população, o que colabora para uma maior extração de recursos naturais. Sendo assim, esses fatores colaboram diretamente para o surgimento da degradação nesta região. A figura 6 mostra a abrangência deste processo no nordeste brasileiro.

Figura 6: Desertificação no Nordeste.



Fonte: Carvalho (2006).

O cenário é ainda mais alarmante se olharmos para as chamadas "áreas suscetíveis a desertificação" (ASDs) do Nordeste brasileiro, nas quais o processo de formação de pequenos desertos pode se instalar se os fatores contribuintes forem mantidos (DOMINGUES, 2019).

De acordo com LACERDA e LACERDA (2004), "o desenvolvimento de pesquisa e ações em desertificação no Nordeste tem como principais problemas a escassez de recursos humanos, financeiros e materiais, além de projetos desarticulados, que em muitos casos são superpostos em diferentes instituições."

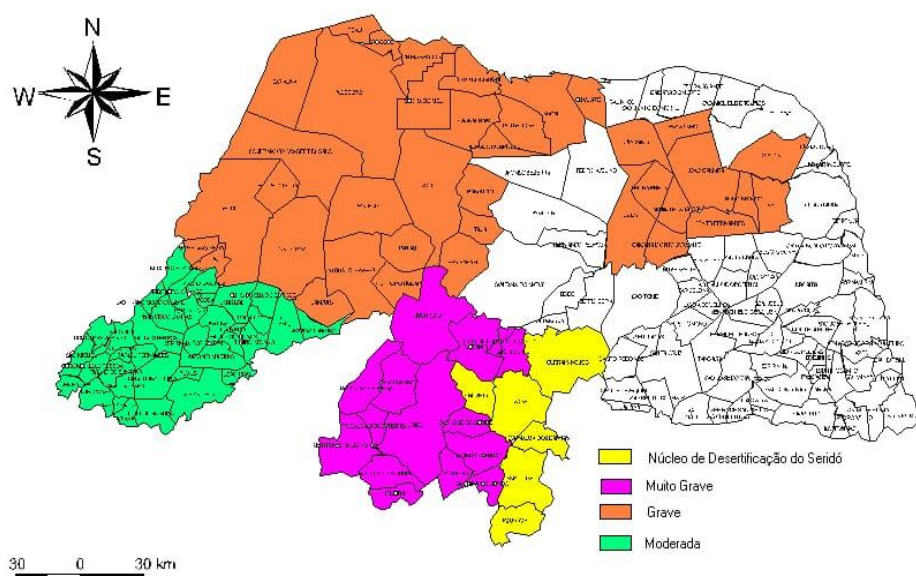
A distribuição da desertificação no Nordeste de acordo com a EMPRAPA (1997), pode ocorrer:

Referindo-se à distribuição das áreas afetadas nos Estados do Nordeste observa-se que a Paraíba e o Ceará têm mais de metade das suas superfícies comprometidas com problemas de degradação ambiental. O Rio Grande do Norte e Pernambuco vem a seguir com mais de 35 e 25%, das suas áreas atingidas, respectivamente. Os estados de Sergipe, Bahia e Alagoas apresentam valores percentuais inferiores a 12%.

2.4.1 Presença no estado do Rio Grande do Norte

O estado do Rio Grande do Norte, está situado na região nordestina com uma abrangência de 52796,701 km², constituído por 167 municípios, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018). Existe um grande predomínio da ASD no estado potiguar, com abrangência de 97,6% do seu território, onde este alto índice está ligado diretamente com o desenvolvimento das atividades humanas associado ao meio ambiente presente nesta região. A figura 7 determina o grau de classificação da desertificação no Rio Grande do Norte.

Figura 7: Desertificação no Rio Grande do Norte.



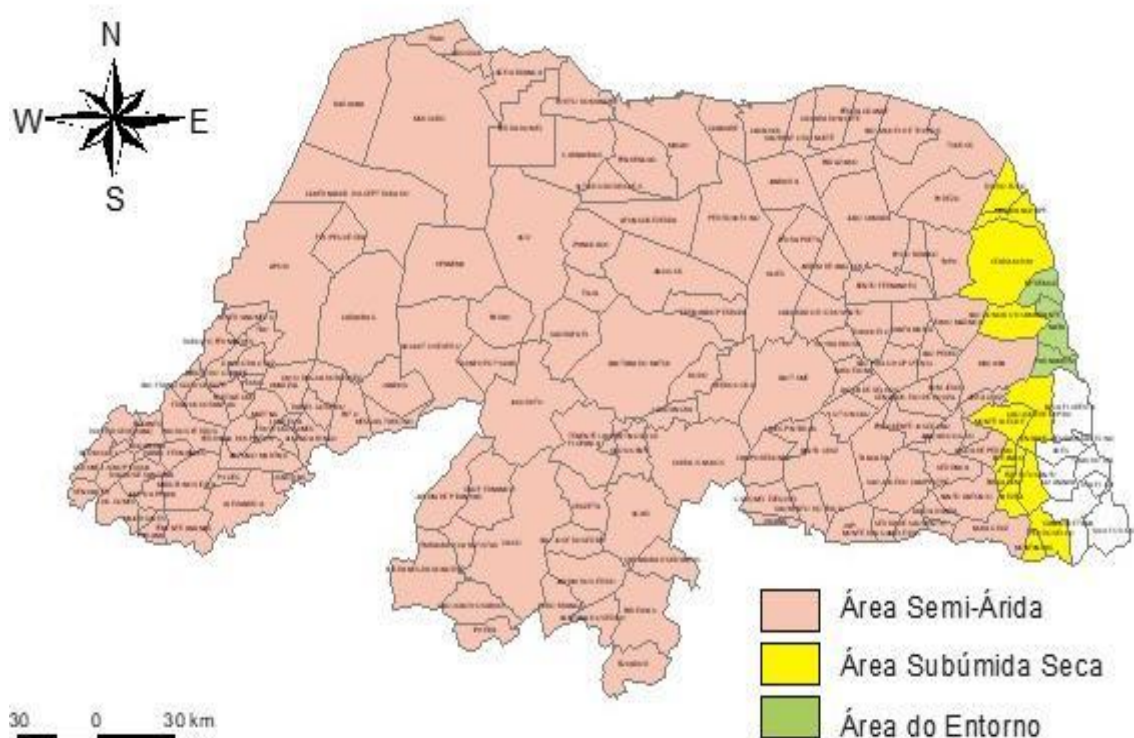
Fonte: MMA (2004).

De acordo com FERNANDES e MEDEIROS (2009, p. 157):

O Rio Grande do Norte possui 95% de sua área enquadrada nos climas árido, semiárido e sub-úmido seco, podendo ser considerado como bastante representativo dessa problemática ambiental. Com 63% de seu território incluído nas categorias Muito Grave e Grave de ocorrência de desertificação devido a atividades antrópicas supracitadas.

Dos 167 municípios presentes no estado do Rio Grande do Norte, apenas 8 não estão inseridos no processo da ASD. O estado apresenta predominância de áreas subúmidas e semiáridas (Figura 5), áreas essas que são consideradas com forte indicio para ocorrer o processo de desertificação.

Figura 8: Áreas Susceptíveis à Desertificação no estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: MMA, 2004.

2.5 Influencia da agricultura

Quando se relaciona a agricultura com o processo da desertificação, pode-se determinar que os mesmos estão ligados diretamente a um desenvolvimento cíclico, sendo que a presença da desertificação na agricultura, ocasiona uma série de problemas, como tornar áreas de produção impróprias para uso, podendo está relacionado com o uso intenso de forma imprópria, provocando a escassez de nutrientes presentes no solo, colaborando assim para o surgimento e posteriormente o aumento do processo de degradação do solo (DOURADO, 2017).

A agricultura tradicional presente no semiárido, é designada pelo cultivo de milho, feijão e arroz, que são culturas que necessita de uma boa quantidade de água e uma boa qualidade do solo, no entanto, dificilmente ocorre uma boa colheita, isso se dar pela ocorrências de extensas secas e o baixo índice pluviométrico, que resultam em um maior esgotamento do solo associado com o pastoreio de animais, colaborando assim para a degradação da área (MATALLLO JUNIOR, 2003).

A improdutividade das terras como consequência do processo de desertificação causa sérios problemas em diversos setores, principalmente no setor agrícola, que depende diretamente do potencial produtivo do solo (DOURADO, 2017).

O processo de desertificação está interligado diretamente com o desmatamento de áreas ambientais para prática da agricultura, que culminam para a alteração da vegetação arbórea e arbustiva presente na caatinga, dando lugar para a presença de uma nova vegetação herbácea de cunho mais frágil e de pequenos ciclos, que pode ocasionar a erosão do solo por causa da sua retirada superficial.

Com o uso do cultivo e produção de produtos agrícolas desta área de forma continuada por longos períodos de tempo, faz com que o solo perca nutrientes e na maioria das vezes não são repostas, ocasionando assim a perda da fertilidade do solo.

Muitas vezes é usado técnicas de irrigação em plantações, que utilizam águas sem tratamento, que podem ter grandes quantidades de sais, e com a falta de drenos, assim como o mal manejo, que pode ocasionar à salinização. Também é comum na agricultura o uso de maquinários pesados como tratores, uma vez que for feito o seu uso em excesso, pode levar o solo a ficar em estado de compactação.

O desmatamento acontece através de um processo que implica na retirada total ou parcial da vegetação nativa presente em determinado local, visando a obtenção de meios materiais, por meio do uso da retirada de lenhas das árvores, assim como o uso do solo para atividades da agricultura.

De acordo com ARAUJO e ARAUJO (2005, p. 98),

O desmatamento consta como um dos indicadores de desertificação de todos os trabalhos brasileiros que abordaram o tema. É um consenso justificado e a facilidade de observação de mudanças, em escalas espaciais variadas, com o uso de imagens de satélite, reforça sua adoção. Mas as interpretações de desmatamento variam. Se a cobertura vegetal nativa é mantida, a possibilidade de qualquer degradação é pequena e a de degradação por causa antrópica menor ainda. Portanto, desertificação tende a começar com desmatamento.

Segundo FERREIRA (2017, p. 21), “as principais causas de desmatamento do bioma são o extrativismo para a agricultura, sua substituição por pastos e o uso de plantas como lenha e carvão.”

Diante as circunstâncias apresentadas anteriormente, faz com que o desmatamento seja consolidado como um dos principais causadores do processo de desertificação, provido de ações de atividades humanas, que na maioria das vezes não tem um devido cuidado ou sem nenhuma medida de prevenção dos possíveis problemas que pode ocorrer no meio ambiente futuramente.

A erosão é um dos fatores que mais culminam para a degradação do solo, pois uma vez presente em um local, a mesma torna irreversível a recuperação do solo

degradado. Por meio da retirada da camada superficial da vegetação, já modificado por alguma atividade humana na maioria das vezes para a prática da agricultura, como o desmatamento, associado com o período de chuvas que colabora para o arraste de parte do solo, ocasionando um certo aumento da declividade do local, fazendo surgir assim possíveis percursos de água, onde ocasiona a diminuição que o solo tem de reter água.

