



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE – UERN
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS – FACEM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGGEO
MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA – MAG

JOÃO PAULO BEZERRA RODRIGUES

**ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE
MOSSORÓ/RN NO PERÍODO 1998 – 2018**

MOSSORÓ/RN

2021

JOÃO PAULO BEZERRA RODRIGUES

**ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE
MOSSORÓ/RN NO PERÍODO 1998 – 2018**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Paisagens Naturais e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Wendson Dantas de Araújo Medeiros.

MOSSORÓ/RN

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. 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. 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.

Catálogo da Publicação na Fonte.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

R000a Rodrigues, João Paulo Bezerra
ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO
MUNICÍPIO DE MOSSORÓ RN NO PERÍODO 1998 -
2018. / João Paulo Bezerra Rodrigues. - MOSSORÓ,
2021.
92p.
Orientador(a): Prof. Dr. Wendson Dantas de Araújo
Medeiros Medeiros.
Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-
Graduação em Geografia). Universidade do Estado do Rio
Grande do Norte.
1. Programa de Pós-Graduação em Geografia. I.
Medeiros, Wendson Dantas de Araújo Medeiros. II.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III.
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pela Diretoria de Informatização (DINF), sob orientação dos bibliotecários do SIB-UERN, para ser adaptado às necessidades da comunidade acadêmica UERN.

JOÃO PAULO BEZERRA RODRIGUES

**ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE
MOSSORÓ/RN NO PERÍODO 1998 – 2018**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Paisagens Naturais e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Wendson Dantas de Araújo Medeiros

Aprovada em: 10/09/2021

BANCA EXAMINADORA



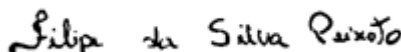
Presidente/Orientador: Prof. Dr. Wendson Dantas de Araújo Medeiros



Examinador 1 – Professor Dr. Alfredo Marcelo Grigio/UERN/PPGEO



Examinador 2 – Geógrafo Dr. Frederico Fonseca Galvão de Oliveira/Analista Ambiental/IBAMA/RN



Examinador 3 – Professor Dr. Filipe da Silva Peixoto/PPGEO/UERN

MOSSORÓ/RN

2021

Dedico este trabalho aos meus mestres (professores) da pré-escola até pós-Graduação, sem vocês não teria aprendido tanto na vida, nem teria chegado a lugar nenhum.

AGRADECIMENTOS

Quero aqui agradecer em primeiro lugar a todos os professores do programa de pós-graduação em geografia – PPGeo UERN.

Em especial gostaria de agradecer ao meu orientador Professor Dr. Wendson Dantas de Araújo Medeiros. Este trabalho não seria possível sem sua paciência, profissionalismo e dedicação em orientar meus caminhos diante de tantas dificuldades.

Gostaria de agradecer ao meu amigo, Professor Dr. Filipe da Silva Peixoto que me encorajou diante das frustrações nesta caminhada.

Ao Professor Dr. Alfredo Marcelo Grigio e ao professor Dr. Franklin Roberto da Costa que de grande ajuda forneceram importantes observações sobre os caminhos a serem tomados nessa caminhada acadêmica.

Ao secretário do curso Diêgo Ezaú Pereira de Araújo pessoa de grande paciência e prestatividade.

Ao meu amigo Paulo Igor de Melo Albuquerque, que forneceu gentilmente seu potente Computador para o processamento rápido dos dados.

A todos vocês meu mais sincero OBRIGADO!

“Nem dois graves acidentes de trânsito, nem o covid-19, nem um trabalho mal remunerado, me fizeram perder a esperança de aprender e evoluir cada vez mais no universo que é a geografia”.

(João Paulo Bezerra Rodrigues)

RESUMO

No período atual onde se pode realizar mapeamentos e análises temporais do comportamento e variações na paisagem causadas tanto por processos antrópicos quanto por processos naturais, tornou possível descrever uma análise acerca do uso e ocupação do solo no município de Mossoró. Este trabalho buscou apresentar como se configura o uso e ocupação do solo e sua relação com as mudanças na paisagem no município de Mossoró/RN durante o período de 20 anos que corresponde os anos de 1998, 2008 e 2018. Nisso o trabalho objetivou apresentar essas mudanças na paisagem ocasionadas pelo uso e ocupação do solo, extraindo através do sensoriamento remoto de imagens de satélite os dados quantitativos e qualitativos que discriminam essa dinâmica. A importância do sensoriamento remoto SIG (sistemas de informações geográficas) para a análise do uso e ocupação do solo no município de Mossoró/RN tornou-se fundamental na compreensão do comportamento das atividades e as modificações que se apresentaram durante estes períodos tornando importante sua discussão. Para extração das informações foi necessário o uso de técnicas de geoprocessamento das imagens de satélite LANDSAT 5 sensor TM (*Thematic Mapper*), LANDSAT 7 sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) e LANDSAT 8 sensor OLI (*Operational Land Imager*), nas rotas 63 e 64 da órbita 224 nas datas de 01/03/1998, 13/03/2008 e 13/03/2018. Essas imagens coletadas no USGS (*United States Geological Survey*) INPE (*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*), onde foram submetidas a correção atmosférica e radiométrica no software SPRING® 5.5.5 e composição e processamento no software ESRI ArcGis® 10.2.2. A utilização dos índices como NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) SAVI (*Soil-Adjusted Vegetation Index*) e NDWI (*Normalized difference water index*) foram fundamentais no processo de classificação utilizando o método de classificação supervisionada, que submeteu a extração de 11 classes para o ano de 1998 e 13 classes para os anos de 2008 e 2018. Diante disso, foi mapeado e quantificado os dados extraídos em ambiente SIG trazendo à tona as mudanças ocorridas em cada período analisado, onde se pode constatar que muitas das atividades econômicas tiveram diminuições e avanços ao longo do tempo.

Palavras-chave: Paisagem; Sensoriamento remoto; Sistemas de informação geográfica.

ABSTRACT

In the current period where it is possible to perform mapping and temporal analysis of the behavior and variations in the landscape caused both by anthropic processes and natural processes, made it possible to describe an analysis about the use and occupation of land in the municipality of Mossoró. This work presents how the land use and occupation and its relationship to changes in the landscape in the municipality of Mossoró/RN during the period of 20 years that corresponds to the years 1998, 2008 and 2018. In this the work aimed to present these changes in the landscape caused by the use and occupation of land, extracting through remote sensing of satellite images the quantitative and qualitative data that discriminate these dynamics. The importance of GIS (geographic information systems) and remote sensing for the analysis of the use and occupation of land in the municipality of Mossoró/RN became fundamental in the understanding of the behavior of activities and the modifications that were presented during these periods making its discussion important. For the extraction of information it was necessary to use geoprocessing techniques of satellite images LANDSAT 5 sensor TM (Thematic Mapper), LANDSAT7 sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) and LANDSAT 8 sensor OLI (Operational Land Imager), on routes 63 and 64 of orbit 224 on the dates of 01/03/1998, 13/03/2008 and 13/03/2018. These images collected at USGS (United States Geological Survey) INPE (National Institute for Space Research), where they were subjected to atmospheric and radiometric correction in SPRING® 5.5.5 software and composition and processing in ESRI ArcGis® 10.2.2 software. The use of indices such as NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) and NDWI (Normalized difference water index) were fundamental in the classification process using the supervised classification method, which submitted the extraction of 11 classes for the year 1998 and 13 classes for the years 2008 and 2018. Therefore the data extracted was mapped and quantified in a GIS environment bringing to light the changes that occurred in each period analyzed, where it can be seen that many of the economic activities had decreases and advances over time.

Key words: Landscape; Remote sensing; Geographic Information Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organograma com as etapas da metodologia elaborada para este trabalho.	26
Figura 2. Exemplo aplicado nas imagens Landsat para correção dos níveis de cinza.	28
Figura 3. Composição de bandas de imagens utilizadas no trabalho ano 1998, 2008 e 2018.	29
Figura 4. Procedimento no software SPRING para realce.	30
Figura 5. Procedimento realizado no SPRING para realce das imagens.	31
Figura 6. Classes obtidas com o método de classificação Euclidiana para Mossoró ano de 1998 2008 e 2018	34
Figura 7. Classes do manual de uso e cobertura da terra IBGE	35
Figura 8. Mapa de Localização do Município de Mossoró	40
Figura 9. Arcabouço estrutural de parte da Bacia Potiguar na porção que compreende o Município de Mossoró.	42
Figura 10. Mapa Geológico do Município de Mossoró.	43
Figura 11. ZCIT apresentada em dois períodos do ano onde Mossoró está inserido.	44
Figura 12. Mapa de Unidades Geomorfológicas do Município de Mossoró.	45
Figura 13. Vale do Rio Apodi/Mossoró.	46
Figura 14. Mapa de solos do Município de Mossoró.	48
Figura 15. Mapa de hidrografia do Município de Mossoró.	49
Figura 16. Mapa NDVI e SAVI do Município de Mossoró.	57
Figura 17. NDWI extraído Município de Mossoró.	59
Figura 18. Mapas de uso e ocupação do solo referentes aos anos de 1998,2008 e 2018.	60
Figura 19. Mapa localização do Município de Mossoró. Fonte: Elaborado pelo autor a partir da base de dados IBGE (2010).	68
Figura 20. Mapas de uso e ocupação do solo em Mossoró nos anos de 1998, 2008 e 2018.	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Informações metadados das imagens utilizadas neste estudo.	27
Tabela 2. Classificação produzida para identificação do uso e ocupação do solo Mossoró.	36
Tabela 3. Características das imagens utilizadas no estudo.	36
Tabela 4. Uso do Pixel para extração de classes de uso ocupação do solo a partir do NDVI SAVI e NDWI	56
Tabela 5. Valores representativos de cada classe.	58
Tabela 6. Classificação do uso e ocupação do solo no ano de 1998, 2008 e 2018.	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
SAVI	<i>Soil-Adjusted Vegetation Index</i>
NDWI	<i>Normalized Difference Water Index</i>
SIRGAS	<i>Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas</i>
EMBRAPA	<i>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 PAISAGEM E CONCEITOS.....	17
2.2 SENSORIAMENTO REMOTO E SIG (SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS).....	20
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	26
3.1 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS.....	27
3.2 PRÉ-PROCESSAMENTO.....	27
3.3 REALCE E CONTRASTE.....	29
3.4 CLASSIFICAÇÃO.....	32
3.5 GEOPROCESSAMENTO.....	33
3.6 VETORIZAÇÃO DE CAMADAS.....	35
3.7 PROCEDIMENTOS E MÉTODOS UTILIZADOS PARA CLASSIFICAÇÃO.....	36
3.8 RESUMO DOS PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS.....	37
4. CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	40
4.1 LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ.....	40
4.2 GEOLOGIA.....	40
4.3 CLIMA.....	43
4.4 GEOMORFOLOGIA.....	44
4.5 SOLOS (PEDOLOGIA).....	46
4.5 HIDROGRAFIA.....	48
4.6 VEGETAÇÃO.....	50
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.1 TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA A CLASSIFICAÇÃO DE USO OCUPAÇÃO DO SOLO NO SEMIÁRIDO, UM EXEMPLO DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ/RN NORDESTE DO BRASIL.....	52
INTRODUÇÃO.....	52
MATERIAIS E MÉTODOS.....	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56

CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS.....	62
5.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ/RN (1998-2018).....	66
INTRODUÇÃO.....	66
METODOLOGIA.....	68
BREVE CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	68
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	70
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
REFERÊNCIAS.....	80
AGRADECIMENTOS.....	83
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
7. REFERÊNCIAS.....	85

1. INTRODUÇÃO

A necessidade em compreender as ações infligidas pelo homem sobre a natureza onde o principal resultado são alterações das paisagens, tornou as investigações destes processos fundamentais para se compreender a dinâmica entre meio natural e social nessa segunda década do século XXI. Essa dinâmica, muitas vezes atrelada ao estudo sistêmico destes fenômenos, traz à tona uma preocupação recorrente em buscar alternativas cada vez mais voltadas ao uso consciente dos recursos naturais, tentando tornar os impactos ao meio ambiente menores, possibilitando uma coexistência mais harmoniosa para os séculos à frente. Graças ao desenvolvimento de novas tecnologias e de recursos computacionais e técnicos disponíveis, atualmente se pode perceber que o homem não só faz parte da paisagem, mas é um elemento modificador da própria paisagem.

Dessa forma, a paisagem do município de Mossoró, localizado no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, também foi submetida a alterações durante a história, na qual o processo de uso e ocupação do solo pode demonstrar ao longo do tempo as mudanças que ocorreram na paisagem. Mudanças essas observadas sobre o aspecto da produção do espaço que fazem parte do processo de expansão das atividades econômicas fundamentais para sociedade no período atual.

Apesar dessas mudanças ocorridas na paisagem do município de Mossoró serem geograficamente visíveis, coube realizar reflexões e amostragens sobre o comportamento da paisagem, buscando atingir uma camada de informações maior destinadas a apresentar um panorama temporal dessas variáveis. Apesar de Rocha (2005), Salles et al., (2013) Lucas et al., (2016), Grigio et al., (2018), Fidelis-Medeiros e Grigio (2019) terem realizado importantes estudos sobre as ações antrópicas sobre a paisagem e todas as alterações que são implementadas, as abordagens foram realizadas em um período menos extenso e abordando principalmente essas mudanças voltadas ao meio urbano.

Diante disso, a implementação de técnicas de sensoriamento remoto na identificação das alterações antrópicas no município de Mossoró, numa escala de tempo de 20 anos, que se inicia no ano de 1998, compreende o ano de 2008 até 2018, as mudanças ocorridas tanto no meio ambiente natural quanto no meio antrópico tornaram-se essenciais para se compreender a paisagem no município de Mossoró. Devido à complexidade que as técnicas de sensoriamento remoto proporcionam na investigação de

elementos na superfície terrestre, o método de análise mostrou-se o mais eficiente na extração das informações submetidas dentro desse propósito, para a escala de tempo proposta nesse trabalho.

Para esse cenário, na falta de informações do uso e ocupação do solo para o município de Mossoró em um período de 20 anos, tornou-se necessária a implementação de um estudo que analisasse e expusesse a dimensão das mudanças e as variáveis que levaram às modificações na paisagem, por meio do uso de técnicas de sensoriamento remoto.

Com isso, o presente trabalho tem o objetivo apresentar como se configura o uso e ocupação do solo em Mossoró ao longo de um período de 20 anos (1998, 2008 e 2018), com o intuito de analisar as mudanças significativas na paisagem implementadas ao longo do tempo pelas funções produtivas da sociedade. Dentro dessa análise, a investigação das mudanças no uso e ocupação do solo no município ao longo do período determinado, pode ser compreendida sobre o aspecto dos processos humanos que ao longo do tempo produziram estas modificações na paisagem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PAISAGEM E CONCEITOS

Com o avanço tecnológico verificado na atualidade, tem sido possível registrar as mudanças na paisagem, sejam elas causadas pelas atividades humanas ou decorrentes de processos naturais. A cada dia torna-se mais presente, no discurso científico, a necessidade de observar e mapear estas mudanças para que se possa compreender a dinâmica da paisagem e suas causas e possíveis consequências. Para isso, é importante frisar que os elementos da paisagem estão em constante mutação ao longo do tempo, sejam eles antrópicos ou naturais.

Bertrand (2004) já esclarecia que os elementos dispostos na paisagem, formam um conjunto em constante evolução que age de maneira dialética, onde estes elementos evoluem juntos formando, dependendo do período e da necessidade, a paisagem visível. Com isso Bertrand (2004, pág.141) afirma que:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Maximiano (2004) reforça essa ideia quando coloca que as implicações da participação humana nas mudanças ocorridas na paisagem são fundamentais na compreensão da evolução da sociedade, onde esse processo é explicado e compreendido tendo como base, a visualização desta evolução, na qual se permite, em escalas maiores ou menores, conforme cada caso, classificá-la de acordo com os parâmetros adotados.

Para Ab'Saber (2003), a paisagem é vista como um conjunto de elementos naturais e artificiais sempre atrelados e baseados em uma herança. Este autor deixa muito claro que, dentro da própria paisagem, a materialização de formas antigas e modernas juntas, torna possível interpretar sua evolução durante o tempo. Os elementos naturais representados pela vegetação, relevo e clima são fundamentais na interpretação e análise da paisagem, pois sua modelagem ao longo do tempo, permite contar como determinada área foi modelada e quais os agentes que influenciaram essas mudanças, tendo no contexto artificial o uso atribuído pela sociedade dos recursos provenientes dessa evolução natural, sendo muitas vezes fator modificador direto dessa paisagem.

Sendo assim, a paisagem fundamenta-se sob os aspectos da participação do homem junto dos aspectos naturais que servem de base para seu desenvolvimento ao longo do tempo. Essa concepção se constrói diante do cenário em que, no período atual, toda essa ideia de que as modificações humanas são baseadas nas condições naturais de uma área determinada, e seu estabelecimento e desenvolvimento ao longo do tempo são os reflexos das condições que aquela área proporcionou. Isso é compreendido pela forma como as abordagens sobre a paisagem foram realizadas no Brasil durante o século XX.

De acordo com Maximiano (2004), a influência das condições naturais na constituição da paisagem no pensamento geográfico brasileiro foi, principalmente, influenciado pelos estudos da escola francesa, na qual, se compreendia a ação humana como principal elemento modificador da paisagem. Para isso as atividades humanas e a função que a natureza atribui a elas na construção da paisagem, traça uma linha de que as necessidades humanas e seu desenvolvimento estão ligados ao valor que essas paisagens, uma vez naturais, podem oferecer ao homem.

Belém e Nucci (2011) afirmam que o valor dado à natureza no período atual, traz uma nova dinâmica da organização da paisagem, tendo em vista que a utilização de práticas e métodos modernos de análise tornaram possível a compreensão de que a natureza e a sociedade podem ser distribuídas na paisagem de maneira harmoniosa e organizada, tendo como base o planejamento e zoneamento de áreas, tornando as modificações humanas necessariamente organizadas. Assim é afirmado por Belém e Nucci (2011, pág. 206) que

A valorização do uso das funções da natureza no planejamento da paisagem tem por objetivo, entre outros, o de diminuir a dependência da sociedade por uma manutenção intensiva e dispendiosa, procurando resguardar as paisagens com capacidade de auto-regeneração, respeitando-se o seu arranjo natural e evitando-se as intervenções humanas que requerem um desnecessário e demasiado gasto de energia.

Diante disso Bouchard et al., (1997), Young e Carmo (2007) consideram que, de fato, a ação humana constitui uma força significativa no processo de modificação e transformação da paisagem, porém o resultado dessas alterações é ainda influenciado pela condição existente de uma determinada área.

Para Fichera et al., (2012) a ação humana que modifica a paisagem, a torna uma entidade dinâmica, onde o maior desafio é a análise do padrão da paisagem, ou seja,

quantificar as variações temporais que nela se desenvolvem. Contudo, Cushman e McGarigal, (2008) salientam que a paisagem também pode ser interpretada a partir do uso de métricas para classificação e apresentação, seguindo uma base cronológica onde pode ser visualizada, através do tempo, as mudanças estabelecidas sobre uma determinada paisagem.

Tanto Forman (1995), Fichera et al., (2012) e Silva et al., (2020), deixam claro que as mudanças ocorridas na paisagem ao longo do tempo só podem ser compreendidas e estabelecidas quando submetidas dentro de uma análise do uso e ocupação da área estudada, onde essa condição apresentada reside na sua utilidade para comparar configurações alternativas de paisagem, avaliando a mesma paisagem em diferentes períodos.

Bertrand (2004), em uma análise mais ampla, identificava que a classificação dos elementos na paisagem forma uma base fundamental para compreender os fenômenos, devido à complexidade de formas e elementos distribuídos. Essa complexidade exposta principalmente pela dinâmica física de uma área e as ações antrópicas, conduz a uma análise onde a classificação e hierarquização, levando em conta a escala a ser trabalhada e o período, são fundamentais para que se possa entender a dinâmica da paisagem.

Essa classificação dos elementos e toda a dinâmica temporal que influencia na análise da paisagem é representada pelo uso e ocupação do solo, na qual se estabelece a representação dos elementos da paisagem além de descrever temporalmente a evolução dela. Dessa forma o uso e ocupação do solo pode ser identificado a partir da utilização de sensoriamento remoto.

Jensen (2009), analisando o uso das geotecnologias na análise da paisagem, identifica que o conceito de paisagem está em perfeita consonância com o sensoriamento remoto, e a consolidação de métodos de análise da superfície utilizando os instrumentos disponíveis para observação da superfície terrestre.

Tendo a paisagem como base dos estudos e investigações dos processos antrópicos e naturais, Turner (1989) e Lang e Blaschke (2009), afirmam que se torna possível identificar, utilizando o sensoriamento remoto, elementos e padrões de organização de feições na paisagem, onde se estabelece o uso e ocupação do solo de uma determinada área. Dentro dessa análise é importante frisar que na identificação dos elementos de uma paisagem, estes podem se diferenciar, dependendo do tamanho da

escala a ser trabalhada, devido à complexidade de informações que podem ser geradas de elementos distribuídos em uma paisagem.

Por sua vez, Urban et al. (1987) identificam que vários elementos atuando em escalas temporais e espaciais representam uma marca na paisagem, revelando o período e o processo ao qual aquele elemento foi submetido na paisagem. Esse cenário, dentro da abordagem da paisagem, é fundamental para a aplicação do sensoriamento remoto, pois segundo Soares Filho (1998), é através do mapeamento e das relações espaciais obtidas a partir da extração do uso e ocupação do solo que se pode caracterizar as distintas paisagens ao longo do tempo, bem como os processos que as produziram.

Dessa forma, Soares Filho (1998) deixa claro que uma paisagem se encontra sempre em processo de evolução, podendo mudar a sua estrutura e composição ao longo do tempo drasticamente. Com a disponibilidade de dados obtidos por meio de sensoriamento remoto, podem se estabelecer modelos que identificam essas mudanças na paisagem. Como a paisagem está fundamentalmente ligada aos aspectos sociais e naturais em constante evolução, podemos identificar que o uso e ocupação do solo está atrelado a esta concepção, levando em conta que, dentro dessa definição, ele seria a materialização destas mudanças e o sensoriamento remoto e o geoprocessamento das informações seriam as técnicas de identificação dessa dinâmica espaço-temporal. Com isso, é correto afirmar que os satélites em órbita na Terra possibilitaram novas formas de analisar a paisagem e seus elementos na superfície, além de ser possível enxergar as mudanças que ocorreram no tempo, devido à potencialidade que podem oferecer nas investigações que são atribuídas para a análise da paisagem e os elementos organizados sobre o território.

2.2 SENSORIAMENTO REMOTO E SIG (SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS)

Para Mason (2005) e Liu (2007) os satélites, com seus diversos recursos ópticos, nos fornecem uma excelente capacidade de interpretação de aspectos como vegetação, geologia, geomorfologia etc., e nos dão uma visão ampla dos aspectos e elementos a serem classificados na imagem. Isso só é possível, segundo os autores, graças aos vários sensores instalados com resoluções espaciais e espectrais que ao serem adquiridas e processadas por softwares especializados, trazem aplicações e classificações de elementos de áreas mais amplas, sem a necessidade de percorrer por toda ela.

Roy e Roy (2010) também afirmam a importância que os satélites dispõem nos estudos da paisagem e do território. O mapeamento da evolução na superfície da Terra, baseado em satélites e uso da geoinformática, pode estabelecer como o uso e ocupação do solo de uma determinada região é condicionado e como ele evolui ao longo do tempo.

Liu (2007) complementa essa abordagem afirmando que o sensoriamento remoto é fundamental nas aplicações atuais da ciência, pois os satélites permitem monitoramentos mais eficientes e dinâmicos do uso do solo e isso é devidamente explorado, tendo em vista a necessidade que se tem em determinar e observar as mudanças no meio causadas pela ação humana, por exemplo.

Anderson et al. (1976), já haviam apresentado esta estreita relação entre o sensoriamento remoto e a análise da paisagem, tendo o uso e ocupação do solo como base para sua obtenção a categorização no sistema de informações atual, trazendo à tona dispositivos e técnicas avançadas de análise dos elementos na paisagem, e isso funciona como fundamento básico na gestão dos recursos e decisões sobre o território.

Curran (1985) reforçou essa ideia discriminando que os sensores instalados nos satélites captando diferentes tipos de radiação eletromagnética (REM) registram imagens da superfície, que após realizadas as interpretações, podem fornecer informações úteis sobre o ambiente. Após essas informações serem processadas e visualizadas, as ações atribuídas ao território, transformarão os elementos e, posteriormente, a paisagem seguindo a dinâmica do planejamento e uso dado ao território.

Nessa perspectiva, IBGE (2013) estabeleceu que essa dinâmica de ação imposta a um determinado uso, compreende um conjunto de atividades, principalmente de caráter agrícola, pecuária e industrial que se distribui pelo território modificado e adaptado sobre as necessidades humanas, estabelecendo uma dinâmica entre sociedade-natureza visualizada dentro do mapeamento cartográfico.

NOAA (2020) complementa essa análise quando se discute o uso dado a uma determinada área pelo homem, onde define como as pessoas usam a paisagem, seja para desenvolvimento, conservação ou usos mistos. Os diferentes tipos de cobertura da terra podem ser administrados ou usados de maneira bem diferente, tendo a escala de ação do estudo e o tempo os agentes fundamentais de compreensão de como as pessoas usam e organizam suas ações sobre o território, e de como evolui a paisagem apresentada.

IBGE (2020) em uma apresentação do panorama sobre o uso do solo no território brasileiro, identifica essa trajetória com o objetivo de acompanhar as dinâmicas do uso e ocupação do solo e as transformações que vêm ocorrendo. Essas interpretações e metodologias baseadas em análise a partir do mapeamento sistemático, envolvendo interpretações visuais de imagens de satélite, acompanhadas de bases de dados e estatísticas apresentam um panorama de como as atividades antrópicas são distribuídas sobre o território, e as funções impostas que fornecem uma base de como o meio é modificado e pensado.

Lambin et al., (2001) já haviam colocado que as ações antrópicas impostas ao meio representadas pelo uso do solo em diversas partes do globo, iriam impor mudanças drásticas na paisagem, e as formas de exploração dos recursos, necessitaria de uma maior observação da superfície orientando as ações para um melhor ordenamento e uso consciente dos recursos, além de delinear ações mais efetivas de organização do uso do solo.

Para Gao et al., (2001) e Lopes et al., (2010) é a partir do monitoramento das ações antrópicas com o mapeamento sistemático, utilizando meios como o sensoriamento remoto, que se pode auxiliar tanto no fornecimento de dados sobre as características ambientais de uma área, quanto nas informações sobre mecanismos e processos que degradam o meio ambiente. Estes são considerados fatores essenciais para ações que gerem, a partir das informações suficientemente importantes dos recursos, ideias e estratégias de preservação.

Jansen e Di Gregório (2004), Southworth et al. (2004), Mendoza et al. (2011) e Coelho et al. (2014) ressaltam que é fundamental o monitoramento do uso e da cobertura do solo, pois só através dele, pode-se trazer à tona informações espaço-temporais detalhadas das modificações ocorridas na paisagem. Nessa perspectiva as análises só podem ser estabelecidas com a compreensão dos dados extraídos e processados, pois o conhecimento prévio do meio ambiente e das atividades humanas que se desenvolvem sobre aquele meio, determinando as decisões nas esferas ambiental e econômica.

Porém, Aguiar (2003) já havia determinado como elemento importante na compreensão da paisagem, a utilização da ideia de uso e ocupação do solo e uso e cobertura do solo. Trata-se de importantes ferramentas de análise da paisagem, devido a apresentação de características que compreendem a caracterização do estado físico da

superfície terrestre e o uso dado pelo homem, onde são estabelecidas pelos mecanismos que o homem impõe ao meio modificando a paisagem. Portanto, para cada área um mecanismo de ação antrópica modifica a paisagem levando em conta o que se estabelece como recursos daquela área. Porém, cada paisagem se estabelece de acordo com as mudanças ocorridas na sociedade, e as mudanças ao longo do tempo são ocasionadas levando em consideração cada necessidade social desejada.

Nisso a percepção das potencialidades da natureza e o monitoramento de ações de conservação mapeadas dentro da perspectiva do uso e ocupação do solo, vem trazendo como alerta as ações antrópicas que deixam em evidência a discussão no pensamento atual de paisagem, na qual a preocupação maior são os impactos associados principalmente pela expansão das ações humanas no meio.

Daí Smith (1988) já distinguia que com o desenvolvimento das ações antrópicas sobre o meio e sua sobreposição baseadas nos propósitos que o homem estabelece ao uso do solo transformações de maneira acentuada na paisagem, onde atualmente essas mudanças já são contabilizadas e materializadas dentro do uso das geotecnologias e da informática.

Desta forma, Rodrigues (1998) deixou em evidência a questão de monitorar uma paisagem hoje baseada como “produto” estabelecido pela intervenção da sociedade ao meio, evidenciando que a preocupação maior em desvendar e quantificar os impactos humanos sobre o meio ambiente, seria baseado em uma preocupação com as consequências de uma possível falta de recursos, ou de uma preocupação em preservar os elementos biológicos essenciais para vida em gerações futuras.

Apesar dessa concepção, Rodrigues e Silva (2002) estabeleceram que o processo atual de crise ambiental as condições estabelecidas de interação entre sociedade e meio ambiente baseia-se na preocupação em distinguir unidades e sistemas ambientais, na busca de um equilíbrio ou uso consciente dos recursos distribuídos na paisagem.

Diante disso é perceptível, no período atual, que os estudos referentes ao uso e ocupação do solo atrelados ao sensoriamento remoto, no estabelecimento de análises e encaminhamentos políticos das ações estabelecidas sobre o território, pois, são a partir delas que se compreende o processo de formação das paisagens provenientes dessa apuração. De forma sucinta, é importante frisar que o alinhamento da questão da paisagem, com o uso e ocupação do solo levando em conta o uso do sensoriamento remoto

e SIG, que se destacam como uma importante ferramenta para a compreensão da paisagem e suas mudanças temporais, devido a rapidez da extração dos dados, e a facilidade na qual os modelos podem ser elaborados dentro de recursos computacionais.

Nisso Soares Filho (1998), deixa claro que o primeiro passo na construção de modelos sobre a dinâmica da paisagem, sobre o olhar do sensoriamento remoto e dos SIG, consiste no mapeamento dos padrões mutáveis de determinada área, levando em conta, no ambiente do sensoriamento remoto, a utilização de fotografias aéreas, satélites orbitais que após serem submetidas a interface SIG, podem revelar muitas informações sobre a superfície da Terra.