Segundo ARAUJO e ARAUJO (2005, p. 99),

A erosão é a mais grave das causas de degradação dos solos do semi-árido Nordeste, por sua irreversibilidade. Ela pesa ainda mais pela grande extensão de solos já excessivamente rasos, pelo regime de chuvas com aguaceiros intensos e pela agricultura praticada em áreas de declividade alta e sem qualquer medida de prevenção.

Com a presença da erosão no solo, faz com que o mesmo fique cada vez menos espesso e o empobrecimento da vegetação do local, com o auxílio das altas temperaturas, e as secas colabora para o surgimento de forma mais rápida da aridez.

Estudos revelam que agricultura presente nas regiões semiáridas é na maioria das vezes realizada sem o auxílio da fertilização química. Algumas técnicas são usadas pelos agricultores para compor áreas que contenha poucos nutrientes no solo, para isso é usado a adubação orgânica manual por meio do esterco animal, sendo proveniente do tipo bovino, caprino e ovino, uma vez que se apresenta como uma pequena área disponível para o cultivo, o que implica numa pequena área adubada para uso, isso para pequenos produtores da agricultura. Já para fazendeiros de grande porte, é necessário o uso de fertilizantes químicos e trabalho mecânico.

Segundo ARAUJO e ARAUJO (2005, p. 99), a retirada dos nutrientes, ainda que pequena em cada ciclo de cultivo, por causa das baixas produtividades por área, com os repetidos ciclos vai minando as reservas.

Através da diminuição da biomassa e consequentemente a diminuição da matéria orgânica que compõe o solo, ocasionados por meio dos processos já vistos anteriormente que colaboram para o surgimento da desertificação, implica em perdas dos nutrientes presentes no solo, mesmo sendo pequenos ciclos de cultivos, ocasiona uma pequena produção, porém se for através da ocorrência de vários ciclos, gera uma escassez da reserva de nutrientes do solo, deixando o mesmo ineficiente para uso, assim como a recomposição da vegetação, que acaba não se desenvolvendo mais e proporcionando um local desértico sem vegetação.

Outro fator que colabora para a perda de nutrientes do solo e acaba deixando o mesmo infértil, se dar pela agravação das constantes queimadas que é comum no

uso da agricultura itinerante no semiárido, assim como as enxurradas de chuvas que colabora para o surgimento de outros fatores, como a erosão do local de cultivo.

O processo de salinização consiste no agrupamento de sais solúveis ou do sódio, através de trocas que ocorrem entre os solos por práticas da agricultura, tendo sua predominância de ocorrência em locais que a precipitação é menor que a evaporação, como nas regiões áridas e semiáridas.

Segundo ARAUJO e ARAUJO (2005, p. 101),

A propensão dos solos à salinização pode ser julgada pela qualidade da água que pode ser utilizada para irrigação, pelos tipos de solo predominantes e pela proporção de áreas com irrigação. O uso de águas de salinidade alta pode conduzir a uma deterioração rápida das condições do solo.

De acordo com MACEDO (2007, p. 19), “a irrigação mal conduzida provoca a salinização dos solos, inviabilizando algumas áreas e perímetros irrigados do semiárido.”

Os principais fatores que colabora para a ocorrência da salinização e consequentemente o surgimento da desertificação, é o uso inapropriado da irrigação, que varia de acordo com a qualidade da água usada na irrigação ou o tipo de solo presente no local, em que os mesmos podem apresentar altos teores de sais, uma vez que uma grande quantidade de sais presente em um determinado solo, proporciona a deterioração do solo mais rápida, e com a presença de sais a vegetação tende a ficar mais fraca e consequentemente a perda da mesma, deixando assim área propensa a processos de degradação.

A compactação do solo ocorre através do uso intensivo do mesmo, em que o solo começa a perder as suas propriedades por meio da redução da sua porosidade e o volume das suas partículas. Esse processo pode se originar pelo uso de maquinários agrícolas, como tratores para aração da terra e colheitadeiras, assim como o pastoreio de animais nas lavouras.

De acordo com ARAUJO e ARAUJO (2005, p. 103),

Nas áreas de agricultura de sequeiro, o risco é pequeno porque dificilmente são usadas máquinas pesadas para o preparo do solo. Nas áreas irrigadas este risco é muito maior, pelo uso de maquinaria, às vezes pesada, e pela condição hídrica do solo.

O processo de compactação colabora para o não desenvolvimento das raízes da vegetação que cobre a parte superficial do solo, onde o mesmo forma uma superfície bastante densa e rígida, o que dificulta a infiltração da água no solo e

originando assim uma movimentação do curso de água com uma maior quantidade e colabora para uma degradação do solo por meio das águas da chuva, até surgir pequenos rios na superfície e conseqüentemente a erosão do local, resultando no processo de desertificação.

2.6 Influência da Pecuária

A pecuária no Brasil tem um papel muito importante, estando ligado diretamente com a economia do país, porém a mesma acaba gerando impactos negativos em um determinado local, que é executado esse tipo de atividade, por meio da degradação do solo e contaminação da água.

A pecuária tem provocado uma série de danos ambientais no meio rural das áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência secas no Brasil, sendo considerada um dos principais fatores de desertificação, pois causa a compactação do solo (CCGE, 2016).

De acordo com WUST e TAGLIANI (2015, p. 2 apud FAO, 2006),

A remoção da cobertura vegetal para formar as pastagens, além de comprometer a biodiversidade, também compromete o ciclo da água, pois reduz a infiltração e o armazenamento, liberando gás carbônico para atmosfera contribuindo para a mudança climática, aumentando a velocidade de lixiviação, assim causando a compactação e erosão no solo.

É comum na pecuária práticas que levam o surgimento do pastoreio de forma excessiva, onde ocasiona o processo de erosão de um local. Assim de acordo com MACEDO (2007, p. 18 apud Nebel e Wright 1998),

Muitas vezes, as terras sofrem com a prática excessiva da ação de pastar, fazendo com que a produção de pasto por parte do solo seja insuficiente, falha, no atendimento à demanda, causando o empobrecimento do mesmo. Isso pode ser interpretado como a degradação do solo, com possível perda difusa da cobertura vegetal que serve de alimento para os animais e posterior ação erosiva por parte do vento e da água.

Existe regiões em que a pecuária é executada de forma intensa, sendo que a criação de animais, como bovinos e caprinos, se alimentam da vegetação que compõe a caatinga. No entanto, em períodos de secas maiores, não é possível recompor o pasto nativo daquela área para alimentar os animais, restando apenas a vegetação mais resistente a seca, como o mandacaru e o xiquexique, para alimentar as criações. Com a retirada desta vegetação para alimentar os animais, uma vez que a mesma dificilmente irá se recompor, associado com o pisoteamento em grande escala dos

animais, colabora para a compactação do solo e a eliminação da vegetação nativa (MATALO JUNIOR, 2003).

2.7 Área Susceptível à Desertificação

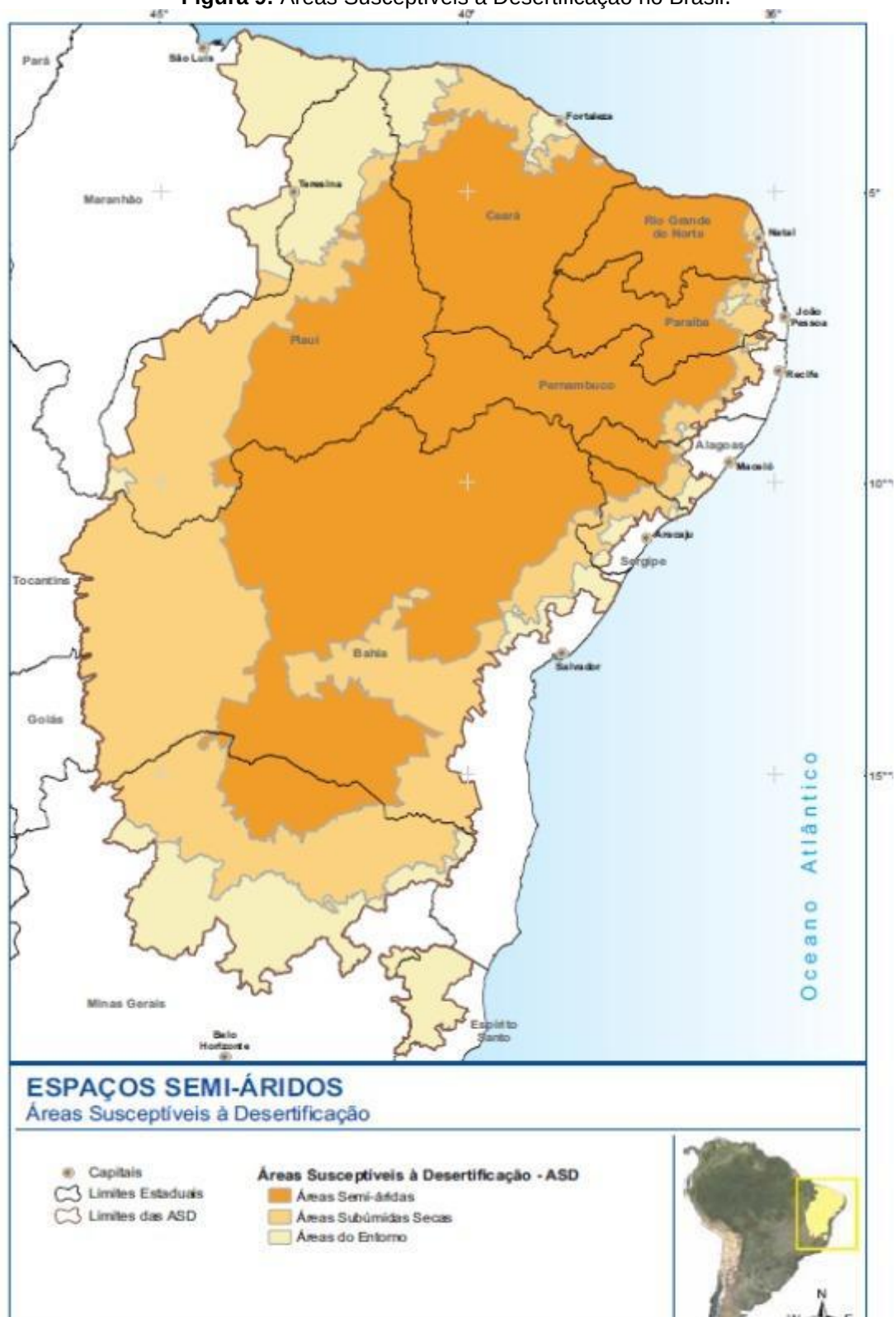
Após a elaboração do PAN-Brasil, ficou notório a falta de trabalho em pesquisas voltadas para o fenômeno da desertificação no Brasil, com isso em 2006 foi realizado uma demarcação das possíveis Áreas susceptíveis desertificação no Brasil (ASD), onde este Atlas trás os fatores que propicia de forma indiretamente ou diretamente a ocorrência deste fenômeno, e assim poder determinar um meio de combate à desertificação.

A ASD foi elaborada de acordo com os fatores propostos pela UNCCD, em que é adotado o índice de aridez (IA). Conforme o modelo climático. Este programa abrange áreas de clima árido, semi-árido e subúmidas e possíveis áreas em torno de locais que enfrentam esse problema, porém no Brasil a ASD abrange apenas o predomínio de climas semiárido e subúmidos secos, com IA variando entre 0,20 e 0,65 (MMA, 2007).

A Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), programa este que visava o desenvolvimento da região Nordeste, parte de Minas Gerais, locais estes onde tem a atuação do polígono das secas, com intuito de recuperar o espaço degradado da região, porém foi suspensa em 2001 por fraudes em sua gestão, no entanto em 2004 foi recriado a SUDENE, desta vez além de abranger as áreas existentes, foram adicionados municípios do Estado do Espírito Santo.

A classificação da ASD no Brasil nas áreas semi-áridas, subúmidas e de entorno, delimita uma área territorial de aproximadamente 1.340.863 km, compreendendo cerca de 1488 municípios presentes em toda a região do Nordeste, e parte das zonas Norte dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. A localização desta área, pode ser determinada através dos paralelos 02°20' 00' e 19° 50' 00' de latitude Sul e 44° 05' 00' e 35° 00' 00' a oeste de Greenwich, como mostra a figura 9:

Figura 9: Áreas Susceptíveis à Desertificação no Brasil.



Fonte: MMA, 2007.

2.8 Bioma caatinga

O bioma Caatinga está localizado exclusivamente no Brasil, com predominância na região nordeste, abrangendo apenas uma pequena parcela da região Sudeste no norte do estado de Minas Gerais, compreendendo uma área aproximadamente de 10% do território brasileiro. As características ambientais deste bioma é único, não sendo possível identificar a presença do mesmo em outro local do planeta. A figura 10 e a figura 11 mostra respectivamente a caatinga no seu estado preservado e em processo de desertificação.

Figura 10: Caatinga com vegetação preservada.



Fonte: SOUZA (2015).

Foto 11: Caatinga em processo de desertificação.



Fonte: NETO (2016).

De acordo com ARAUJO (2014), temos que:

A utilização da Caatinga ainda se fundamenta em processos meramente extrativistas para obtenção de produtos de origem pastoril, agrícola ou madeireiro. No caso da exploração pecuária, o superpastoreio de ovinos, caprinos, bovinos e outros herbívoros, tem modificado a composição florística de estrato herbáceo, quer pela época quer pela pressão de pastejo. A exploração agrícola, com práticas de agricultura itinerante, que constam do desmatamento e da queimada desordenados, têm modificado, tanto pelo estrato herbáceo como arbustivo-arbóreo. E, por último, a exploração Madeireira já tem causado mais danos à vegetação lenhosa da Caatinga do que a agricultura migratória.

A vegetação que compõem este bioma nos últimos anos tem sofrido sérios problemas ambientais, ocasionados pela atividade humana, na maioria das vezes relacionado ao desmatamento, onde é considerado como um dos biomas mais degradados no território brasileiro, e cerca de 80% da vegetação que é constituído, está de alguma forma com suas características alteradas.

Segundo Montenegro (2013), os autores supramencionados, expõe as riquezas da Caatinga, mostrando que a mesma possui grande potencial, enorme variedade de espécies endêmicas, ricos recursos naturais etc. Logo, é crucial cuidar da preservação de tal ecossistema.

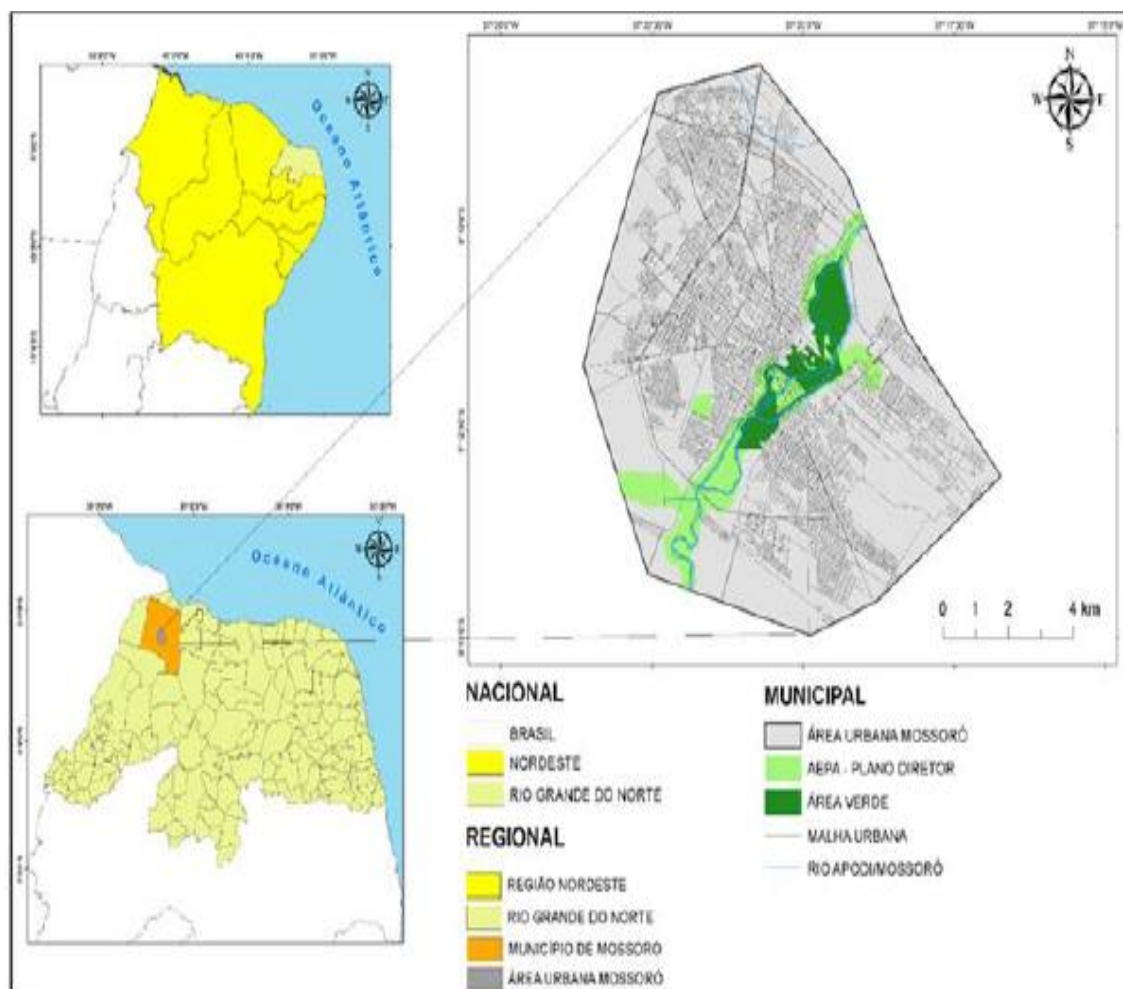
Segundo levantamentos realizados pelo Laboratório de Análise e Processamento de Imagens e Satélites (LAPIS), afirma que 12,85% do semiárido brasileiro de predomínio da Caatinga, está sob o processo de desertificação, quando é comparado a área total desta região que é de 982563,3 km², onde o fenômeno da desertificação já afeta 126366 km² desta área, resultando em uma área desértica (DOMINGUES, 2019).

3. METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

O presente estudo fez uma análise do índice de aridez do município de Mossoró, situa-se no interior do estado do Rio Grande do Norte, localizado entre a latitude 5° 11' 17" Sul e longitude 37° 20' 39" (Figura 12), limitando-se com os municípios de Grossos, Serra do Mel e Baraúna. Contém uma área territorial de 2110,207 Km² e uma população de 297378 habitantes e possuindo uma densidade demográfica de 123,76 hab/ Km², segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018). Fatos estes que levam o município de Mossoró ser considerado como a segunda maior cidade do estado, assim como a maior cidade quando comparado a sua extensão territorial.

Figura 12: Localização da cidade de Mossoró.



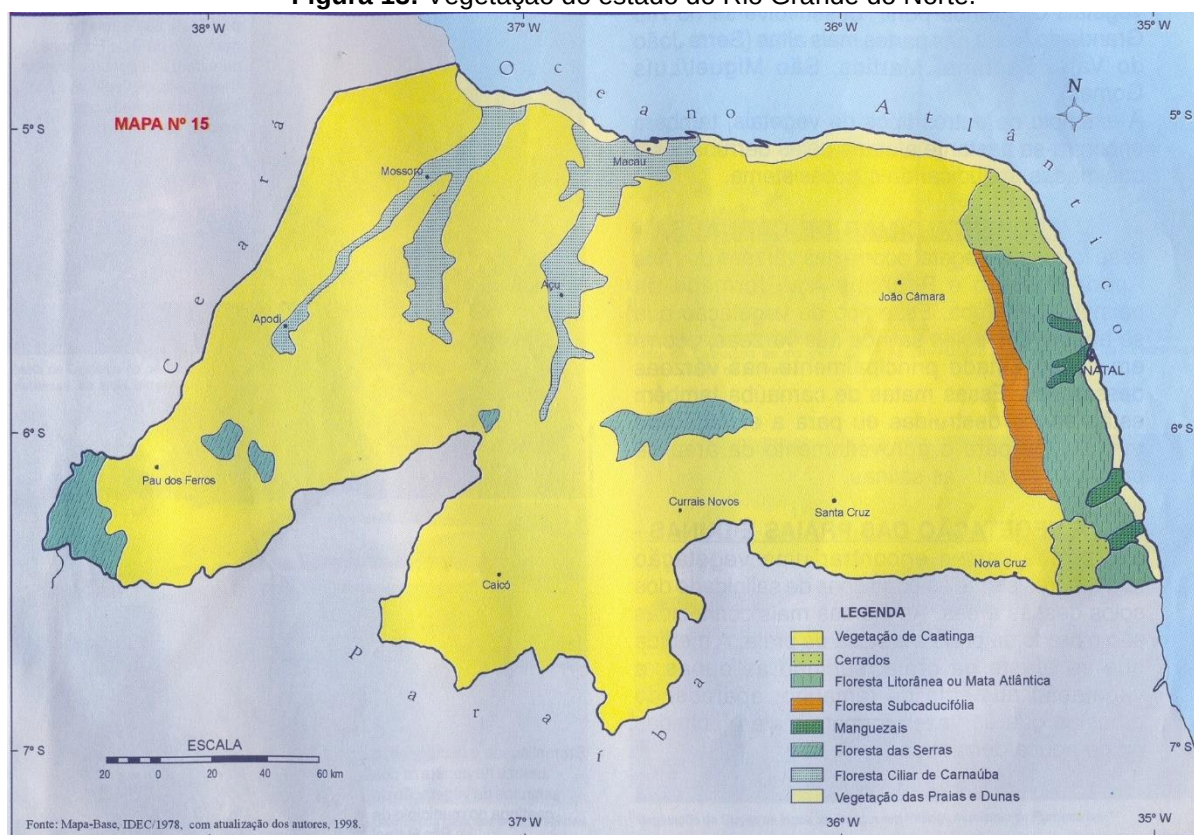
Fonte: RODRIGUES (2019).