De acordo com Rees (1990), Lillesand e Kiefer (1994) o sensoriamento remoto é a ciência e a arte de obter informações através da análise de dados adquiridos por um dispositivo (sensor) que está sem contato direto com o objeto (alvo) área ou fenômeno sob investigação. Com isso as informações coletadas diante das observações da superfície podem fornecer diversas análises sobre os objetos que estão sendo investigados, que posteriormente processados por softwares especializados revelam a dinâmica da paisagem e uso e ocupação do solo.

Com isso o sensoriamento remoto torna possível a observação dos elementos de forma primária, na qual se observam os objetos primeiramente para a obtenção das informações sobre a superfície e, posteriormente, são processadas e armazenadas para interpretação dentro de ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) onde se constrói a base de informações para interpretações do uso e ocupação do solo.

Para Taylor (1991), Raper e Maguire (1992) e Lisboa Filho (1995), o SIG (Sistema de Informações Geográficas) é compreendido como recurso computacional que é capaz de capturar, armazenar, consultar, manipular e exibir dados georreferenciados sobre a superfície da Terra, dessa forma, pode se dizer que dentro do SIG o geoprocessamento dos dados torna possível enxergar o resultado da interpretação dos objetos sobre determinada área, pois é através dele que as informações obtidas podem ser confrontadas determinando, através dessa confrontação, o planejamento de ações para o uso e ocupação do solo de forma quantitativa e qualitativa.

Nesse sentido, Lisboa Filho (1995) afirma que o uso do SIG é muito importante devido à complexidade de áreas de atuação que podem utilizá-lo, principalmente na interpretação do uso e ocupação do solo e na capacidade de gerar dados para interpreta-

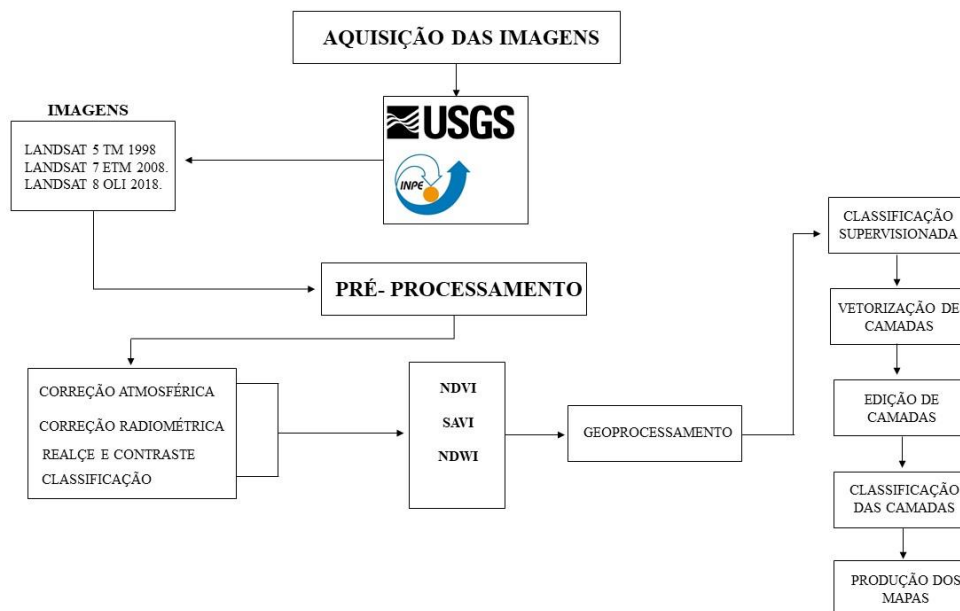
lo ao longo do tempo tornando possível traçar estratégias para melhor planejamento das ações.

Complementando o descrito, para Soares Filho (1998), os SIGs podem revelar as mudanças implementadas na paisagem na qual, podem ser quantificadas e sobrepostas levando em consideração diversos períodos através da integração dos dados onde se obtém os comportamentos dos vários elementos da superfície e suas evoluções.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho seguiu etapas e processos utilizando técnicas de sensoriamento remoto estabelecidas por meios computacionais no ambiente SIG (*Sistema de Informações Geográficas*). Os dados extraídos e organizados em ambiente SIG obtiveram resultados do uso e ocupação do solo no Município de Mossoró durante o período de 1998-2008-2018. O organograma abaixo (Figura 1) mostra as etapas e processos estabelecidos neste trabalho.

Figura 1: Organograma com as etapas da metodologia elaborada para este trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.1 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS

As imagens dos satélites LANDSAT 5 TM, LANDSAT 7 ETM+ e LANDSAT 8 OLI, foram adquiridas de forma livre no site do Serviço Geológico do Estados Unidos – USGS e complementadas pelas imagens disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Todas as cenas foram coletadas na plataforma *Earth Explorer* do USGS e DGI do INPE. Para este estudo estão listadas, detalhadamente, na tabela 1, as informações das imagens utilizadas neste estudo.

Tabela 1. Informações metadados das imagens utilizadas neste estudo.

SATÉLITE	DATA	ÓRBITA	ROTA	FONTE	RESOLUÇÃO ESPACIAL
LANDSAT 5 TM (Thematic Mapper)	01/03/1998	WRS PATH 224	WRS ROW 63	* INPE ¹ (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)	30M
			WRS ROW 64		
			UNIDADE PROJEÇÃO		
	Metros	UTM	WGS 84	24 S	
LANDSAT 7 ETM + (Enhanced Thematic Mapper Plus)	13/03/2008	WRS PATH 224	WRS ROW 63	USGS (United States Geological Survey)	30M
			WRS ROW 64		
			UNIDADE PROJEÇÃO		
	Metros	UTM	WGS 84	24 S	
LANDSAT 8 OLI (Operational Land Imager)	13/03/2018	WRS PATH 224	WRS ROW 63	USGS (United States Geological Survey) INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)	30M
			WRS ROW 64		
			UNIDADE PROJEÇÃO		
	Metros	UTM	WGS 84	24 S	

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

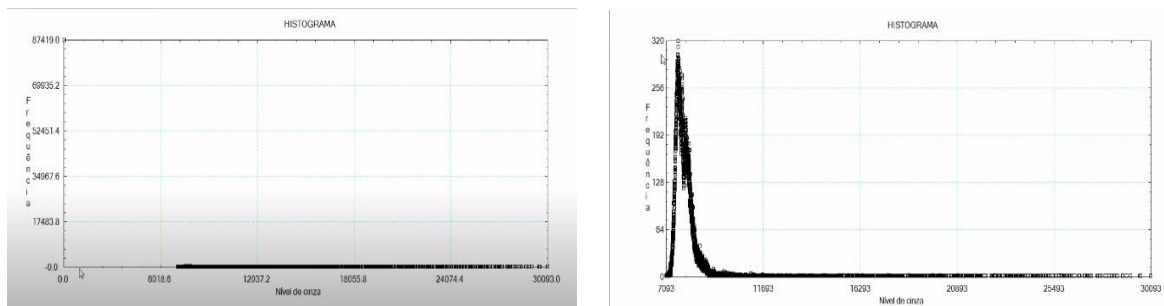
3.2 PRÉ-PROCESSAMENTO

Nesta etapa as imagens foram descarregadas no *software* INPE SPRING® 5.5.5, onde passaram por intervenção para melhoramento das cenas, sendo submetidas a correção atmosférica, que serviu para retirar as interferências de nuvens e aerossóis. Já a correção radiométrica foi realizada tendo em vista que a composição química da atmosfera pode gerar interferências e ruídos nas imagens que podem atrapalhar a geração dos dados (LATORRE et al. 2002; WEISS et al. 2015). Diante disso, foi trabalhado dentro

¹ Para o período correspondente a 1998, foram utilizadas imagens do INPE, devido a qualidade ser superior ao apresentado pelo USGS.

do SPRING® 5.5.5 a alteração dos níveis de cinza, que na imagem de entrada concentrava um número muito alto (Figura 2) e equilibrando esses níveis da imagem para diminuição das interferências atmosféricas.

Figura 2. Exemplo aplicado nas imagens Landsat para correção dos níveis de cinza .



Fonte: Adaptado pelo autor, (2020)

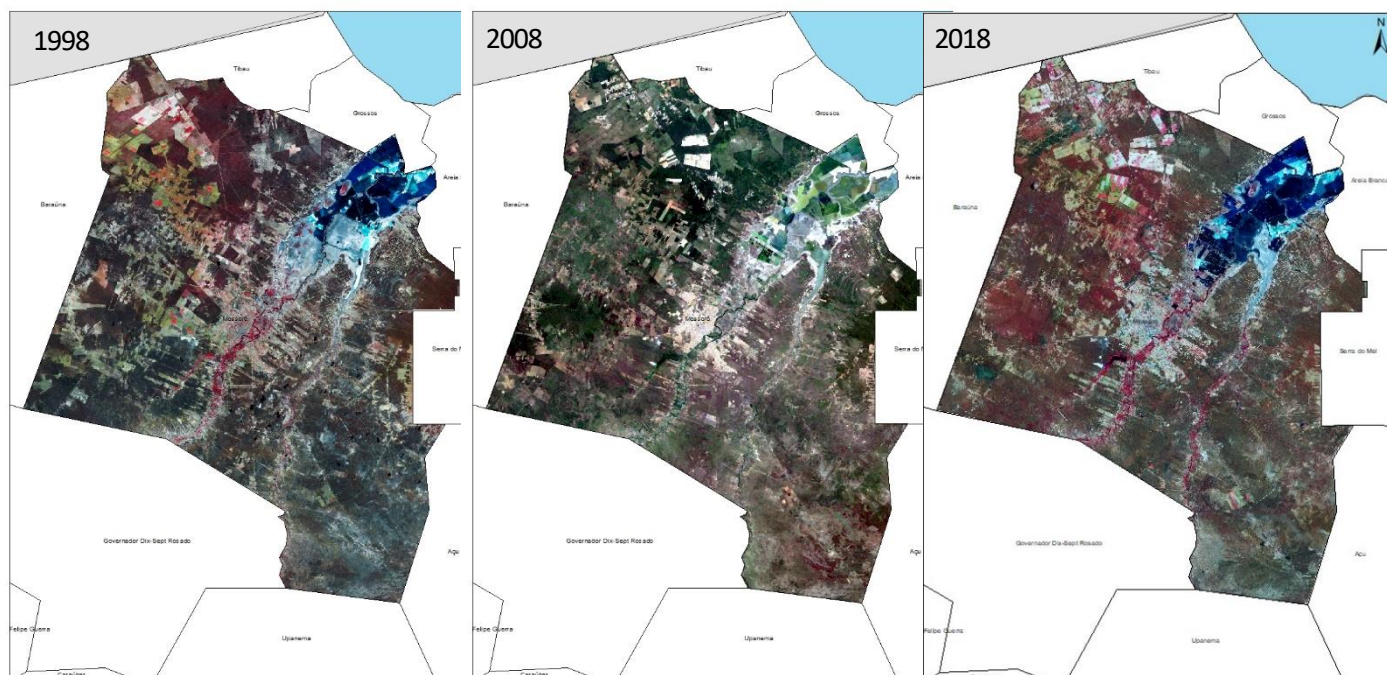
A correção atmosférica foi realizada utilizando o método de DOS (*Dark Object Subtraction*) (CHAVES, 1988) que consiste em corrigir e subtrair dos objetos negros e cinza causados pelas interferências atmosféricas na imagem.

A correção radiométrica assim como na atmosférica foi realizada utilizando software INPE SPRING®, onde de forma automática foi transformado o tamanho do pixel da imagem Landsat 5 e 7 de 16 bits para 8 bits. No software SPRING 5.5.5 ao importarmos as imagens podemos fazer a conversão para 8 bits na qual o software oferece 3 algoritmos que é 2%, estatístico e linear.

Sendo as imagens submetidas ao método estatístico disponível no SPRING® 5.5.5 que consiste em estabelecer uma variável de 2.2 desvios padrões que simula um teste empírico de alteração do histograma de uma imagem, ou seja, o histograma de uma imagem é modificado até chegar ao equivalente entre as duas imagens.

Após este processo foi produzido uma composição das bandas que seriam utilizadas para a produção dos índices NDVI, SAVI e NDWI, devido ao município de Mossoró ser dividido em órbitas pelo Landsat, sendo cada cena produzida pelas duas órbitas juntadas numa só pelo método de mosaico de imagens, conforme a figura 3.

Figura 3. Composição de bandas de imagens utilizadas no trabalho ano 1998, 2008 e 2018.



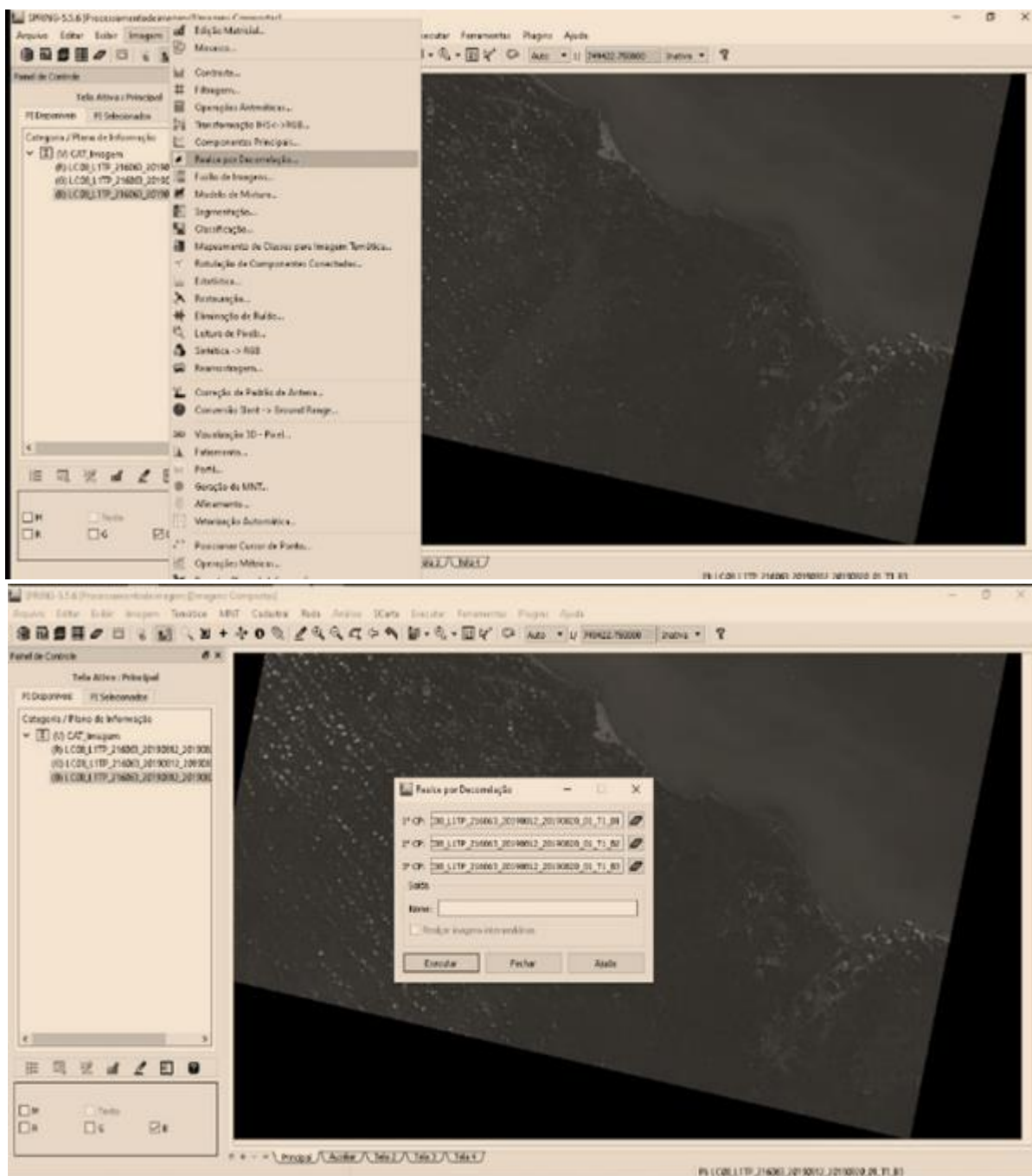
Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

3.3 REALÇE E CONTRASTE

Foi realizado, dentro do software INPE SPRING® 5.5.5, o trabalho de realce e contraste das cenas produzidas, que visou melhorar a qualidade das imagens.