3.2 Caracterização

3.2.1 Vegetação

De acordo com estudos realizados para o município de Mossoró, a vegetação presente é composta principalmente por apenas duas espécies de vegetação, sendo elas a Mata Atlântica e com uma maior porção da Caatinga, que se divide em hiperxerófila que contém um aspecto mais seco e hipoxerófila que contém um aspecto arbustivo e com plantas espinhosas, que é tipicamente de predomínio em regiões semiáridas (IDEMA, 2005). Na figura 13 é possível observar o tipo de vegetação predominante no estado do Rio Grande do Norte.

Figura 13: Vegetação do estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: FELIPE, 1999.

A caatinga apresenta características importantes, em que no período que é considerado como seca na região Nordeste, que é entre os meses de Julho a dezembro, onde neste período a mesma fica completamente sem vegetação verde, dando a aparência de estar morta, porém com a volta do ciclo de chuvas, esta vegetação volta a florescer com abundância (PGB, 2014).

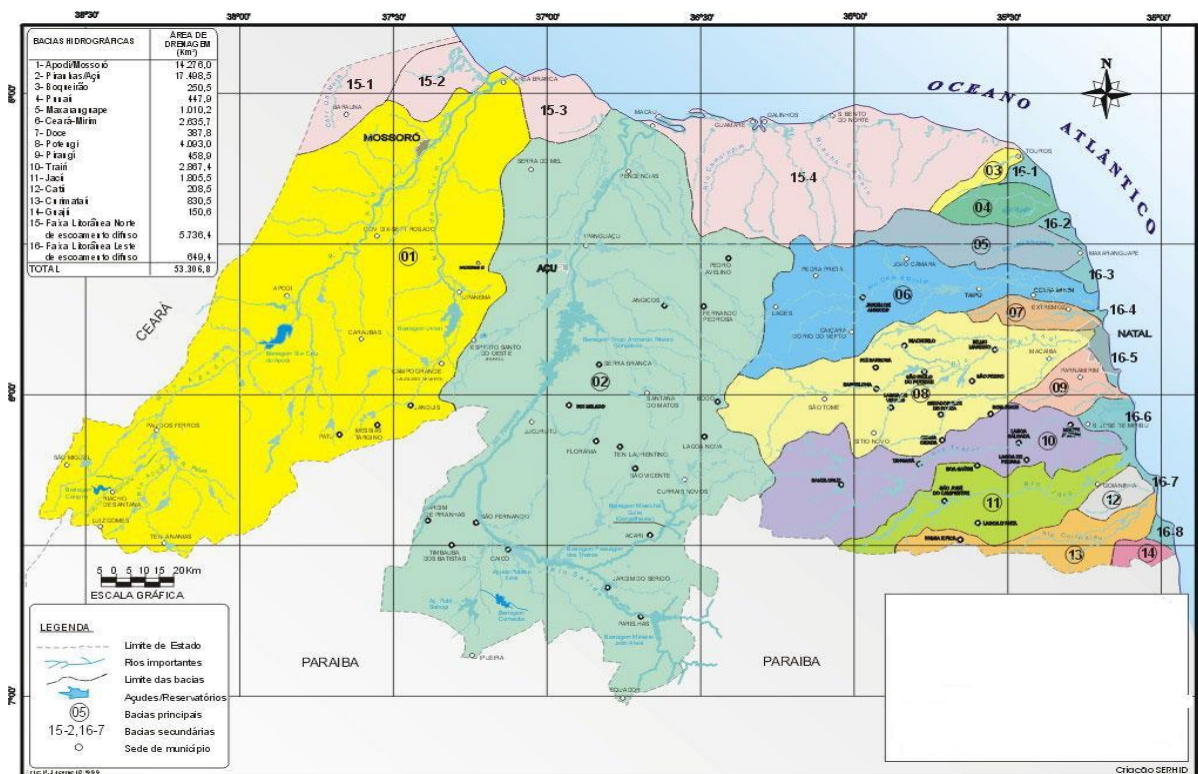
Também há o predomínio de espécies de vegetação como, a xerófilas e as caducifólios, em que apresentam estruturas pequenas com sedimentos arbustivos arbórea espinhoso. Por causa da irregularidade do período de chuvas, estas plantas

contém um extrato herbácea muito desenvolvida. A vegetação é representada também por inúmeras cactáceas e plantas de menor porte, destacando-se o faveleiro, marmeleiro, jurema-preta, mufumbo, xique-xique e facheiro (IDEMA, 2005).

3.2.2 Hidrografia

Segundo estudos realizado pelo PGB (2014), aponta que a cidade de Mossoró está situado nas proximidades da bacia hidrográfica Apodi – Mossoró, onde o Rio do Carmo é o principal rio que detém um terço da extensão completa da bacia hidrográfica, com percurso perene. Através da figura 14, é possível identificar as bacias hidrográficas presentes no Estado do Rio Grande do Norte, assim como a bacia que corta o município de Mossoró.

Figura 14: Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Norte.



FONTE: Bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte.

A bacia hidrográfica do rio Apodi - Mossoró está localizada em um local que é comum o grande aumento de áreas habitáveis em torno do leito do rio, muitas vezes por causa de situações antrópicas, em que se propõe ao uso de forma desorganizada do local, colaborando desta forma para mudanças na paisagem da área, assim como o fato deixar o solo impróprio para uso. A desembocadura do rio Apodi-Mossoró é abastecido através de drenos ativos que funciona somente na estação chuvosa,

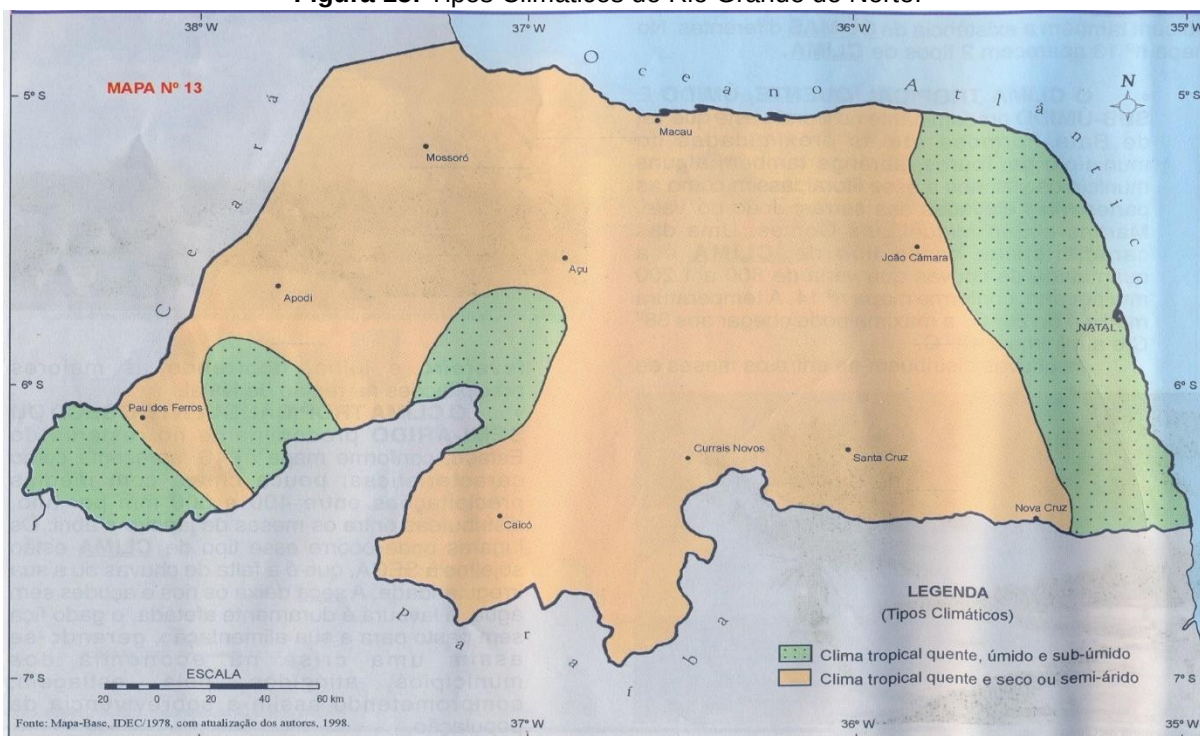
sendo abastecidos por meio de canais menores, onde os mesmos estão sujeitos a sofrer ação da maré (IDEMA, 2005).

Esta bacia é considerada como o rio que contém a mais longa extensão presente no Rio Grande do Norte, onde tem sua nascente na Serra das Queimadas, no município de Luís Gomes - RN, onde este rio cruza toda a Chapada do Apodi até chegar no município de Mossoró, que acaba sendo chamado Rio Mossoró, sendo que posteriormente o mesmo desboca no Oceano Atlântico, contendo a sua localização da foz do município de Areia Branca – RN (IDEMA, 2005).

3.2.3 Clima

O clima local apresenta uma temperatura média anual em torno de 27,5 °C e umidade relativa de 68,9% (CARMO FILHO et al., 1991). A precipitação média anual é de 670 mm e, a evapotranspiração média anual está em torno de 1945,20 mm e a insolação média de 236 h/mês, sendo os meses mais secos de maior insolação. Segundo classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é do tipo BSwh", ou seja, quente e seco, com estação chuvosa no verão, atrasando-se para o outono (SANTOS, 2010). O Estado do Rio Grande do Norte apresenta uma tipologia climática de Tropical Quente, Subúmido, Semi-Árido e Úmido, como pode ser observado na figura 15.

Figura 15: Tipos Climáticos do Rio Grande do Norte.



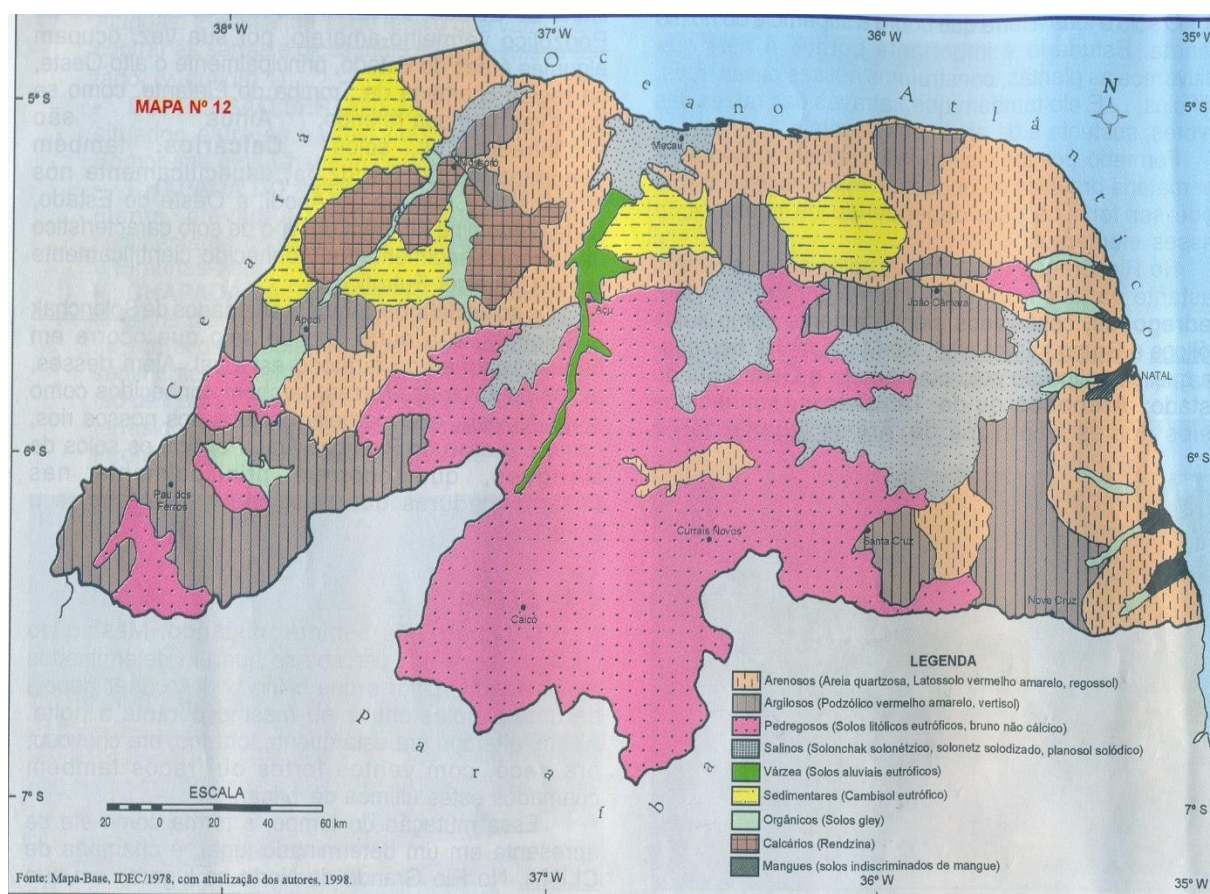
FONTE: FELIPE, 1999.

O município de Mossoró contém uma umidade relativa do ar durante todo o ano, estando ligada diretamente com a estação chuvosa, contendo altos valores de precipitação entre os meses de Fevereiro até maio e com pequenos índices entre Junho a Janeiro. Também ocorre a presença de ventos que apontam para o sentido do Sudeste com porcentagem de 31,50% dos dias e para o sentido do Nordeste com 47,92% restantes dos dias do ano.

3.2.4 Solos

De acordo com estudos realizados pelo IDEMA (2005), estado do Rio Grande do Norte, é uma região que contém o predomínio semiárido, fazendo com que as classes de solos presentes neste local sejam resultantes da combinação de elementos que compõem a sua formação, por meio de fatores como a estação climática, material de origem, relevo, comportamento do tempo e organismos, assim como o desenvolvimento de sua formação. Através da figura 16, pode-se determinar os tipos de solos presentes no estado potiguar.

Figura 16: Solos do Rio Grande do Norte.



Fonte: FELIPE, 1999.

Os solos presentes no local de estudos, de acordo com o mapa de solos folha de Jaguaribe/Natal da EMPRAPA (1999) e as RADAM-BRASIL (1981) são os Isalinos, rendizina, latossolo vermelho amarelo eutrófico e cambissolo eutrófico (PGB, 2014).

Salino: Também conhecido por muitos como planossolos solonchank ou solonitz, tem sua ocorrência em menores locais, sendo casos de pequenas profundidades com limitações entre reduzidas até altas, conforme sua utilização na agricultura, por causa da sua péssima drenagem, associada a sua elevada quantidade de sódio.

Rendizina: Também conhecida como chernossolo, contém um relevo plano com moderações que implica na sua má drenagem, contendo restrições para uso pastoril nas lavouras ou ambientes naturais, sendo um solo bastante fértil e com textura argilosa, considerado como propício para o plantio de caju, coco, algodão, dentre outros. Este tipo de solo resulta do calcário.

Latossolo vermelho amarelo eutrófico: É um solo de relevo plano e que varia de médio a alta teor de fertilidade, apresentando uma textura mediana quando comparado à outros solos. Contém uma boa drenagem, com uma pequena quantidade de material orgânico, sendo poroso e ácido.

Cambissolo eutrófico: É um tipo de solo que tem uma drenagem mediana, apresentando uma textura de material argiloso e o relevo variando de plano até altas ondulações, também contém a presença de um material sedimentar com uma grande fertilidade. Esta classe de solo varia de raso até grandes profundidade, que se desenvolve pela presença das grandes variedades de rochas, como o calcário, migmatitos e granitos. O mesmo é propício para formação da caatinga hiperxerófila e hipoxerófila.

3.2.5 Geomorfologia

Segundo o PGB (2014), o estado do Rio Grande do Norte é distribuído pelos relevos tabuleiros costeiros e planícies litorâneas, ligada a outros elementos de relevo que são a planície do rio Apodi-Mossoró, Serra do Mossoró e Serra do Mel, com o predomínio do tabuleiro Costeiro e por último a planície flúvio-marinha de planície litorânea. No local de estudo não há a presença dominante de relevos, por se tratar de uma área plana com pequenas ondulações, com apenas um declive de 0,06° na direção Norte. Apresenta altas altitudes quando comparado com a serra de Mossoró com aproximadamente 250 m e a Serra do Mel com 230 m (PGB, 2014).

As planícies apresentam os solos com aspectos de neoformação, que se origina por meio de acúmulo fluvial, eólica ou transicional que apresenta estas características por ser terrenos planos e baixos, localizados em áreas próximas aos rios e com os seus respectivos cursos baixos. Já os tabuleiros contêm uma cavidade em sua topografia no formato de rampas, com inclinação voltada para o litoral e pequenos declives abaixo de 5°. Sua cobertura é composta de sedimentos arenosos - argilosos com situação de início com dissecação que origina e Interfluvios tubulares, que implica na sua individuabilidade na parte da drenagem (PGB, 2014).

3.3 Parâmetros Medidos

Os dados usados neste trabalho foram obtidos de uma série histórica de 37 anos (1970 a 2007) dos registros da estação meteorológica Jerônimo Rosado da UFERSA em Mossoró cujas coordenadas geográficas são: 5°11' S e 37° 20' W a 1,5 m de altura da superfície, com altitude de 40,5 m acima do nível do mar, estando localizado a apenas 40 km do Atlântico Norte.

Conforme o método do balanço hídrico de Thornthwaite (1948), a evapotranspiração potencial (mm) será determinada por meio da equação 1 a seguir:

$$ETP = 16,2 [10 \times (T/I)]^a \quad (1)$$

Esta equação será usada no caso em que ocorra a seguinte condição, em que a temperatura média do ar compensado seja menor que 26,5°C. Já para as temperaturas que sejam maior ou igual a 26,5°C, usa-se a equação 2:

$$ETP = -415,85 + 32,24.T - 0,43.T^2 \quad (2)$$

Em que:

ETP= Evapotranspiração Potencial;

T= temperatura média do ar compensada (°C);

I = Índice de calor anual.

O índice “a” é determinado através do índice “I”, conforme a equação 3:

$$a = 6,750 \times 10^{-3} \times I - 7,711 \times 10^{-5} \times I + 1,792 \times 10^{-2} \times I + 0,492 \quad (3)$$

O valor do índice “I” é determinado pelas equações 4 e 5:

$$I = \sum i_n \quad (4)$$

$$I = \left(\frac{T_a}{5}\right)^{1,514} \quad (5)$$

Em que:

T_a = Temperatura média do ar no mês (°C);

i_n = Índice termino no mês (n).

Por meio da utilização das equações vistas anteriormente, é possível determinar os valores anuais da precipitação e evapotranspiração da área em estudo, para determinar o índice de aridez.

Conforme Thornthwaite (1948) e posteriormente modificado por Perman (1953), o índice de aridez será determinado pela equação 6:

$$IA = P / ETP \quad (6)$$

Em que:

IA = Índice de aridez;

P = Precipitação média anual (mm);

ETP = Evapotranspiração potencial anual (mm);

O estudo deste índice engloba não apenas regiões secas, mas também está diretamente ligada com o entendimento da desertificação, relacionado com o grau de aridez presente na região em estudo, onde através do valor encontrado pelo índice é possível determinar o quanto a região está susceptível ao processo de desertificação. No entanto, este índice tem um papel muito importante na caracterização da ocorrência da desertificação, pelo simples fato do mesmo está presente em áreas que limitam na maioria das vezes regiões secas, e por meio da utilização deste cálculo, é possível apontar com grande exatidão a presença deste fenômeno por meio do estado climático presente no local.

Segundo o programa de combate à desertificação (PCD), o índice de aridez pode ser considerado como uma avaliação internacional para convenção de combate à desertificação, tendo uso nos mais variados estudos sobre esse tema. Por meio deste índice pode ser determinado classes climáticos, como se mostra na tabela 1, onde está classificação climática é determinada de acordo com a metodologia do programa das Nações Unidas para o meio ambiente (UNEP, 1992).

Tabela 1: Classificação climática usando o IA.

Classes Climáticas	Índice de Aridez
Úmido	$IA \geq 1,00$
Subúmido Úmido	$0,65 < IA < 1,00$
Subúmido Seco	$0,50 < IA \leq 0,65$
Semiárido	$0,20 < IA \leq 0,50$
Árido	$0,05 < IA \leq 0,20$
Hiperárido	$IA \leq 0,05$

Fonte: Adaptado do UNEP (1992).

Também com o índice de aridez (IA), é possível classificar o nível de suscetibilidade à desertificação, conforme a tabela 2, em que esse grau para determinar essa ocorrência foi uma adaptação realizada por MATALLO JUNIOR (2003).

Tabela 2: Classificação do nível de suscetibilidade à desertificação.

Classes Climáticas	Índice de Aridez
Inferior a moderada	$IA \geq 0,65$
Moderada	$0,51 < IA \leq 0,65$
Alta	$0,21 < IA \leq 0,50$
Muito alta	$0,05 < IA \leq 0,20$
Superior a muito alta	$IA \leq 0,05$

Fonte: Matallo Júnior (2003).

É importante o estudo relacionado ao nível de dependência existente nas variáveis em estudo, onde estes dados não pressupostos a Correlação de Pearson como mostra na equação 7, que de acordo com MOORE (2007), esta correlação relaciona a direção e o nível da relação linear presente em dois aspectos quantitativos.

$$r = \frac{\sum i(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum i(x_i - \bar{x})^2 \cdot (y_i - \bar{y})^2}} \quad (7)$$

Em que,

r = valor de Correlação de Pearson;

x_i = Valores de um conjunto;

y_i = Outro valor de conjunto.