No realce as imagens foram submetidas no software sobre a ferramenta realce por correlação, que se resume a aproximação e intensidade do pixel correspondente ao pixel da outra imagem. Isso foi realizado devido à área de estudo localizar-se sobre duas órbitas diferentes do satélite Landsat para a correção de qualquer erro. A figura 4, abaixo, mostra como é realizado este processo no software.

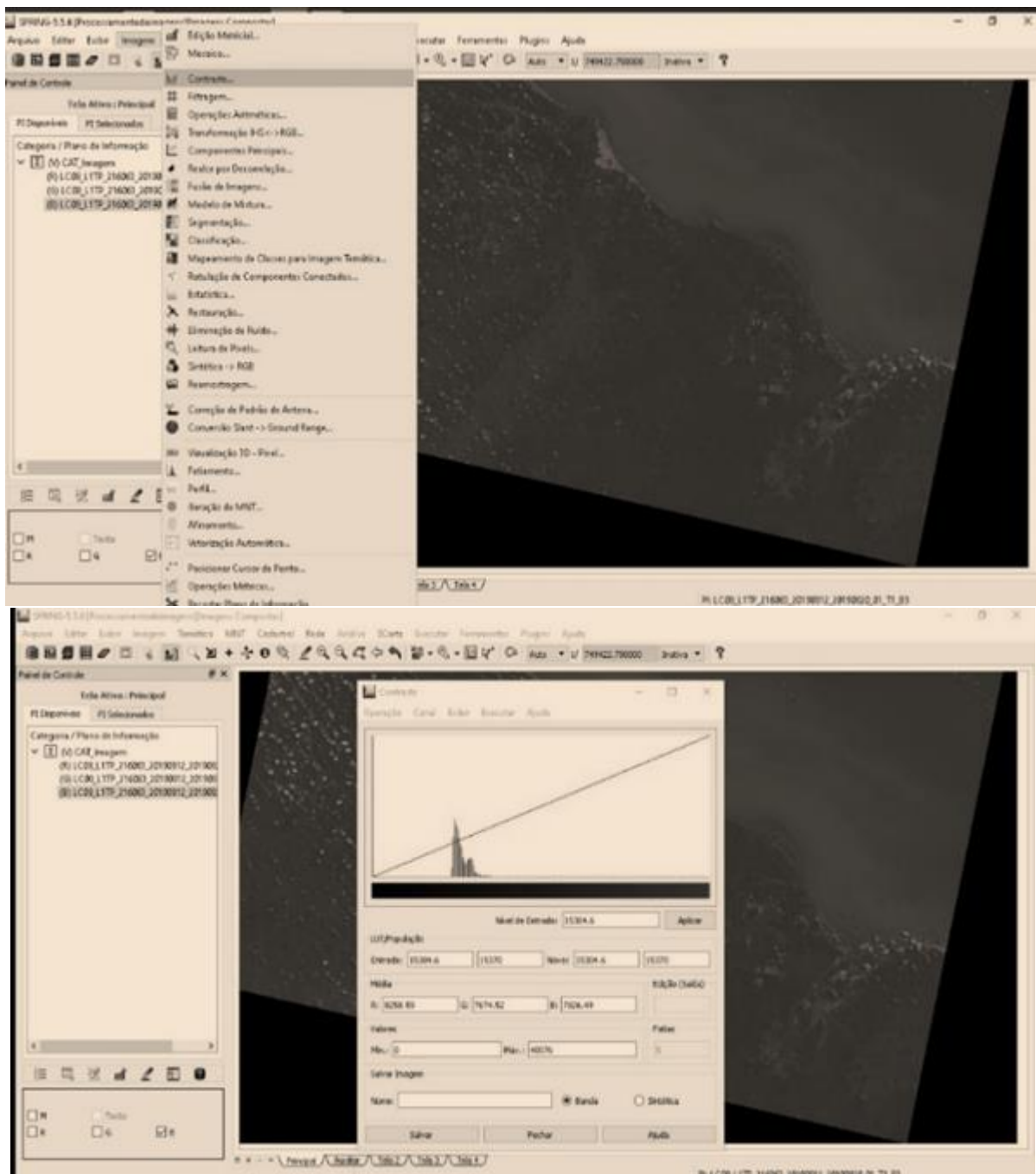
Figura 4. Procedimento no software SPRING para realce.



Fonte: Adaptado pelo autor, (2020).

Já o processo de contraste foi realizado fazendo manipulações no histograma da imagem, na barra superior do software, no menu Imagem > Contraste. A partir daí, pode-se fazer alterações que possibilitem uma melhor visualização da imagem referente a cores. Na figura 5, está representado o caminho das ferramentas para este procedimento.

Figura 5: Procedimento realizado no SPRING para realce das imagens.



Fonte: Adaptado pelo autor, (2020).

3.4 CLASSIFICAÇÃO

A classificação das imagens foi o processo de produção dos índices NDVI, SAVI e NDWI utilizando o software ESRI ArcGis® 10.1, produzidos na ferramenta calculadora raster, levando em conta as equações que os estabelecem conforme o exemplificado abaixo.

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), Rouse et al (1973), foi estabelecido no ESRI ArcGis® 10.2 utilizando a fórmula abaixo sendo;

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

NIR (infravermelho próximo) – (vermelho)

NIR (infravermelho próximo) + (vermelho)

Já o SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) (Huete, 1988) foi estabelecido segundo a fórmula abaixo, na qual pode-se verificar a influência e o realce do solo de acordo com os dados da imagem utilizando esta constante.

$$SAVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R + L)} \times (1 + L) \quad \times (1 + 0,25)$$

NIR (infravermelho próximo) – (vermelho)

NIR (infravermelho próximo) + (vermelho)

Conforme Huete (1988), o valor de L correspondente a 0,25 é indicado para vegetação densa; 0,5 para vegetação intermediária; e, 1 para vegetação aberta. Quando o valor do SAVI for igual a 0, os valores tornam-se iguais aos valores do NDVI. Portanto nesse caso utilizamos para a constante L o valor de 0,5, conforme Ribeiro et al. (2016), Silva et al. (2019) e Oliveira (2020). Já o NDWI, de acordo com Mc Feeters (1996) segue o mesmo raciocínio dos índices NDVI e SAVI, utilizando as fórmulas com as seguintes bandas.

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

Banda Verde – Infravermelho próximo

Banda Verde + Infravermelho próximo

3.5 GEOPROCESSAMENTO

Após estes procedimentos, as imagens foram submetidas a classificação supervisionada no ESRI ArcGis® 10.1 utilizando o método de classificação por distância Euclidiana implementada conforme Santos (2010) e Silva (2014), dado pela fórmula

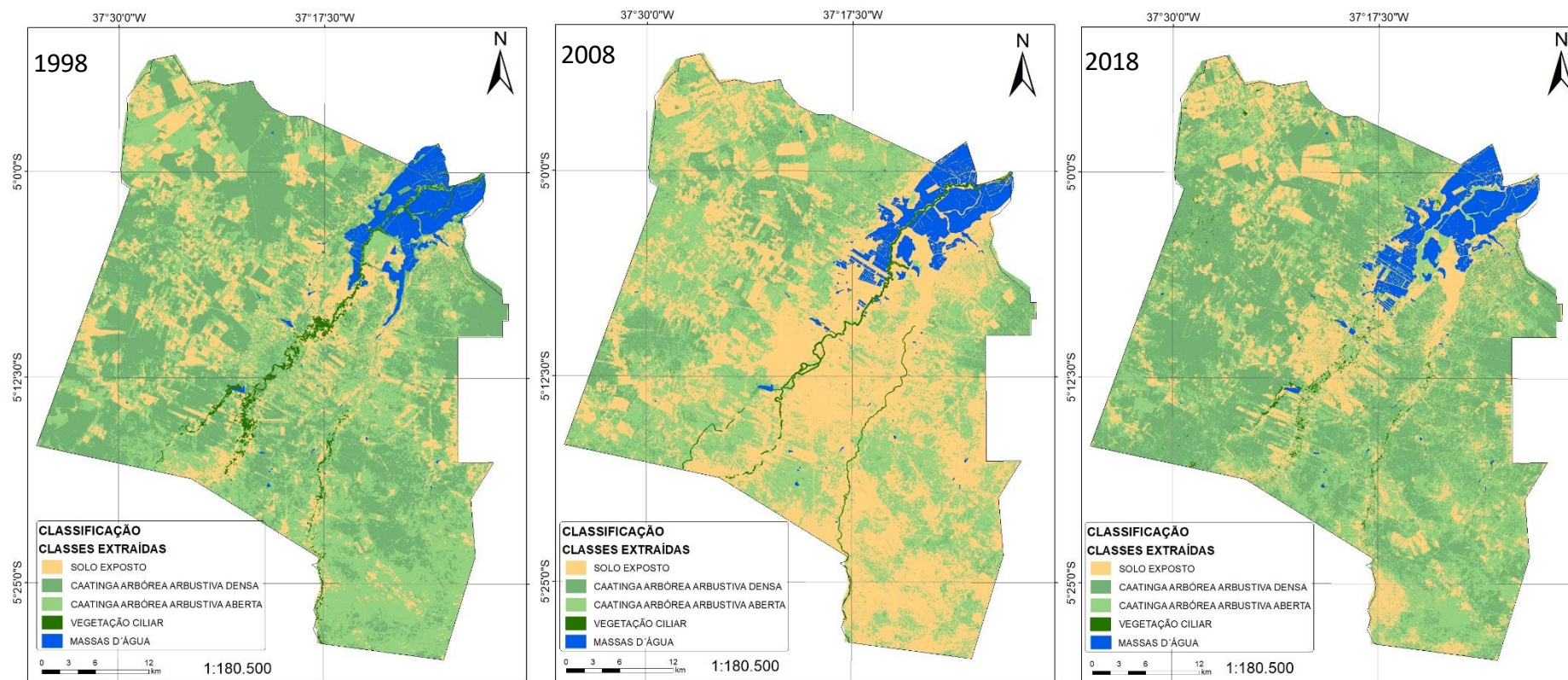
$$D(x, m) = (x^2 - m^2)^{1/2}$$

Onde: x = pixel que está sendo testado

m = média de um agrupamento.

Este método consiste em associar um pixel a determinada classe, na qual a extração dentro do software ESRI ArcGis® 10.1 se deu da interface *classification*, a seleção das classes (figura 6), que através do pixel foi discriminada a camada vetorial que seria representada nas classes do uso e ocupação do solo.

Figura 6. Classes obtidas com o método de classificação Euclidiana para Mossoró ano de 1998, 2008 e 2018.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Após essa etapa de seleção das classes, a imagem foi processada através do método *Interactive Supervised Classification* de forma automática, obtendo as classes de uso e ocupação do solo levando em conta a seleção por pixel ou agrupamento de pixels que apresentarem a menor distância. Esta classificação serviu como base para a redefinição das classes a serem utilizadas neste estudo, que levaram em consideração uma adaptação a partir de IBGE (2013)

3.6 VETORIZAÇÃO DE CAMADAS.

Após processo de classificação supervisionada, as camadas que haviam sido extraídas das informações espectrais da imagem, foram convertidas de formato *Raster* para informações em polígono no formato *shapefile*. Após análises preliminares foram editadas manualmente sobreposta a uma imagem e cor natural outras camadas de cada classe. Nesse processo de vetorização, foram produzidas as classes adaptadas em relação ao Manual técnico do uso da terra (IBGE, 2013) sendo que este documento é aberto a adaptações devido às particularidades de cada local. Com isso a figura 7 abaixo apresenta a classificação do IBGE, e na tabela 2 as classes produzidas no trabalho.

Figura 7. Classes do manual de uso e cobertura da terra IBGE.

1 - Áreas Antrópicas Não Agrícolas	1.1	Áreas Urbanizadas	3 - Áreas de Vegetação Natural	3.1	Área Florestal
	1.2	Áreas de Mineração		3.2	Área Campestre
2 - Áreas Antrópicas Agrícolas	2.1	Culturas Temporárias			
	2.2	Culturas Permanentes			

Fonte: IBGE (2013).

Diante disso, as classes estabelecidas para este estudo estão discriminadas abaixo na tabela 2:

Tabela 2: Classificação produzida para identificação do uso e ocupação do solo Mossoró.

ÁREAS ANTRÓPICAS NÃO AGRÍCOLAS	CÓDIGO R G B
Assentamentos humanos.	245-122-122
Loteamentos	255-211-127
Área de Mineração	255-170-0
Atividade Salineira	0-197-255
Atividade de Carcinicultura	255-127-0
Atividade Petrolífera	115-76-0
ÁREAS ANTRÓPICAS AGRÍCOLAS	
Agricultura Irrigada	76-230-0
Agricultura de sequeiro.	255-211-127
ÁREAS DE VEGETAÇÃO NATURAL	
Caatinga arbórea arbustiva densa	115-178-115
Caatinga arbórea arbustiva aberta.	190-236-148
Vegetação Ciliar	38-115-0
DEMAIS CLASSES	
Massas d'água	0-92-230
Solo exposto	255-235-190

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.7 PROCEDIMENTOS E MÉTODOS UTILIZADOS PARA CLASSIFICAÇÃO.

As imagens utilizadas para o ano de 1998 foram do satélite LANDSAT 5 TM, para o ano de 2008 LANDSAT 7 ETM+ e, para o ano de 2018 LANDSAT 8 OLI, que disponibilizam as seguintes bandas (Tabela 3):

Tabela 3 Características das imagens utilizadas no estudo.

LANDSAT 5 TM (Thematic Mapper)		
BANDAS	Resolução Espectral	Resolução espacial
B1 visível	(0,45 - 0,52 μm)	30 m
B2 visível	(0,52 - 0,60 μm)	30 m
B3 visível	(0,63 - 0,69 μm)	30 m
B4 infravermelho próximo	(0,76 - 0,90 μm)	30 m
B5 infravermelho próximo	(1,55 - 1,75 μm)	30 m

B6 Térmica	(10,40 - 12,50 μm)	120 m
B7 Infravermelho médio	(2,08 - 2,35 μm)	30 m
LANDSAT 7 ETM + (<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i>)		
BANDAS	Resolução Espectral	Resolução espacial
B1 visível	(0,45 - 0,52 μm)	30 m
B2 visível	(0,52 - 0,60 μm)	30 m
B3 visível	(0,63 - 0,69 μm)	30 m
B4 infravermelho próximo	(0,77 - 0,90 μm)	30 m
B5 infravermelho próximo	(1,55 - 1,75 μm)	30 m
B6 Térmica	(10,40 - 12,50 μm)	60 m
B7 Infravermelho médio	(2,08 - 2,35 μm)	30 m
B8 Pancromática (PAN)	(0,52 - 0,90 μm)	15 m
LANDSAT 8 OLI (<i>Operational Land Imager</i>)		
BANDAS	Resolução Espectral	Resolução espacial
B1 visível	(0,43 - 0,45 μm)	30 m
B2 visível	(0,450 - 0,51 μm)	30 m
B3 visível	(0,53 - 0,59 μm)	30 m
B4 visível	(0,64 - 0,67 μm)	30 m
B5 infravermelho próximo	(0,85 - 0,88 μm)	30 m
B6 SWIR 1	(1,57 - 1,65 μm)	30 m
B7 SWIR 2	(2,11 - 2,29 μm)	30 m
B8 Pancromática (PAN)	(0,50 - 0,68 μm)	15 m
B9 Cirrus	(1,36 - 1,38 μm)	30 m

Fonte: Adaptado pelo autor (2020).