Os aspectos da série histórica, temperatura, precipitação, evapotranspiração e índice de aridez presentes no local em estudo, são usados para os dados desta correlação, através da realização de um de cada vez, posto que o resultado mais próximo de 1 ou -1, indica o potencial mais elevado no nível de agrupamento linear frente as variáveis ou diminuição deste nível, no entanto quando este valor tende a ser mais próximo de zero, implica numa redução do grau de agrupamento da correlação.

4 RESULTADOS E DISCURSSÃO

Através da obtenção dos cálculos feitos para determinar o índice de aridez e a evapotranspiração associado com as suas classes climáticas de temperatura e precipitação, foi possível determinar por meio de uma série temporal anual (média de 1970 a 2007) no município de Mossoró, com o valor de 0,42 referente ao índice de aridez, assim como a sua classificação climática de predomínio semiárido e sua respectiva susceptibilidade à desertificação considerada alta.

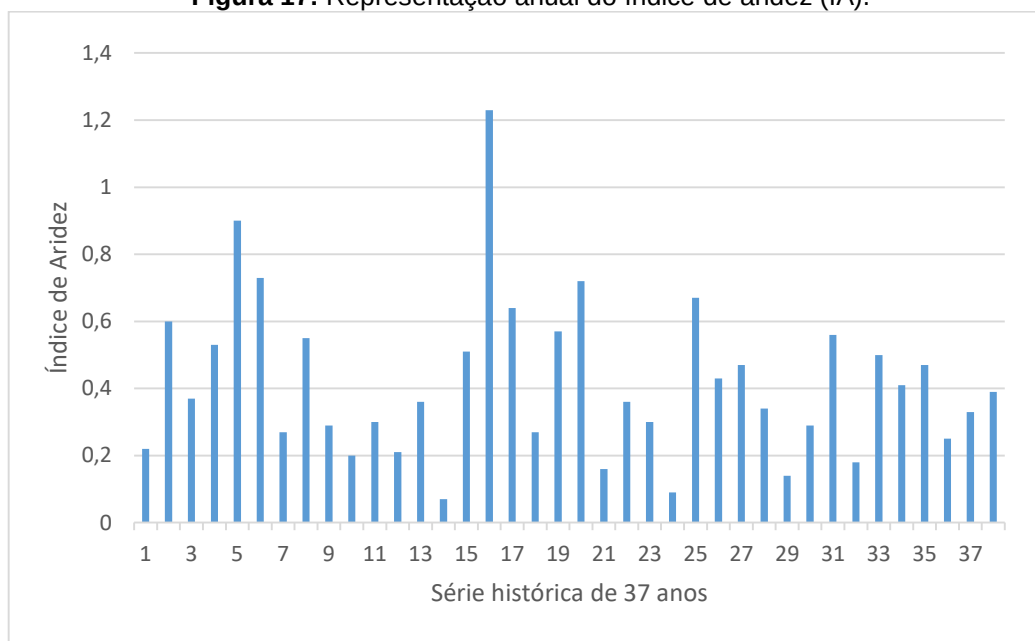
Através da tabela 3, pode-se verificar no seguinte período anual (1970-2007), para o índice de aridez com seu respectivo ano, no decorrer desta série histórica em estudo.

Tabela 3: Representação anual do índice de aridez (IA).

ANO	IA	ANO	IA
1970	0,22	1989	0,72
1971	0,60	1990	0,16
1972	0,37	1991	0,36
1973	0,53	1992	0,30
1974	0,90	1993	0,09
1975	0,73	1994	0,67
1976	0,27	1995	0,43
1977	0,55	1996	0,47
1978	0,29	1997	0,34
1979	0,20	1998	0,14
1980	0,30	1999	0,29
1981	0,21	2000	0,56
1982	0,36	2001	0,18
1983	0,07	2002	0,50
1984	0,51	2003	0,41
1985	1,23	2004	0,47
1986	0,64	2005	0,25
1987	0,27	2006	0,33
1988	0,57	2007	0,39

Fonte: Autor, 2020.

A figura 17 também exemplifica o Índice de Aridez anual na forma de gráfico, onde o mesmo liga-se a fatores climáticos como temperatura, precipitação e evapotranspiração.

Figura 17: Representação anual do índice de aridez (IA).

Fonte: Autor, 2020.

Na tabela 4, verifica-se a classificação climática (CC) anual referente a presença do índice de aridez para cada ano. Sendo classificado em Úmido (U), Subúmido úmido (SU), Subúmido Seco (SS), Semiárido (SA), Árido (AR) e Hiperárido (HP).

Tabela 4: Representação anual da Classificação Climática (CC).

ANO	CC	ANO	CC
1970	SA	1989	SU
1971	SS	1990	AR
1972	SA	1991	SA
1973	SS	1992	SA
1974	SU	1993	AR
1975	SU	1994	SU
1976	SA	1995	SA
1977	SS	1996	SA
1978	SA	1997	SA
1979	AR	1998	AR
1980	SA	1999	SA
1981	SA	2000	SS
1982	SA	2001	AR

1983	AR	2002	SA
1984	SS	2003	SA
1985	U	2004	SA
1986	SS	2005	SA
1987	SA	2006	SA
1988	SS	2007	SA

Fonte: Autor, 2020.

Analisando a tabela 4, é notório a predominância da classificação climática (CC) sendo Semiárido para a região do Município de Mossoró, que pode ser observado para os seguintes anos: 1970, 1972, 1976, 1978, 1980, 1981, 1982, 1987, 1991, 1992, 1995, 1996, 1997, 1999, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 e 2007.

Para os demais anos, que ocorreu uma classe climática diferente a semiárido, pode-se fazer as seguintes associações do índice de aridez, precipitação e temperatura para resultar nas demais classes climáticas, como pode ser visto nos seguintes anos:

1985: $(IA=1,23) + (P=2065,70) + (T=26,69) = U$

1989: $(IA=0,72) + (P=1320,60) + (T=27,37) = SU$

2000: $(IA=0,56) + (P=1023,00) + (T=27,31) = SS$

2001: $(IA=0,18) + (P=365,00) + (T=28,19) = AR$

2007: $(IA=0,39) + (P=765,70) + (T=27,96) = SA$

HP = Não houve.

Na tabela 5, apresenta o grau de susceptibilidade da ocorrência da desertificação para cada ano da série histórica em estudo, de acordo com o índice de aridez, onde pode ser determinado por cinco graus, sendo Inferior a Moderada (IM), Moderado (MD), Alto (AL), Muito Alto (MA) e Superior a Muito Alto (SMA).

Tabela 5: Representação do Grau de Susceptibilidade (GS).

ANO	GS	ANO	GS
1970	AL	1989	IM
1971	MD	1990	MA
1972	AL	1991	AL
1973	MD	1992	AL
1974	IM	1993	MA

1975	IM	1994	IM
1976	AL	1995	AL
1977	MD	1996	AL
1978	AL	1997	AL
1979	MA	1998	MA
1980	AL	1999	AL
1981	AL	2000	M
1982	AL	2001	MA
1983	MA	2002	AL
1984	MD	2003	AL
1985	IM	2004	AL
1986	MD	2005	AL
1987	AL	2006	AL
1988	MD	2007	AL

Fonte: Autor, 2020.

Analisando a tabela 5, pode-se determinar que a região de Mossoró apresenta um alto Grau de Susceptibilidade para a ocorrência da desertificação, onde houve a ocorrência deste grau para os seguintes anos: 1970, 1972, 1976, 1978, 1980, 1981, 1982, 1987, 1991, 1992, 1995, 1996, 1997, 1999, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 e 2007.

Para os demais anos, que ocorreu um Grau de Susceptibilidade diferente a alto, pode-se fazer as seguintes associações do índice de aridez, precipitação e temperatura para resultar nos demais graus, como pode ser visto nos seguintes anos como exemplo:

1973: $(IA=0,53) + (P=966,70) + (T=27,37) = MD$

1989: $(IA=0,72) + (P=1320,60) + (T=27,37) = IM$

2001: $(IA=0,18) + (P=365,00) + (T=28,19) = MA$

2007: $(IA=0,39) + (P=765,70) + (T=27,96) = AL$

SMA = Não houve.

A tabela 6, apresenta a distribuição da temperatura média anual para o período de 1970 até 2007 para o município de Mossoró-RN, que contém uma média para esta série histórica de 27,69°C.

Tabela 6: Distribuição da temperatura média anual.

ANO	T(°C)	ANO	T(°C)
1970	27,66	1989	27,37
1971	27,14	1990	28,31
1972	27,73	1991	27,88
1973	27,38	1992	27,63
1974	26,60	1993	28,64
1975	26,96	1994	27,26
1976	26,84	1995	27,62
1977	26,94	1996	27,62
1978	27,29	1997	27,79
1979	28,10	1998	29,03
1980	28,00	1999	28,11
1981	28,15	2000	27,31
1982	27,72	2001	28,19
1983	28,59	2002	27,53
1984	27,57	2003	27,90
1985	26,69	2004	27,63
1986	26,94	2005	28,27
1987	28,31	2006	27,94
1988	27,73	2007	27,96

Fonte: Autor, 2020.

Analisando a tabela 6, pode-se observar a seguinte associação, em que conforme o índice de aridez aumenta, a temperatura tende a ficar mais baixa, como mostra a tabela 7 para índices que foram altos para seus respectivos anos, assim como a sua baixa temperatura.

Tabela 7: Maior IA X Menor T(°C).

ANO	IA	ANO	T(°C)
1974	0,90	1974	26,60
1975	0,73	1975	26,96
1985	1,23	1985	26,69
2000	0,56	2000	27,31

2002

0,50

2002

27,53

Fonte: Autor, 2020.

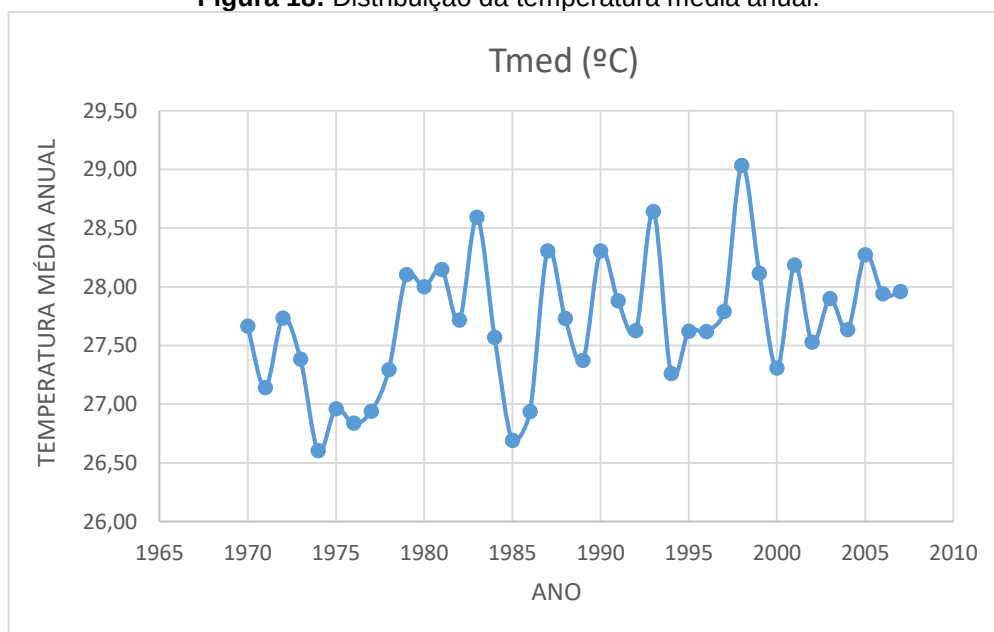
Analisando a tabela 6, pode-se observar também a seguinte associação, em que conforme o índice de aridez diminui, a temperatura tende a ficar mais alta, como mostra a tabela 8, para índices que foram baixos para seus respectivos anos, assim como a sua alta temperatura.