3.8 RESUMO DOS PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS.

- 1- Composição das bandas dos Landsat 5 TM, 7 ETM+ e 8 OLI em cor natural e criação do mosaico com imagens das rotas 63 e 64.
- 2- Produção do NDVI utilizando as bandas B4 e B3, para as imagens utilizadas 1998 e 2008 e B5 e B4 para o ano de 2018 nas cenas da órbita-ponto 224 rotas 63 e 64. Este índice foi extraído as informações de vegetação baseado em Francisco et al., (2012) e Silva (2016).
- 3- Elaboração do mosaico das imagens NDVI.
- 4- Produção do SAVI utilizando as bandas B4 e B3 as imagens do ano de 1998 e 2008, B5 e B4 para o ano de 2018 utilizando a constante (0,5) conforme Silva et al., (2015) USGS (2019). Após isso ser feito foi produzido o mosaico das imagens fundindo as duas cenas das rotas 63 e 64 em uma única imagem.
- 5- Produção da imagem de cor natural foi utilizada as bandas B3, B2 e B1, LANDSAT 5, LANDSAT 7 e B4, B3 e B2 LANDSAT 8.

- 6- Produção do NDWI foi elaborado utilizando as Bandas B3 e B5 NIR nas imagens do LANDSAT 7 ETM e LANDSAT 8 OLI. JÁ NO LANDSAT 5 TM foram usadas as Bandas B2 e B4 imagens utilizadas seguiram o mesmo procedimento do NDVI e SAVI nas rotas 63 e 64.
- 7- Extração da vegetação através do NDVI utilizando a classificação supervisionada no software ESRI ArcGis® 10.1 utilizando a interface *classification > Iterative Supervised Classification*, com isso, o software gerou classes de vegetação utilizando o pixel ou conjunto de pixel selecionado pelos dados da imagem.
- 8- Extração do solo exposto através do SAVI, procedimento realizado no software ESRI ArcGis® 10.1 utilizando a interface *classification > Iterative Supervised Classification* processo aplicado igualmente ao que foi com o NDVI.
- 9- Extração das demais classes do uso ocupação utilizando a imagem RGB com as Bandas B3, B2 e B1, LANDSAT 8 B4, B3, B2.
- 10- Edição dos dados, na qual foi realizado o refinamento dos dados vetoriais obtidos pela classificação das imagens.
 - a) União *intersect* (cruzar) no software ESRI ArcGis® 10.1, unindo polígonos de 0,001 e 0,002 ha, extraídos a partir dos dados vetoriais extraídos do NDVI.
 - b) Extração das classes de vegetação, aplicando o processo de *merge* (fundir) no ESRI ArcGis® 10.1, unindo as classes de vegetação em duas classes Arbórea arbustiva densa e arbórea arbustiva aberta, classes com maior predominância.
 - c) União *intersect* (cruzar) no software ESRI ArcGis® 10.1, unindo polígonos de 0,001 e 0,002 há, extraídos do SAVI.
 - d) Extração das classes de vegetação, aplicando o processo de *merge* (fundir) no ESRI ArcGis® 10.1, unindo as classes de solo exposto excluindo as de vegetação, deixando apenas as classes de agricultura de sequeiro e solo exposto.
 - e) Edição dos dados referentes a atividade de mineração, atividade petrolífera, atividade salineira, massas d'água selecionando estes arquivos editando e exportando através dos dados obtidos do NDVI e SAVI.

- f) Vetorização manual das áreas de aglomerados urbanos, devido a não conformidade dos dados de NDVI e SAVI para estas classes.

11- Criação do banco de dados com as informações do uso e ocupação do solo obtidas por estes processos, realizando as edições de refinamento no software ESRI ArcGis® 10.1 refinamento que se seguiu:

- a) Clipagem dos Vetores: cortar as camadas para não haver sobreposição de polígonos.
- b) Eliminação de polígonos de classes com não conformidade com a área verificada na imagem RGB.
- c) Cálculo das áreas.

12- Criação dos mapas temáticos.

- a) Folha 406x600 milímetros, em escala de 1:250.000.

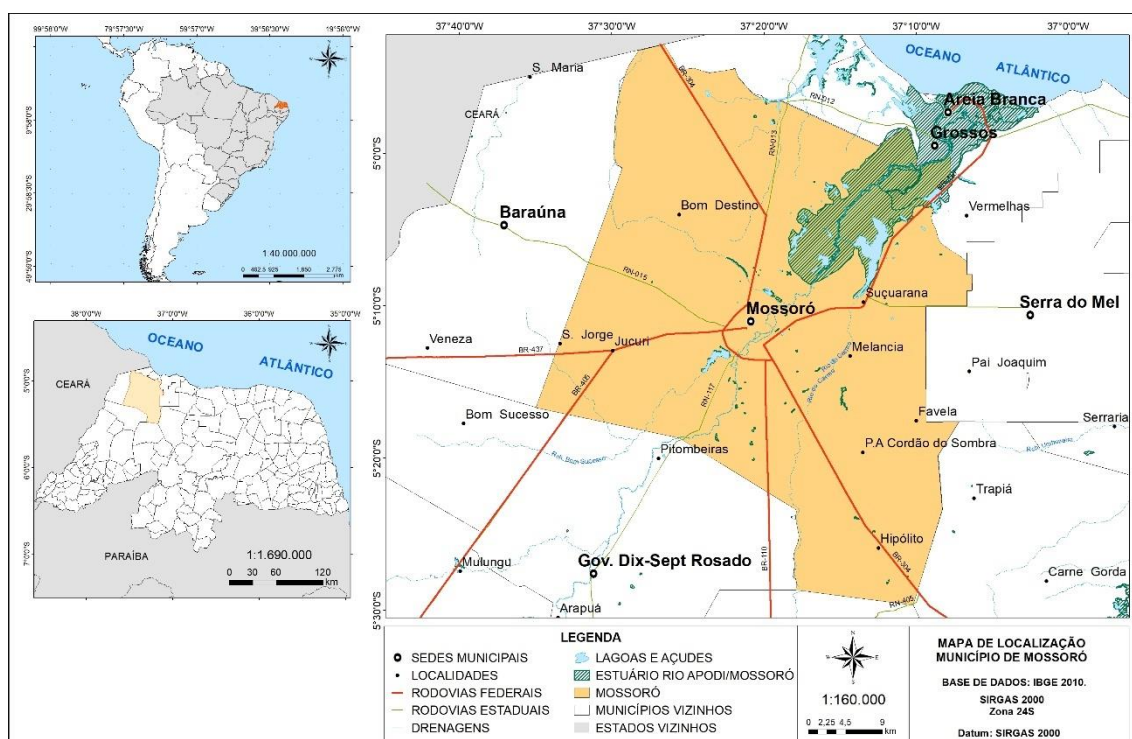
Todas as imagens dos anos de 1998, 2008 e 2018 passaram pelo mesmo procedimento.

CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ/RN

O município de Mossoró se localiza na mesorregião Oeste do estado do Rio Grande do Norte, distante 290 km da capital do estado Natal, com área total de 2.100,17 km² (IBGE, 2018), onde se insere como um dos maiores municípios em área territorial do estado.

Figura 8. Mapa de Localização do Município de Mossoró.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

4.2 GEOLOGIA

Mossoró localiza-se sobre uma das mais importantes províncias geológicas do Brasil, a Província Borborema, e está assentado sobre a Bacia Potiguar que, de acordo com Maia e Bezerra (2015), é resultado de ações tectônicas, do clima e de processos eustáticos provenientes da placa sul-americana. Estes processos ocorridos na formação da Bacia Potiguar durante o Mesozoico, com a separação da América do Sul e África (MATOS, 2000), e a evolução de feições hoje identificadas, principalmente, durante o

Cenozoico (BEZERRA e VITA-FINZI, 2000) como a deposição de sedimentos aluviais e de depósitos eólicos e marinhos, nas bordas da linha da costa brasileira, dando origem aos sedimentos do grupo Barreiras (BARRETO et al., 2004).

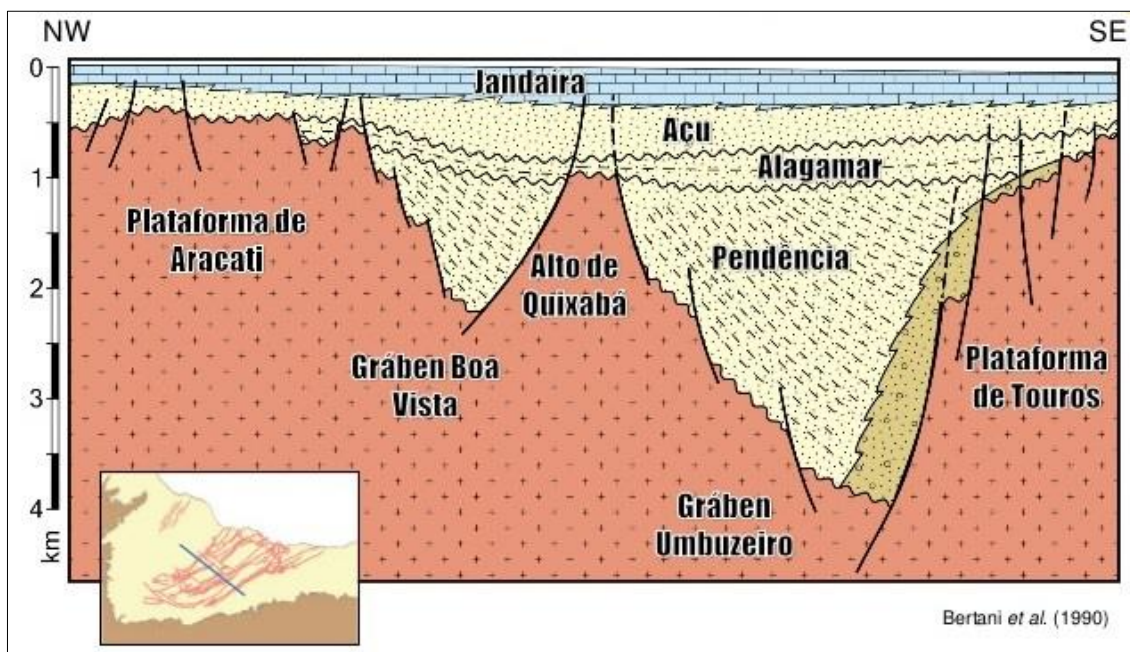
O condicionamento estrutural da bacia na área do município de Mossoró apresenta o arcabouço de parte do *Rift* apresentando diversas falhas oriundas principalmente do processo de separação continental onde foram identificadas três sequências denominadas de Sin-rifte I, Sin-rifte II e pós-rifte (MATOS, 1999).

De acordo com Pessoa Neto et al. (2007), o registro estratigráfico da Bacia Potiguar permite a definição de três super tectono-sequências: uma sequência rifte, formada no Cretáceo Inferior (Berrisaiano ao Aptiano Inferior), uma sequência pós-rifte, formada durante o andar Alagoas, e uma sequência drifte formada do Albiano ao Recente. Para o autor as sequências seguem as seguintes fases:

1. A fase Rifte, caracterizada pelo estiramento crustal com subsidência mecânica, com a formação de grábens assimétricos e altos internos na porção *onshore* com direção geral NE-SW.
2. A fase pós-rifte, corresponde à implantação do regime transcorrente/transformante na região da futura margem continental, a partir da mudança na cinemática do rifte.
3. A fase Drifte, caracterizada pela subsidência térmica, quando ocorreu uma mudança dos sistemas deposicionais de continentais para marinhos.

Estas fases de sedimentação em ambientes flúvio-deltáicos e lacustres, em primeira fase, que ocorreu durante o Berriasiano superior, com a segunda fase ocorrendo em regime transcorrente/transformante, durante o Aptiano Superior, sendo a última fase de drifte caracterizando folhelhos e carbonatos da Formação Jandaíra durante o Campiniano (PESSOA NETO et al., 2007). A figura 9 mostra como estão configuradas as sequências sedimentares e o padrão estrutural nessa parte da bacia.

Figura 9. Arcabouço estrutural de parte da Bacia Potiguar na porção que compreende o Município de Mossoró.

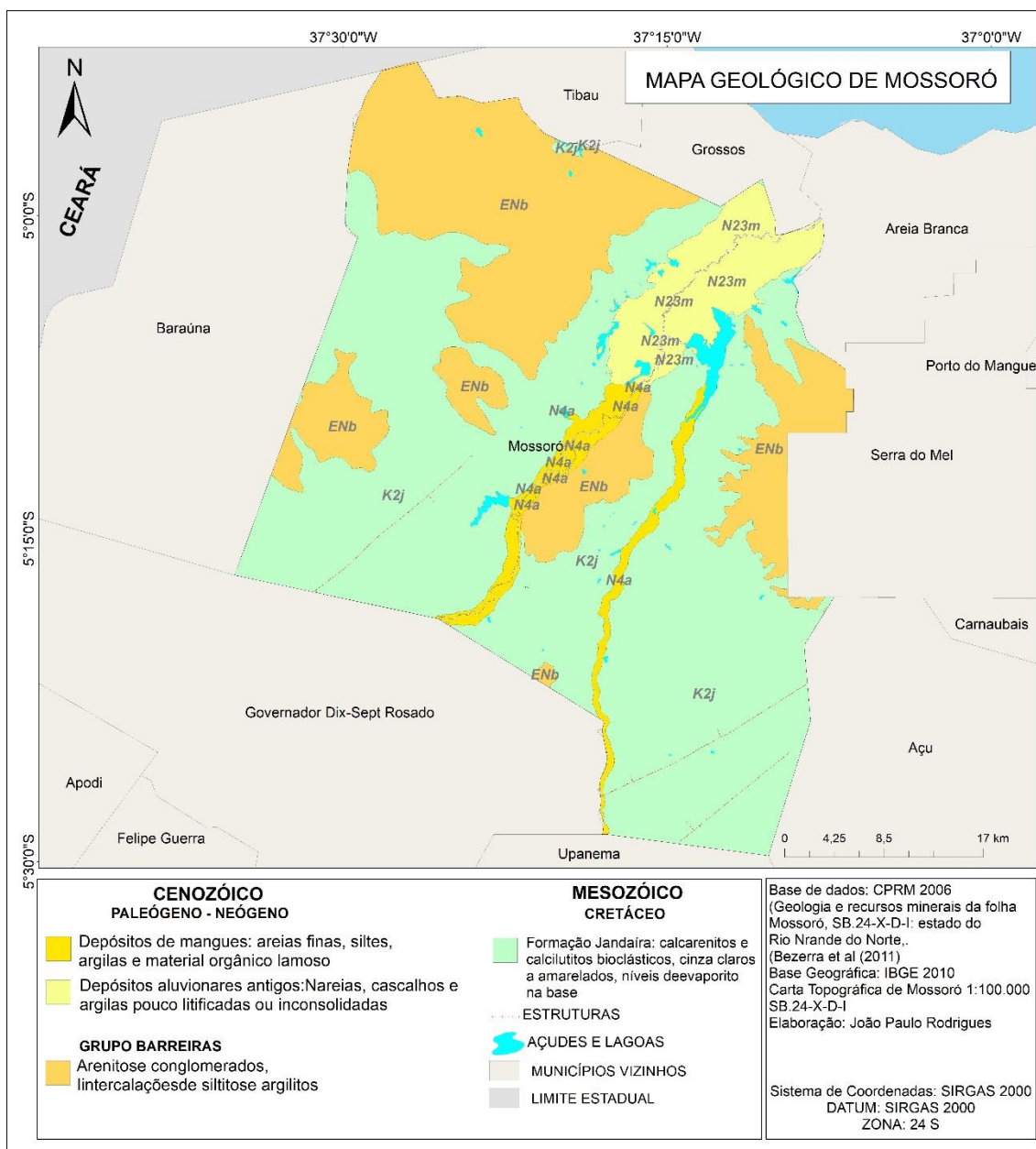


Fonte: Bertani et al. (1990).