Tabela 8: Menor IA X Maior T(°C).

ANO	IA	ANO	T(°C)
1983	0,07	1983	28,59
1993	0,09	1993	28,64
1998	0,14	1998	28,03
2001	0,18	2001	28,19
2005	0,25	2005	28,27

Fonte: Autor, 2020.

Pode-se ainda verificar a temperatura anual através da figura 18 abaixo:

Figura 18: Distribuição da temperatura média anual.

Fonte: Autor, 2020.

Na tabela 9, temos a distribuição da precipitação anual e histórica do período de 1970 a 2007 para o município de Mossoró, com uma média de precipitação anual de 771,32 mm.

Tabela 9: Distribuição da Precipitação média anual (P).

ANO	P(mm)	ANO	P(mm)
1970	416,40	1989	1320,60
1971	950,20	1990	335,90
1972	713,00	1991	703,00
1973	966,70	1992	569,80
1974	1491,60	1993	144,20
1975	1264,20	1994	1208,60
1976	458,90	1995	810,40
1977	951,60	1996	890,30
1978	531,60	1997	664,40
1979	396,20	1998	319,40
1980	590,20	1999	590,20
1981	420,00	2000	1023,00
1982	689,40	2001	365,00
1983	145,20	2002	946,10
1984	960,60	2003	801,30
1985	2065,70	2004	893,80
1986	1111,40	2005	527,70
1987	554,40	2006	647,90
1988	1105,70	2007	765,70

Fonte: Autor, 2020.

Analisando a tabela 9, pode-se observar a seguinte associação, em que conforme o índice de aridez diminui, a precipitação tende a ficar mais baixa, como mostra a tabela 10, para índices que foram baixos para seus respectivos anos, assim como a sua baixa precipitação.

Tabela 10: Menor IA X Menor P.

ANO	IA	ANO	P(mm)
1970	0,22	1970	416,40
1983	0,07	1983	145,20
1993	0,09	1993	144,20
1998	0,14	1998	319,40

2001

0,18

2001

365,00

Fonte: Autor, 2020.

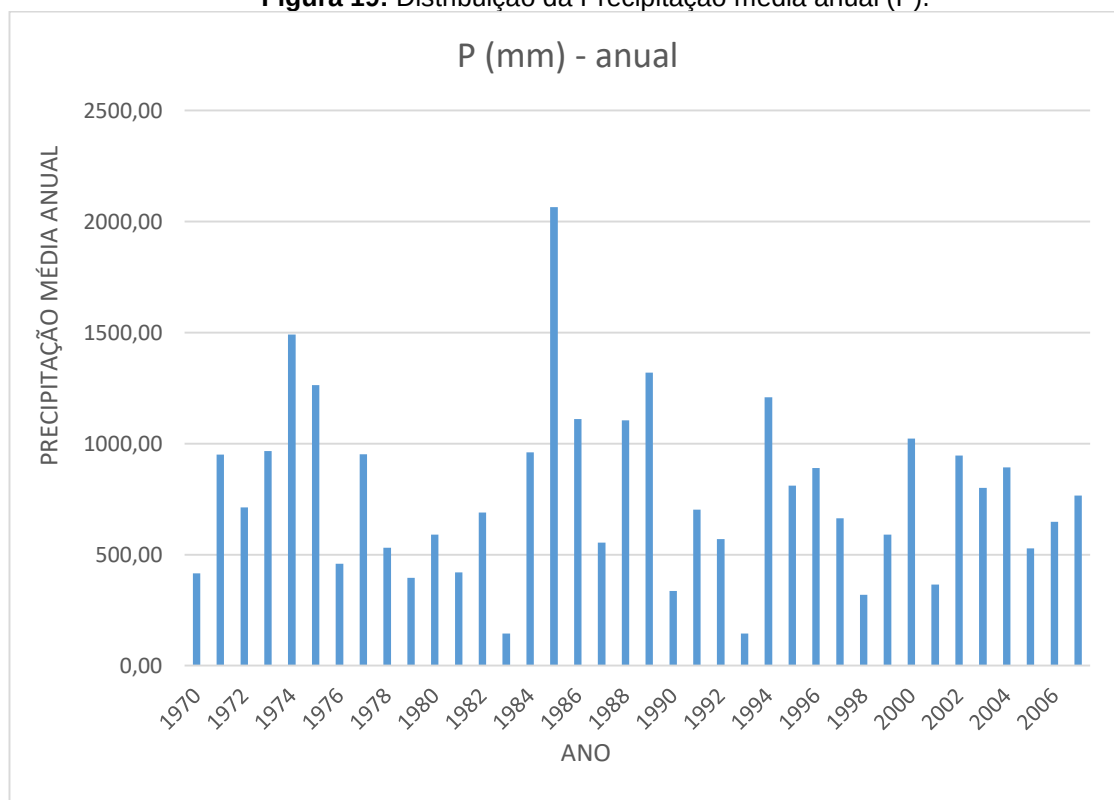
Analisando a tabela 9, pode-se observar também a seguinte associação, em que conforme o índice de aridez aumenta, a precipitação tende a ficar mais alta, como mostra a tabela 11, para índices que foram altos para seus respectivos anos, assim como a sua alta precipitação.

Tabela 11: Maior IA X Maior P.

ANO	IA	ANO	P(mm)
1974	0,90	1974	1491,60
1985	1,23	1985	2065,70
1989	0,72	1989	1320,60
1994	0,67	1994	1208,60
2000	0,56	2000	1023,00

Fonte: Autor, 2020.

Para melhor estudo da precipitação anual, pode-se observar na figura 19 a distribuição da precipitação na forma de gráfico.

Figura 19: Distribuição da Precipitação média anual (P).

Fonte: Autor, 2020.

Na tabela 12, temos a distribuição da evapotranspiração anual e histórica do período de 1970 a 2007 para o município de Mossoró, com uma média de evapotranspiração anual de 1906,05 mm/ano.

Tabela 12: Distribuição da evapotranspiração média anual (ETP).

ANO	ETP	ANO	ETP
1970	1903,07	1989	1839,11
1971	1581,79	1990	2083,28
1972	1927,90	1991	1960,83
1973	1841,19	1992	1897,72
1974	1655,30	1993	1627,45
1975	1733,61	1994	1811,26
1976	1707,68	1995	1896,43
1977	1727,07	1996	1905,37
1978	1809,31	1997	1944,13
1979	2020,92	1998	2335,36
1980	1997,82	1999	2031,66
1981	2042,73	2000	1822,60
1982	1927,93	2001	2056,20
1983	2177,03	2002	1878,24
1984	1898,66	2003	1973,99
1985	1678,48	2004	1911,73
1986	1730,05	2005	2091,19
1987	2087,28	2006	1992,71
1988	1934,65	2007	1988,13

Fonte: Autor, 2020.

Analisando a tabela 12, pode-se constatar que não existe uma associação que interliga a evapotranspiração entre o índice de aridez e a precipitação, no entanto existe uma certa relação entre a evapotranspiração com a temperatura, onde conforme a temperatura aumenta, a evapotranspiração tende a diminuir, assim como a temperatura quando é baixa, a evapotranspiração também tende a ser baixa. Como mostra a tabela 13, para uma alta temperatura que implica em um alto valor de evapotranspiração, não sendo necessário exemplificar o caso para uma baixa

temperatura, visto que é um processo inverso ao outro, ou seja, quando um índice aumenta o outro também aumenta e quando o índice diminui o outro também diminui.

Tabela 13: Maior T X Maior ETP.

ANO	ETP	ANO	T(°C)
1983	2177,03	1983	28,59
1987	2087,28	1987	28,31
1993	1627,45	1993	28,64
1998	2335,35	1998	29,03
2005	2091,19	2005	28,27

Fonte: Autor, 2020.

Com auxílio da matriz de Correlação de Pearson, pode-se determinar uma correlação entre a série temporal em estudo, com suas respectivas variações climáticas de acordo com o tempo, como é visto na tabela 14, onde é constituída com os seguintes elementos: Desvio Padrão (DP), Serie Temporal (S), Temperatura (T), Precipitação (P), Índice de Aridez (IA) e Evapotranspiração (ETP).

Tabela 14: Correlação de Pearson.

	MEDIA	DP	S	T	P	IA	ETP
S	1988,500	110,966	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T	27,690	0,547	0,412	1,000	0,000	0,000	0,000
P	771,320	382,685	-0,108	-0,771	1,000	0,000	0,000
IA	0,420	0,231	-0,168	-0,801	0,994	1,000	0,000
ETP	1906,050	155,979	0,404	0,809	-0,569	-0,627	1,000

Fonte: Autor, 2020.

Por meio da análise da tabela anterior, fica notório que a região em estudo passa por constantes mudanças no índice de aridez no período de 1970 a 2007, que podem ser explicados através de modificações climáticas ocorridas no Brasil ao decorrer do tempo, onde tal fator está associado ao aumento do desmatamento de áreas que compõem o bioma da Caatinga, causando o desequilíbrio ecológico do ecossistema e colabora para um maior aumento de erosão de CO₂ para o meio ambiente.

Analisando a série temporal (S), constata-se uma correlação positiva com a variável de temperatura (T) com o valor de 0.412, onde também apresentou um valor

positivo em relação a evapotranspiração (ETP) com 0.404, a obtenção destes valores resultam do aumento da temperatura e evapotranspiração potencial analisada na série temporal em estudo.

Segundo LOPES 2018 (Santos et al. 2010), a identificação para o cenário atual e para o ano de 2050, tendências do aumento da temperatura média anual e da evapotranspiração em quase todas as estações da região Nordeste do país.

Foi analisado também o seguinte aspecto, em que conforme as temperaturas aumenta, a tendência da precipitação é diminuir, associado ao grau de correlação altamente negativo para o município de Mossoró, sendo de -0.771, deixando assim notório a ocorrência da modificação climática neste local.