As unidades litoestratigráficas encontradas no município de Mossoró (figura 10) se configuram, como uma variedade de sedimentos dividindo-se como; formação Jandaíra (Kj2) datada do Cretáceo, oriunda de sedimentação em plataforma de mar raso (TIBANA e TERRA, 1981), onde a precipitação do carbonato de cálcio deu origem a várias camadas de rocha calcária. O grupo Barreiras (ENb) que se configura como sedimentos terrígenos continentais e marinhos, de acordo com Arai (2006) e Suguio (1999), de idade miocênica, oriundo de processos de erosão após soerguimentos cíclicos da plataforma sulamericana, no final do Cretáceo (CECERO, 1997).

Os depósitos de mangue (N23m) são influenciados pela ação das marés de sizígia que adentram a planície fluviomarinha; já os depósitos aluvionares (N4a) são influenciados pelo transporte de sedimentos pelos rios (CPRM, 2006).

Figura 10. Mapa Geológico do Município de Mossoró.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020), baseado em CPRM, (2006).

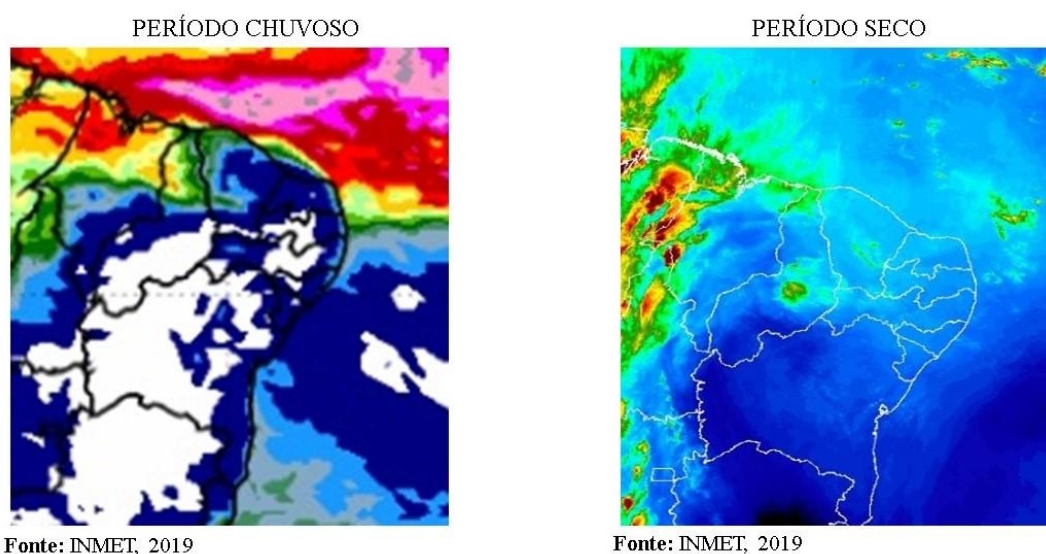
4.3 CLIMA

O Município de Mossoró está localizado dentro do polígono das secas, onde predomina o clima semiárido (NIMER, 1977). Segundo a classificação de Koppen, o clima predominante é quente, do tipo BSW'h', com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca (figura 11) onde a pluviosidade é inteiramente influenciada pela Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, com regime de chuvas concentrado entre os 3 a 4 meses iniciais do ano, com o restante do ano seco (INMET, 2018).

Essa condição de acordo com Nimer (1977) não propicia variações nas temperaturas que se caracterizam como altas o ano todo e pluviosidade baixa, apesar de estar próximo ao Oceano Atlântico, que impõe pouca influência nas variações térmicas e de pluviosidade na área, caracterizado pelo litoral semiárido.

Em se tratando das altas temperaturas, a localização latitudinal de Mossoró, em torno de 5°S, possibilita alta isolação anual que, de acordo com Nimer (1977), a alta isolação nessas áreas onde se corresponde latitudes baixas da zona intertropical é que torna as variações entre as estações do ano pouco definidas.

Figura 11. ZCIT apresentada em dois períodos do ano onde Mossoró está inserido.

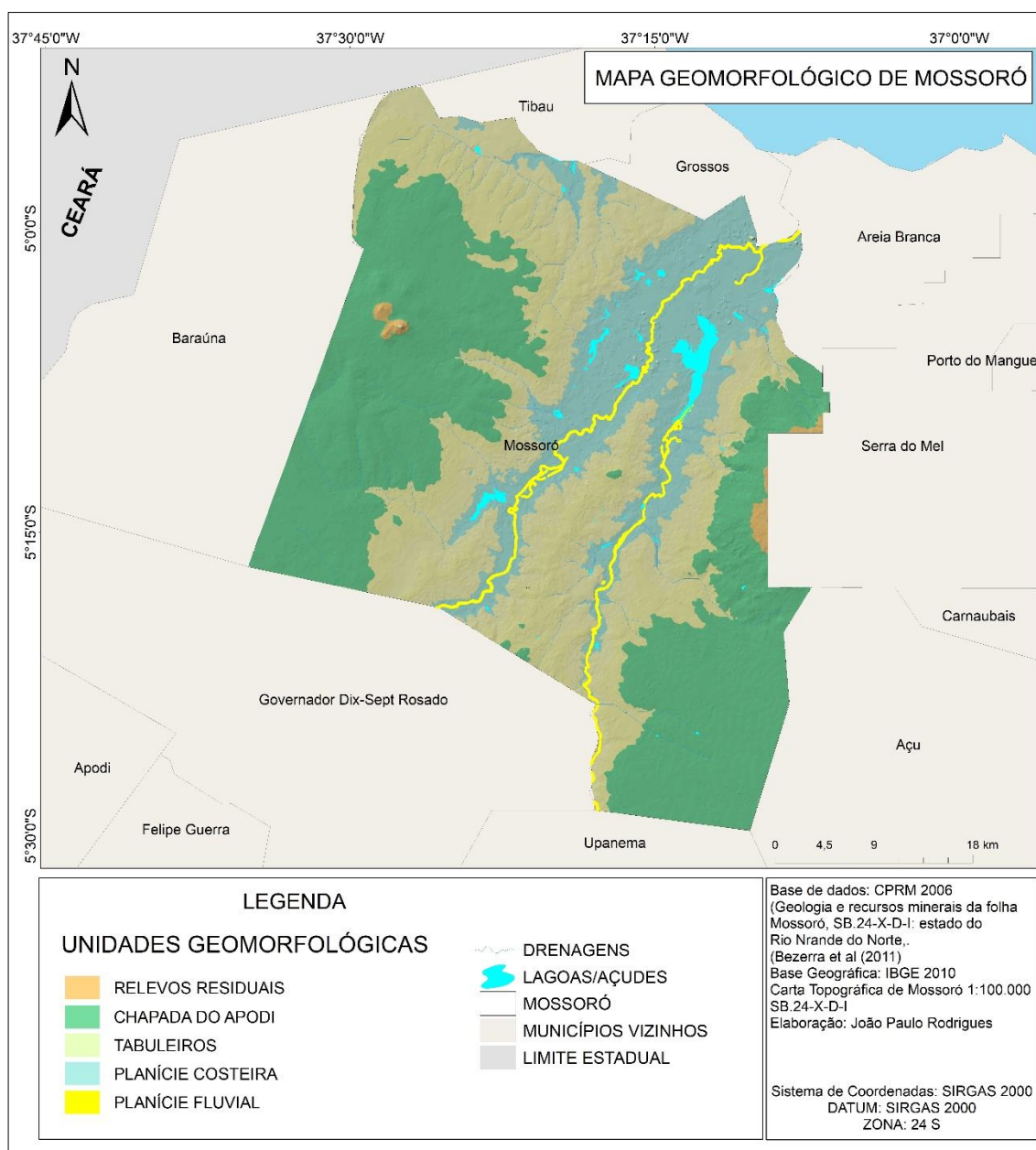


4.4 GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia na área que compreende o município de Mossoró é representada atualmente, segundo as classificações que foram impostas ao estado do Rio Grande do Norte, com as seguintes unidades: planície fluviomarinha, planície fluvial, relevos estruturais, tabuleiros costeiros e chapada do Apodi (ROCHA et al., 2009; MAIA, 2012; DINIZ et al., 2017). Apesar de algumas classificações do relevo apresentarem para área tabuleiros costeiros setentrionais, tabuleiros interiores e chapada do Apodi, e parte da planície costeira, que se enquadram dentro da unidade morfoescultural das bacias sedimentares marginais (DINIZ et al., 2017). Em outra classificação geomorfológica, ocorrem na área os Baixos Platôs da Bacia Potiguar e os Tabuleiros Costeiros (DANTAS e FERREIRA, 2010).

Apesar de bastante complexas, as classificações já apresentadas seguem padrões quanto à forma, e são importantes para a representação de unidades de relevo em escalas menores, sendo que a representação de elementos geomorfológicos, para o município de Mossoró ser compreendido que para efeitos deste estudo, foi elaborado um mapa (figura 12) a escala do município de Mossoró para representar o relevo levando em consideração o descrito por Diniz et al., (2017) e Dantas e Ferreira (2010) tendo em vista essa concepção, as unidades geomorfológicas representados no município de Mossoró seriam;

Figura 12. Mapa de Unidades Geomorfológicas Município de Mossoró.

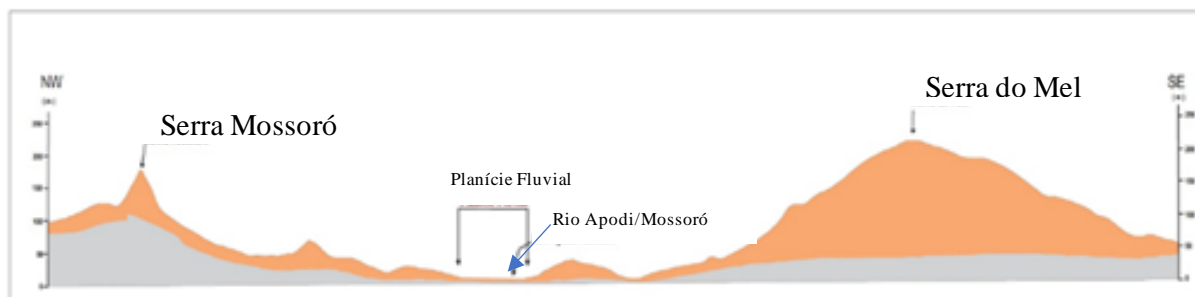


Fonte: Adaptado pelo autor (2020), a partir SRTM, Diniz et al, (2017) e Dantas e Ferreira (2010).

A classificação que se busca estabelecer para o recorte (Figura 15) de Mossoró apresenta como definição a altimetria das unidades e litologia na representação como sendo; relevos residuais, que são representados nas cotas altimétricas de até 270 m e testemunhos de erosão, contendo sedimentos de períodos diferentes soerguidos por eventos tectônicos; Chapada do Apodi, área que compreende a altimetria de até no máximo 180m. Já os tabuleiros com altitude máxima 150m se contrastam com as planícies fluviais que vão de aproximadamente de 0 a 5m, seguindo os cursos dos rios.

Segundo Maia (2012), a esculturação do relevo da área teve influências principalmente tectônicas, que soergueram sedimentos mudando o curso de rios, o que pode ser evidenciado com as elevações da Serra Mossoró e Serra do Mel (Figura 13). Bezerra et al., (2014) nos estudos da folha Jaguaribe afirmam que o condicionamento de toda a dinâmica do rio Apodi/Mossoró, durante o cenozóico, induzindo o seu trabalho de retalhar os sedimentos da formação Jandaíra, em seu curso rumo ao oceano.

Figura 13. Vale do Rio Apodi/Mossoró.



Fonte: Adaptado de Bezerra et al. 2014.

Além disso, a presença de carstes na formação Jandaíra, revela também que as mudanças climáticas ao longo do tempo, junto com eventos tectônicos, apresentaram mudanças no comportamento dos lençóis freáticos, que induziram a presença de cavernas sobre os sedimentos da formação Jandaíra. Essas mudanças de clima, também são apresentadas com variações dos níveis eustáticos do oceano, que influenciaram na erosão de sedimentos do Grupo Barreiras (MAIA e BEZERRA, 2015).

4.5 SOLOS (PEDOLOGIA)

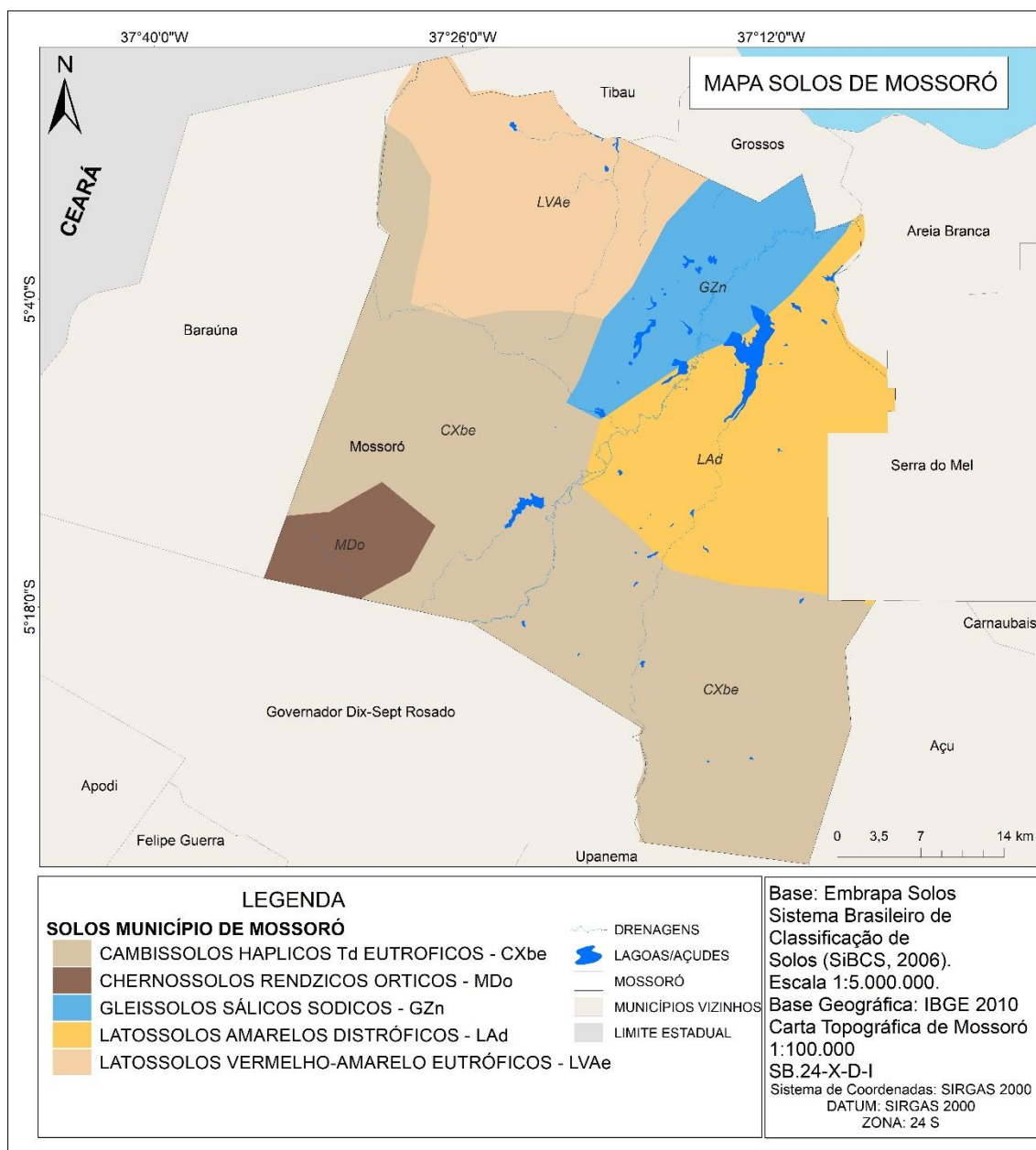
De acordo com a classificação de solos da EMBRAPA (2006), no município de Mossoró se destacam cinco tipos de solos que são; os cambissolos háplicos Tb eutróficos, chernissolos rendzicos órticos, gleissolos sálicos sódicos, latossolos amarelos distróficos e latossolos vermelho-amarelo eutróficos conforme a figura 14.

De acordo com a EMBRAPA (2006), cambissolos háplicos Tb eutróficos, derivado principalmente pela presença de carbonato de cálcio, se destacando como solos com argila de baixa atividade e com alta fertilidade. Os Chernissolos rendzicos órticos são caracterizados de acordo com a EMBRAPA (2006) como sendo solos que apresentam camada superficial rica em matéria orgânica apresentando um alto teor de nutrientes que distingue esse tipo de solo com fertilidade alta. Apesar disso é um solo susceptível ao risco de erosão muito alta nas áreas onde o relevo propicie uma drenagem mais forte. O gleissolos sálicos sódicos, normalmente se apresenta no município de Mossoró nas áreas de planície costeira (figura 12), se destaca áreas de relevo plano onde a influência das marés, na foz do rio Apodi/Mossoró. É encontrado nas áreas onde ao ser exposto recebe uma concentração de sal muito alta. Esse alto teor de sal segundo EMBRAPA (2006) torna esse solo tóxico para a maioria das plantas, e dispersão de argilas e elementos fundamentais para a sobrevivência das plantas.

Os latossolos amarelos distróficos, se destacam como solos compostos de materiais argilosos ou areno-argilosos baseados em processos sedimentares, que se desenvolvem no município de Mossoró nas áreas de formações sedimentares que na área são sedimentos do Grupo Barreiras. São solos de aparência amarelada, muito argilosos com boa permeabilidade, mas apresenta baixa fertilidade (EMBRAPA, 2006).

Os latossolos vermelho-amarelo eutróficos, distinguem-se como solos de alta fertilidade, muito profundos e uniformes quanto a cor. Se desenvolvem em áreas no município de Mossoró principalmente de relevo plano e ondulado na Chapada do Apodi e nos tabuleiros.

Figura 14. Mapa de solos do Município de Mossoró.

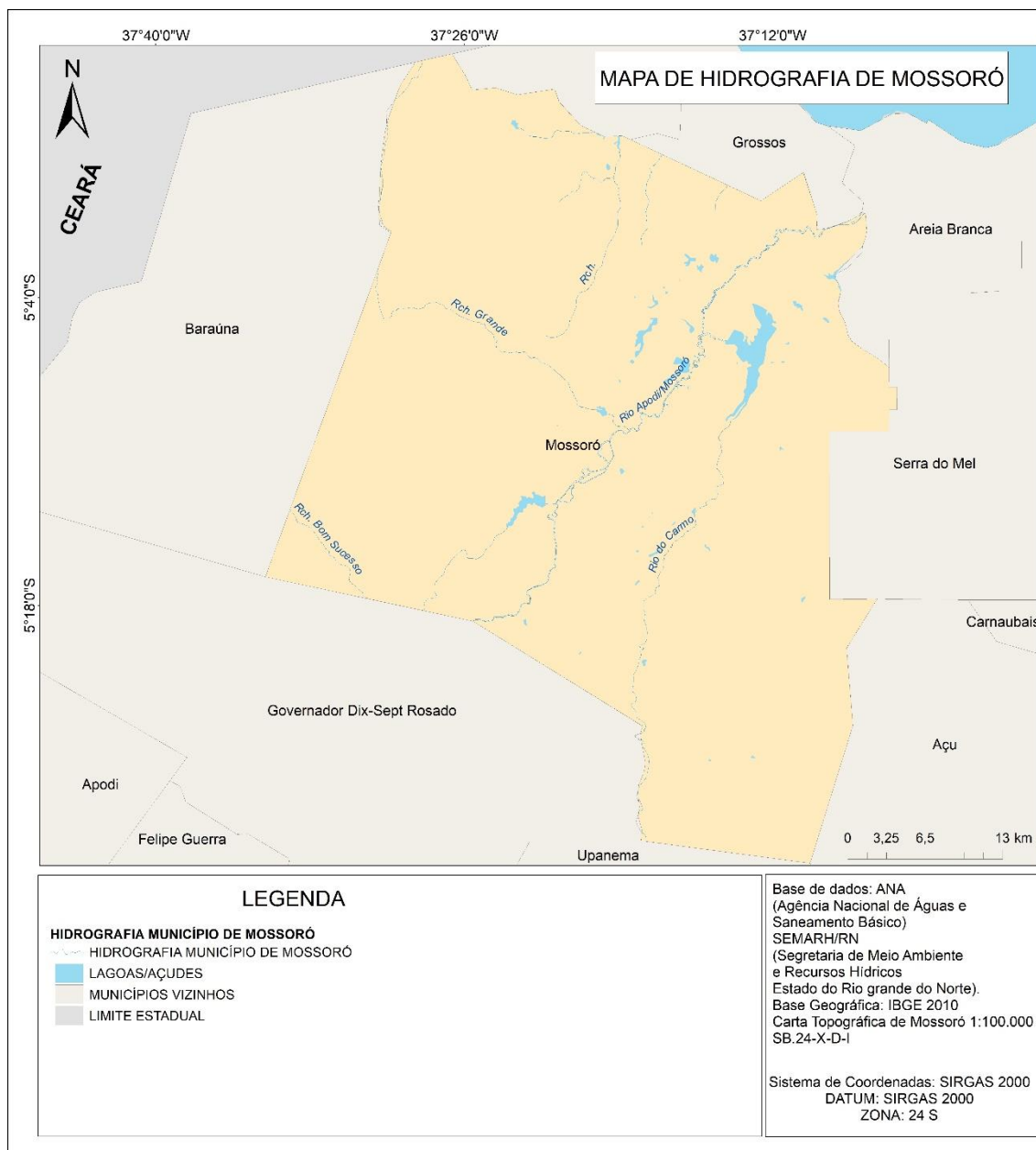


Fonte: Elaborado pelo autor baseado em EMBRAPA, (2006).

4.6 HIDROGRAFIA

Toda a rede de drenagem do município de Mossoró (figura 15) está inteiramente inserida na bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró. As drenagens correspondentes dessa bacia no município de Mossoró, de acordo com Maia (2021), estão inseridas no curso inferior do rio apodi/Mossoró, onde vales alinhados na direção NE-SW cortam os sedimentos mesozóicos da Formação Açú e Formação Jandaíra (MAIA, 2021 p. 12).

Figura 15. Mapa de hidrografia do Município de Mossoró.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O rio Apodi/Mossoró possui um trajeto de aproximadamente 296 km de extensão, desde sua nascente, localizada no município de Luis Gomes, até sua foz no Oceano Atlântico (LEMOS FILHO et al., 2021). De acordo com os levantamentos realizados utilizando o SIG (Sistema de Informações Geográficas) com o auxílio de dados da Secretaria de meio ambiente e recursos hídricos do Estado do Rio Grande do Norte (SEMARH) e agência nacional de águas e saneamento básico (ANA) o rio

Apodi/Mossoró possui 174 km de distância desde a divisa do município de Mossoró com o município de Governador Dix Sept Rosado até sua foz no oceano atlântico. Já o rio do Carmo um importante afluente do rio Apodi/Mossoró possui 41,05 km desde a divisa dos municípios até desembocar no rio Apodi/Mossoró.

O padrão de drenagem nessa parte é criptorréica (LEMOS FILHO et al., 2021) devido ao seu contato com áreas de rochas sedimentares principalmente carbonáticas da Bacia Potiguar. Devido ao clima semiárido, a intermitência dos rios que fluem somente durante a estação chuvosa, o volume de água que essa bacia possui varia bastante em decorrência do clima (MEDEIROS et al., 2018).

4.7 VEGETAÇÃO

O município de Mossoró por está situado na região Nordeste do Brasil onde predomina o clima semiárido na qual o bioma predominante é a caatinga, que compartilha as características fitofisionômicas deste bioma sobre sua área. De acordo com o MMA, (2014) o bioma apresenta uma grande variedade paisagística com grande número de espécies lenhosas e herbáceas com pequeno porte com grande parte desenvolvendo espinhos, e apresentando a caducifólia na qual perdem suas folhas durante a estação seca. Além das espécies lenhosas e herbáceas a caatinga apresenta cactáceas e bromeliáceas (DRUMOND et al., 2000), na qual constituem grande parte da fitofisionomia deste bioma.

No município predomina um tipo de caatinga chamado hiperxerófila, vegetação de caráter bem mais seco, com baixa estatura das plantas e mais espalhado (IDEMA, 2008; ALVES, et al., 2017) estas características predominam na composição da cobertura da vegetação da caatinga em áreas mais preservadas, se caracterizando por uma diversidade maior de espécies, quanto em áreas degradadas por atividades antrópicas caracterizadas em porções de vegetação nativa bem mais abertas e com pouca distribuição, onde se destaca espécies secundárias e invasoras, mostrando o nível de degradação dessa fisionomia de caatinga está inserido (ALVES, et al., 2017).

Em um estudo referente a uma área de caatinga preservada apresentado por Alves, et al., (2017), apresentou 10 famílias, 16 gêneros onde as espécies mais abundantes foram *Mimosa ophthalmocentra* (jurema-de-imbira) e *Cróton sonderianus* (Marmeleiro) e *Mimosa tenuiflora* (Jurema Preta). Segundo estes autores, a constituição do padrão da vegetação e espécies são similares quando equiparados a outros estudos realizados sobre

a caatinga no município de Mossoró como os de Dias et al., (2014) neste se detectou que o número de espécies varia dependendo do nível de antropização e degradação atribuído pelas atividades, onde a baixa diversidade identifica esse processo.

Com isso podemos identificar que a caatinga no município de Mossoró apresenta variações na sua densidade dependendo da área onde se desenvolve, sendo mais densa ou mais aberta, tendo um número maior ou menor de indivíduos dependendo da área e do nível de degradação. Conforme as análises realizadas neste estudo para a classificação da vegetação da caatinga estabelecida utilizando imagens de satélite LANDSAT 8 OLI (Operational Land Imager) estabelecido diante o modelo apresentado por Francisco et al., (2012) e Silva (201\6). Identificou que a vegetação da caatinga se comporta de acordo com o exposto por Dias et al., (2014), que se identifica as áreas de vegetação de acordo com o nível de influência das atividades humanas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA A CLASSIFICAÇÃO DE USO OCUPAÇÃO DO SOLO NO SEMIÁRIDO, UM EXEMPLO DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ/RN, NORDESTE DO BRASIL²

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise sobre a utilização de índices como NDVI, SAVI e NDWI, na extração de informações para o levantamento do uso e ocupação do solo no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte. Apresentando como análise os pontos fortes dos índices e também suas fragilidades na extração de informações apresentando a importância do observador na análise e refinamento dos dados. Os procedimentos metodológicos estão fundamentados na aplicação dos índices NDVI, SAVI e NDWI em duas imagens do Landsat 8 Sensor OLI de períodos diferentes do ano, por meio de softwares como o INPE Spring 5.5.5 e ESRI Arcgis10.1. Foram produzidos mapas de uso e ocupação do solo com cada um dos índices utilizados que permitiram a comparação entre eles e a análise dos resultados a partir da fragilidade e potencialidade para a determinação de classes de uso e ocupação. Com isso, evidenciou-se que as técnicas de sensoriamento remoto podem auxiliar na extração das informações para o uso e ocupação do solo, mas a participação ativa do observador é fundamental para uma maior precisão das informações.

Palavras-chave: Análise; Índices; Landsat.

1 INTRODUÇÃO

Os estudos atuais sobre a classificação dos elementos na superfície terrestre e sua distribuição sobre o espaço geográfico, obtiveram um significativo auxílio da rede de satélites que orbitam a Terra, onde a visão ampla que estes aparelhos possuem, tornaram muito mais eficazes e rápidas as interpretações e os estudos técnicos-científicos. O satélite se tornou, na atualidade uma eficaz ferramenta que possui lentes em vários comprimentos de onda eletromagnética e vigia cada pedaço do planeta Terra para informar de forma rápida e minuciosamente o que está acontecendo nele (LIU, 2006).

Com o satélite se tornando um importante instrumento técnico de observação da superfície terrestre, dotado de sensores muito eficientes que recebem informações a partir da reflectância da luz e da radiação solar, tem-se possibilitado, através do sensoriamento remoto, a aquisição de dados para a interpretação da superfície terrestre e de seus elementos, desde a aquisição das informações pelos sensores instalados no satélite, até o processamento delas gerando imagens que possibilitam as observações e extração de atributos distribuídos na superfície (NOVO, 2010).

² Artigo submetido a revista de geografia da UFPE, sendo avaliado para a publicação.

Os sensores mais disponíveis como os da família LANDSAT (5 TM, 7 ETM e 8 OLI/TIRS) disponibilizam diversas bandas, que produzem valores e imagens de qualquer área da Terra, possibilitando a interpretação e análise sobre diversos aspectos da superfície terrestre, como por exemplo a vegetação, a urbanização, a geologia e a geomorfologia. Com isso, aplicações de técnicas como NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), bastante utilizadas em estudos de variação da vegetação em períodos seco e chuvoso, SAVI (*Soil-Adjusted Vegetation Index*) e NDWI (*Normalized Difference Water Index*) usado na distinção e delimitação principalmente dos corpos hídricos.

Todos estes índices integram um conjunto de métodos e técnicas de análise com grande aplicabilidade aos estudos ambientais e de monitoramento temporal da superfície terrestre. Estas técnicas aplicadas e os resultados que elas possibilitam, partem do princípio de que o observador, ao buscar entender o uso e ocupação do solo e determinar as classes ou elementos dispostos na superfície, comparando amostras de períodos diferentes, evidencia as mudanças que estão ocorrendo em determinada área objeto de estudo. Assim, graças à frenética busca por recursos e respostas mais rápidas ao estudo dessas mudanças, percebe-se que o mapeamento convencional torna-se ineficaz para os estudos de monitoramento dos objetos distribuídos sobre o espaço (BLASCHKE; KUX, 2007), quando comparado às técnicas digitais, em que a extração de informações necessárias ocorrem em um tempo muito mais rápido para o monitoramento dos aspectos ambientais e de uso e ocupação do solo.