As modificações nesta região provindas deste aspecto, acarreta consequências negativas, por meio da alta ambiguidade das atividades agrícolas, associado ao cultivo de sequeiro e agricultura, sendo que a implantação de métodos de irrigação é inviável de ser implantado, por causa de fatores econômicos e a ausência de recursos hídricos, com a diminuição da quantidade de água concedido para o uso doméstico e cunho industrial. Para a agricultura estas modificações causam impactos que podem ser vistos no decorrer de um extenso período, uma vez que não é fácil o seu processo de recomposição e quando implantado técnicas de adaptação, as mesmas tornam-se insuficientes para recompor essas áreas degradadas.

O índice de aridez do município de Mossoró apontou uma correlação negativa para série temporal (-0.168), Temperatura (-0.801) e evapotranspiração (-0.627) e positiva para a precipitação (0.994).

O índice de aridez quando adotado para um local, deve-se levar em consideração a razão do mesmo, pelas precipitações que ocorrem através da infiltração da água da chuva no solo e consequentemente plantas, dividido pela evapotranspiração, provindas do potencial da água perdida dos respectivo sistema para a atmosfera, uma vez que a temperatura contém uma alta influência e também está ligado proporcionalmente de maneira direta a evapotranspiração. Sendo assim, justificado a relação da grande correlação negativa, visto para estes aspectos com o índice de aridez e a grande e correlação positiva para a precipitação. Desta Maneira, é possível apontar as possíveis modificações climáticas para o aumento da temperatura, relacionado com uma baixa precipitação, sendo que a evapotranspiração e a série histórica apontam indícios para diminuição do índice de aridez.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da série histórica (1970-2007) para o município de Mossoró é possível determinar que o aumento da temperatura é considerado um dos principais fatores climáticos que provocou a diminuição do índice de aridez na região em estudo. Pode-se destacar também que a temperatura influencia diretamente na evapotranspiração, por meio da perda de água realizado para a atmosfera, uma vez que a presença de uma alta temperatura, implica numa maior evapotranspiração, em consequência disso apresenta um baixo índice de aridez, resultando assim em um elevado grau de susceptibilidade a ocorrência da desertificação.

Este estudo foi realizado com o intuito de propor uma melhor exatidão para poder determinar a presença ou ausência do processo da desertificação para a região de Mossoró. E com isso foi possível constatar a presença do processo de desertificação.

Um elevado valor de precipitação, implica em um maior índice de aridez, e consequentemente à desertificação, resultando em um reduzido valor em relação de quanto a área está susceptível para a ocorrência deste processo. A classificação dos índices pluviométricos anuais associados com temperatura anual da série histórica em estudo, aponta uma distribuição irregular destes índices, no entanto é possível determinar a classificação climática deste local, sendo de predomínio semiárido de acordo com o índice de aridez ($IA = 0,42$) calculado por meio da média anual para a maioria dos anos estudados dentro desta série.

Por meio dos parâmetros medidos de série histórica (S), temperatura (T) e evapotranspiração (ETP) foi possível determinar se existe uma correlação ligando os altos índices de aridez, sendo considerado o resultado desta correlação aproximadamente igual a menos um (-1), implica no quanto esta área está susceptível ao processo de desertificação.

Em decorrência das circunstâncias climáticas obtidas nesse local de estudo, é de fundamental importância tais informações sobre esse processo que afeta esta área, para poder determinar possíveis estratégias, com o intuito de realizar atividades de modo consciente dos recursos naturais presentes neste ambiente, almejando uma forma de desenvolvimento sustentável por meio da execução de técnicas agrícolas, que visam a preservação do meio ambiente, assim como a sua produção de atividades agrícolas estáveis sem causar problemas ambientais para o local em estudo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Everaldo V. S. B.; ARAÚJO, Maria do Socorro B.; SAPAIO, Yony S. B. **Impactos da agricultura no processo de desertificação no nordeste do Brasil**. 2005. v.22, n.1. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas>. Acesso em: 20 JAN. 2020.
- ARAÚJO, Roseane. **Desertificação e convivência com semiárido Paraibano**. Licenciatura em Geografia. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande - Paraíba, 2014.
- Bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte**. Disponível em: <http://serhid.rn.gov.br>. Acesso em 17 Jan. 2020.
- CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; Maia Neto, J. M. **Dados meteorológicos de Mossoró** (janeiro de 1989 a dezembro de 1990), Mossoró: ESAM, FGD, 1991, 110p, Coleção Mossoroense, Série C, 630.
- CARVALHO, O. **A desertificação no Brasil e no Nordeste Brasileiro**. Disponível em: <http://www.bioma.gov.br/m/wp-content/files/2009/05ADESERTIFICACAONOBRASELENONORDESTEBRASELEIRO.PDF>. Acesso em: 06 Jan. 2020.
- CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Brasília, DF, 2016.
- DOMINGUES, Filipe. G1 – Portal Globo. **Desertificação atinge 13% do semiárido brasileiro e ameaça conservação da caatinga**. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/desafio-natureza/noticia/2019/08/20/desertificacao-atinge-13percent-do-semiarido-brasileiro-e-ameaca-conservacao-da-caatinga.ghtml>. Acesso em 19 Jan. 2020.
- DOURADO, Camila S. **Áreas de risco de desertificação: Cenários atuais e futuros frente às mudanças climáticas**. 2014. Tese de doutorado-Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo. 2017.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Processo de desertificação no Semi-Árido do Nordeste brasileiro e implicações para o seu desenvolvimento sustentável**. 1997. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1099140/processo-de-desertificacao-no-semi-arido-do-nordeste-brasileiro-e-implicacoes-para-o-seu-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 22 Jan. 2020.
- FELIPE, José L. A.; CARVALHO, Edílson A. **Atlas escolar Rio Grande do Norte**, 1999, p. 26.
- FERREIRA, Luana C. **DESERTO NA COMUNICAÇÃO: As relações entre ciência e mídia da desertificação no semiárido brasileiro**. 2017. Desertificação de Mestrado-Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, Rio Grande do Norte. 2017.
- FERNANDES, Jessicleide D.; MEDEIROS, Anna J. D. Desertificação no nordeste: Uma aproximação sobre o fenômeno do Rio Grande do Norte. **Revista HOLOS**, 2009, v.3, n. 25, p. 147 – 161, 2009. Disponível em:

<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/265>. Acesso em: 17 set. 2019.

FRANCISCO, Wagner C. **"Eco-92"**; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/eco-92.htm>. Acesso em 16 de janeiro de 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e estados**. 2018. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=240800>. Acesso em: 21 Jan. 2020.

IDEMA, Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Norte. **Atlas para a promoção do investimento sustentável no Rio Grande do Norte. Módulo I: zona homogênea mossoroense**. Natal: IDEMA, 2005. 205 p. 1 atlas.

LACERDA, Marta A. D.; LACERDA, Rogério D. Planos de combate à desertificação no nordeste brasileiro. **Revista de biologia e ciências da terra**, Paraíba, v. 4, n. 1, primeiro semestre de 2004. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50040111>. Acesso em: 02 out. 2019.

LEMELA, Beto. **A desertificação no Brasil e no Mundo**. Disponível em: <http://betaolemela.blogspot.com/2010/08/desertificacao-no-brasil-e-no-mundo.html?m=1>. Acesso em: 26 Jan. 2020.

LOPES, Iug; MELO, Juliana M. M.; CARVALHO, Ailton A.; MOURA, Gelber B. A.; LEAL, Brauliro G. Análise multivariada no estudo da variação do índice de aridez da Bahia e Pernambuco. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.26, n.1, p.93-102, 2018. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/agrometeoros/article/view/26345>. Acesso em: 06 out. 2019.

MACEDO, Márcia R. O. B. C. **UMA ABORDAGEM TEMÁTICA E ESPRECTAL DE ÁREAS PASSÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO NA REGIÃO DO SERIDÓ-RN/PB**. 2007. Dissertação de Mestrado-Universidade Federal de Pernambuco-Centro de Tecnologia e Geociências. Recife. Pernambuco. 2007.

MATALLO JUNIOR, Heitor. **Desertificação**. Brasília: Unesco, 2003.

MATALLO JUNIOR, Heitor. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: UNESCO, 2001.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 global**. 2001. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global> MMA 2001. Acesso em 20 JAN. 2020.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Atlas das Áreas Susceptíveis à Desertificação no Brasil**. 2007, 136 p.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca – PAN Brasil**, 2004, p. 189-194.

Montenegro, Jéssica C. **Uso de lenha como matriz energética em pizzarias de Mossoró - RN**. Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Ufersa. Mossoró - RN. 2013.

MOORE, D. S. **The Basic Practice of Statistics**. New York, Freeman, 2007. 728p.

NASCIMENTO, Flávio R. **Degradação ambiental e desertificação no nordeste brasileiro: o contexto da bacia hidrográfica do Rio Aracaú – Ceará**. 2006. 233 f. Monografia (Doutorado) – Curso de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói – RJ, 2006. Disponível em: <https://www.livrosgratis.com.br>. Acesso em: 08 set. 2019.

NETO, Manoel C. P. **PREDISPOSIÇÃO À DESERTIFICAÇÃO NO NÚCLEO SERIDÓ (RN-BRASIL)**. Geocologia de paisagens Semi-áridas. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará-centro de ciências. Fortaleza Ceará. 2016.

PENMAN, H.L. The physical bases of irrigation control. In: International horticultural Congress, 13, London. **Book of Royal Horticultural Society**, p.913-924, 1953.

PGB, Programa Geologia do Brasil. **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA MOSSORÓ**. Recife, Pernambuco, 2014. 72 p.

RODRIGUES, João P. B.; PEIXOTO, Filipe S.; ALBUQUERQUE, Paulo I. M. **EXPANSÃO URBANA SOBRE A PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO APODI/MOSSORÓ: MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO**. 2019. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza – Ceará. 2019.

SANTOS, W. O. **Ajuste da evapotranspiração de referência estimada através de 10 métodos em Mossoró – RN à diferentes distribuições densidade de probabilidade**. 2010. 223f. Trabalho de Conclusão de Curso - TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró, 2010.

SOUZA, B. I. F.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. **Caatinga e Desertificação**. Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 131-150, jan./abr. 2015.

SUERTEGARAY, D. M.; GUASSELLI, L. A.; VERDUM, R.; BASSO, L. A.; MEDEIROS, R. M. V.; BELLANCA, E. T.; BERTÉ, A. M. A. **Projeto Arenização no Rio Grande do Sul, Brasil: gênese, dinâmica e espacialização**. Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias Sociales. Barcelona. v.VI. nº 287. marzo. 2001. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/b3w-287.htm>. Acesso em: 04 Jan. 2020.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The Water Balance**. Centerton, New Jersey: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1948. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

UNEP. United Nations Environment Programme. **World Atlas of Desertification**. Londres: UNEP/Edward Arnold. 69 p., 1992.

VIANA, Cristine F. G. **Da seca como Episódio à desertificação como processo: Uma questão (não) institucionalizado**. 2013. Tese de Doutorado-Universidade de Brasília- centro de desenvolvimento sustentável. Brasília, Distrito Federal, 2013.

WUST, Caroline; TAGLIANI, Naiara; CONCATO, Ani C. **A pecuária e sua influência importante ao meio ambiente**. 2015. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2015.