Neste artigo, a área de estudo compreende o município de Mossoró, localizado na zona de clima semiárido do estado do Rio Grande do Norte, com variação sazonal marcada por um verão chuvoso e um inverno seco com predomínio de vegetação de Caatinga que, adaptada a essa variação sazonal, apresenta variações nos padrões de reflectância aos sensores que atribuem valores diferentes, quando comparados, ao período seco e ao período chuvoso. Dessa forma, os índices NDVI (ROUSE et al., 1973), SAVI (HUETE, 1988) e NDWI (MC FEETERS, 1996), possibilitam identificar, no semiárido, essa dinâmica sazonal dos elementos naturais da região (BILAR et al., 2018).

Em estudos recentes, as variações temporais impostas pelo clima semiárido aos elementos naturais só podem ser vistas quando extraídas após o processamento das imagens, onde os coeficientes das amostras obtidas pela reflectância mostram essa diferenciação e suas limitações (OLIVEIRA e GALVÍNCIO, 2011; SILVA, 2014; GAMEIRO et al., 2016), tomando essas técnicas de sensoriamento remoto como

importantes ferramentas no entendimento da dinâmica geoespacial e análise temporal da cobertura vegetal e do uso ocupação do solo em áreas semiáridas (FONCECA, 2017. p.38).

Apesar destes índices serem muito utilizados em áreas de climas mais úmidos, como no Cerrado (GAMARRA et al., 2016), estão sendo amplamente utilizados em estudos realizados ao semiárido, em especial, no que diz respeito ao monitoramento da cobertura vegetal da caatinga, das bacias hidrográficas e das mudanças causadas pelo uso e ocupação do solo (OLIVEIRA e GALVÍNCIO, 2011; BEZERRA et al., 2013; CHAVES, 2013; FRANCISCO et al., 2012; GAMEIRO et al., 2016; LIMA e ALMEIDA, 2017; SOARES et al., 2017; BILAR et al., 2018; SANTOS, 2019).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Na realização do trabalho foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 8 sensor OLI (*Operational land Imager*) nas rotas 63/64 órbita 224 disponíveis nas plataformas do USGS (*United States Geological Survey*) auxiliadas por imagens da plataforma DGI/INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) com as imagens de para o ano de 1998 correspondendo a data de 01/03/1998, as imagens do ano de 2008 correspondendo a data 13/03/2008 e para o ano de 2018 na data de 13/03/2018, com resolução espacial de 30 metros.

No pré-processamento, as imagens foram submetidas a composição RGB em cores naturais sendo Landsat 5 e 7 as bandas B3, B2 e B1 e Landsat 8 B4, B3 e B2. Após este processo foi criado o mosaico das imagens, devido a área de estudo ser dividida em duas cenas do LANDSAT 5 7 e 8 ou seja, duas rotas 63/64. posteriormente as imagens foram submetidas às técnicas de correção atmosférica e correção radiométrica no software SPRING 5.5. 6, diminuindo as interferências captadas pelo sensor, eliminando os ruídos e distorções. Após esse processo, as cenas foram submetidas ao método de realce Linear controlando o contraste e os níveis de cinza da imagem apresentados no histograma de cada canal (Red, Green e Blue – RGB).

Após o pré-processamento das imagens, foi iniciada a extração dos índices NDVI, SAVI e NDWI, em ambiente SIG, no Software ArcGis 10.1 (ESRI, 2011), utilizando o método de fusão de imagens com as Bandas 5 e 4, para o NDVI e SAVI, e bandas 3 e 5 NIR, para o NDWI. Na ferramenta *Raster Calculator* foram combinadas as

bandas 5 NIR (infravermelho próximo) e 4 R (vermelho) seguindo a equação 1, estabelecida por Rouse et al. (1973) para o NDVI, conforme segue:

Equação 1 – Exemplo da fórmula de extração NDVI

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

O SAVI (Equação 2) foi obtido na mesma interface do software Esri® Arcgis 10.1 (ESRI, 2011) com a combinação de banda 5 NIR (infravermelho próximo) e banda 4 R (vermelho) e fator de ajuste L 0,25 conforme Huete (1988).

Equação 2 – Exemplo da fórmula de extração SAVI

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + R + L)}$$

Já o NDWI, de acordo com Mc Feeters (1996) e Gao et al., (2001) segue o mesmo raciocínio dos índices NDVI e SAVI, utilizando a equação 3 com as seguintes bandas:

Equação 3 – Exemplo da fórmula de extração NDWI

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

Banda Verde (Green) – Infravermelho próximo

Banda Verde (Green) + Infravermelho próximo

Com os índices obtidos, foram extraídas as classes no software Esri® Arcgis 10.1 (ESRI, 2011) utilizando o método de classificação por distância Euclidiana dado pela equação 4:

$$D(x, m) = (x^2 - m^2)^{1/2}$$

Onde: x = pixel que está sendo testado

m = média de um agrupamento.

Este método de classificação consiste em associar um pixel a determinada classe ou conjunto de pixels de acordo com o utilizado por Gauch, (1982); Borges et al., (2007), sendo cada pixel das imagens correspondendo a 159,34 m x 158,93 m, ou seja, um pixel vai corresponder 25.324,69 m². Contudo, os agrupamentos de pixel conforme a fórmula,

podem ser elevados ao número de grupos existentes na imagem, ou seja, um grupo de 10 pixels pode gerar tamanhos de área diferentes, e cada área representa uma classe. Conforme a tabela 4 abaixo, podemos visualizar como funcionou o processo de classificação por pixel a partir dos índices extraídos NDVI, SAVI e NDWI.

Tabela 4: Uso do Pixel para extração de classes de uso ocupação do solo a partir do NDVI SAVI e NDWI.

ÍNDICE	IMAGEM	TAMANHO DO PIXEL	PIXEL m ²
NDVI	8 bits	159,34 m x 158,93 m	25.324,69
SAVI	8 bits	159,34 m x 158,93 m	
NDWI	8 bits	159,34 m x 158,93 m	

Fonte: Elaborado por João Paulo Rodrigues, (2021).

A partir da aplicação dentro software Esri® Arcgis 10.1 utilizando a ferramenta *Image Analyst*, o pixel ou os conjuntos de pixels representando cada classe obtida com os índices, é extraído e as informações geraram um elemento que pode ser classificado como vegetação ou solo exposto entre outras. Ao final da classificação, foram gerados os mapas no software Esri® Arcgis 10.1, onde foram feitas as vetorizações para a classificação de uso e ocupação do solo como resultado dos índices gerados.

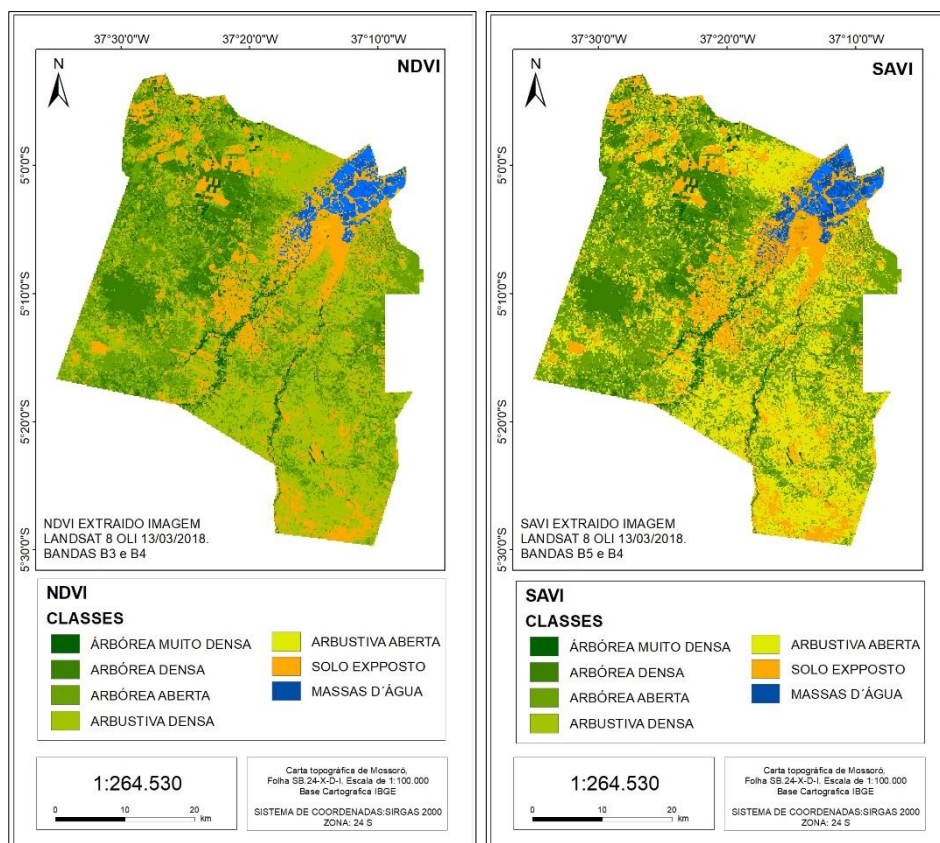
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos problemas encontrados no processamento das imagens do satélite LANDSAT 8 OLI é o comportamento dos elementos da superfície em relação à radiação eletromagnética que cada elemento da superfície terrestre emite aos sensores. O tamanho do pixel da imagem é pequeno se comparado ao tamanho da escala do município de Mossoró (SILVER et al., 2019), nesse caso, pela resolução espacial, a distinção dos objetos quando aproximados pode ser difícil de visualizar e de identificar. Portanto, quando submetidos a extração de informações via sensoriamento remoto, as imagens com baixa resolução espacial tornam imprecisa a extração das informações dos objetos.

Os índices mais utilizados na extração de informações referentes à cobertura vegetal no semiárido são o NDVI e SAVI (figura 16), pois eles apresentam coeficientes de classes em que se pode estabelecer o tipo de vegetação e seu comportamento biológico, além de sua variação e realce com o solo, mesmo estando em um ambiente que apresenta variações sazonais, como ocorre no semiárido (BILAR et al., 2018). O índice no caso o NDVI proposto por Rouse et al., (1973), é utilizado na identificação e na distribuição da vegetação e, no caso da caatinga, o índice apresenta variações entre o pico da estação chuvosa e estação seca. Já o SAVI, como apresentado por Huete (1988), apresentou uma

influência bem mais visível do solo. Em estudos no semiárido, Silva et al. (2015) mostram que este índice tem um melhor resultado, pois a influência do solo na reflectância ao sensor traz um panorama mais próximo ao real. Conforme apresentado na figura 16, o NDVI e SAVI extraídos em imagens do município de Mossoró, apresentaram diferenças, entre período chuvoso e seco.

Figura 16. Mapa NDVI e SAVI do Município de Mossoró.



Fonte: Elaborado pelo autor 2020.

Dessa forma seguindo a metodologia utilizada por Francisco et al., (2012) e Silva (2016), foi classificado no NDVI a cobertura vegetal identificada a partir dos valores correspondente 21-58 (arbórea muito densa), 58-70 (arbórea densa), 70-76 (arbórea aberta) e 76-82 (arbustiva densa), 82-90 (arbustiva aberta) 104-121 (solo exposto) e 121-137 (massas d'água). Com isso as classes, arbórea muito densa e arbórea densa foram nomeadas no uso e ocupação do solo como caatinga arbórea arbustiva densa, e as outras classes de arbórea aberta, arbustiva densa e arbustiva aberta foram classificadas no uso e ocupação como caatinga arbórea arbustiva aberta. Já no SAVI os resultados foram diferentes em relação ao NDVI, pois este índice estabelece o solo como o fator principal

de diferença em relação a outros fatores (HUETE, 1988). Como é mais utilizado em ambientes semiáridos (VANI e MANDLA, 2017), a correlação do brilho do solo captado pelo infravermelho expõe bastante o solo. O SAVI apresentou nos valores de 0,50-0,98 (arbórea muito densa), 0,36-0,50 (arbórea densa), 0,28-0,36 (arbórea aberta), 0,21-0,28 (arbustiva densa), 0,11-0,21 (arbustiva aberta), 0,26-0,05 (solo exposto), 0,45-0,26 (massas d'água). Assim como no NDVI, com o SAVI as classes arbórea muito densa e arbórea densa, foram juntas e classificadas no uso e ocupação do solo como caatinga arbórea arbustiva densa e arbórea aberta, arbustiva densa e arbustiva aberta formaram a classe de caatinga arbórea arbustiva aberta na classificação do uso e ocupação do solo. Na classe de solo exposto extraída diante do SAVI este índice apresentou visualmente um realce mais aproximado ao real quando visualizado nas imagens em cor natural. A tabela 5, a seguir, apresenta as diferenças entre os dois índices NDVI e SAVI no que se refere a vegetação e a solo exposto.

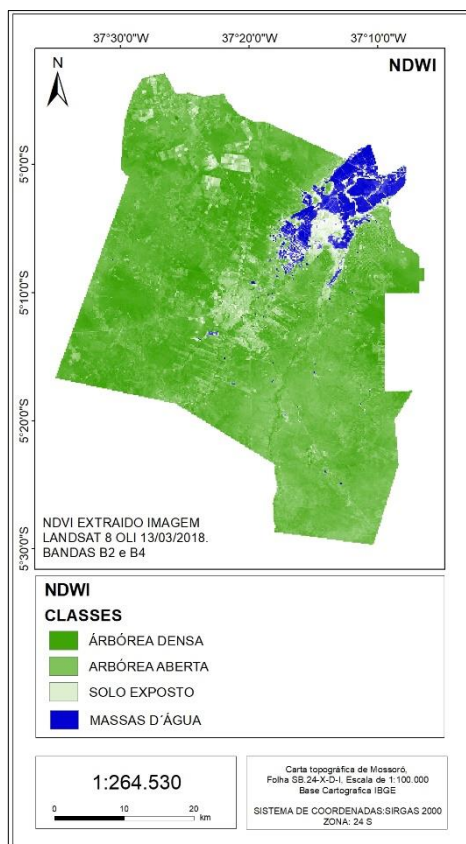
Tabela 5. Valores representativos de cada classe.

CLASSE	NDVI	SAVI
ARBÓREA MUITO DENSA	21-58	0,50-0,98
ARBÓREA DENSA	58-70	0,36-0,50
ARBUSTIVA DENSA	70-76	0,28-0,36
ARBÓREA ABERTA	76-82	0,21-0,28
ARBUSTIVA ABERTA	82-90	0,11-0,21
SOLO EXPOSTO	104-121	0,26-0,05
MASSAS D'ÁGUA	121-137	0,45-0,26

Fonte: Elaborado por João Paulo Bezerra Rodrigues 2020.

Com isso foram extraídas, nesses dois índices, 3 classes; caatinga arbórea arbustiva densa, caatinga arbórea arbustiva aberta e solo exposto. Além do NDVI e SAVI, a aplicação de outras técnicas de sensoriamento remoto como o NDWI (figura 17) com base nas bandas B5 e B6, mostrou-se mais eficiente para se obter dados relacionados as massas d'água, realçando menos as áreas de solo exposto, vegetação densa e aberta. Visualmente, os corpos d'água ficaram mais realçados no índice NDWI e quando submetidos à classificação supervisionada na interface SIG.

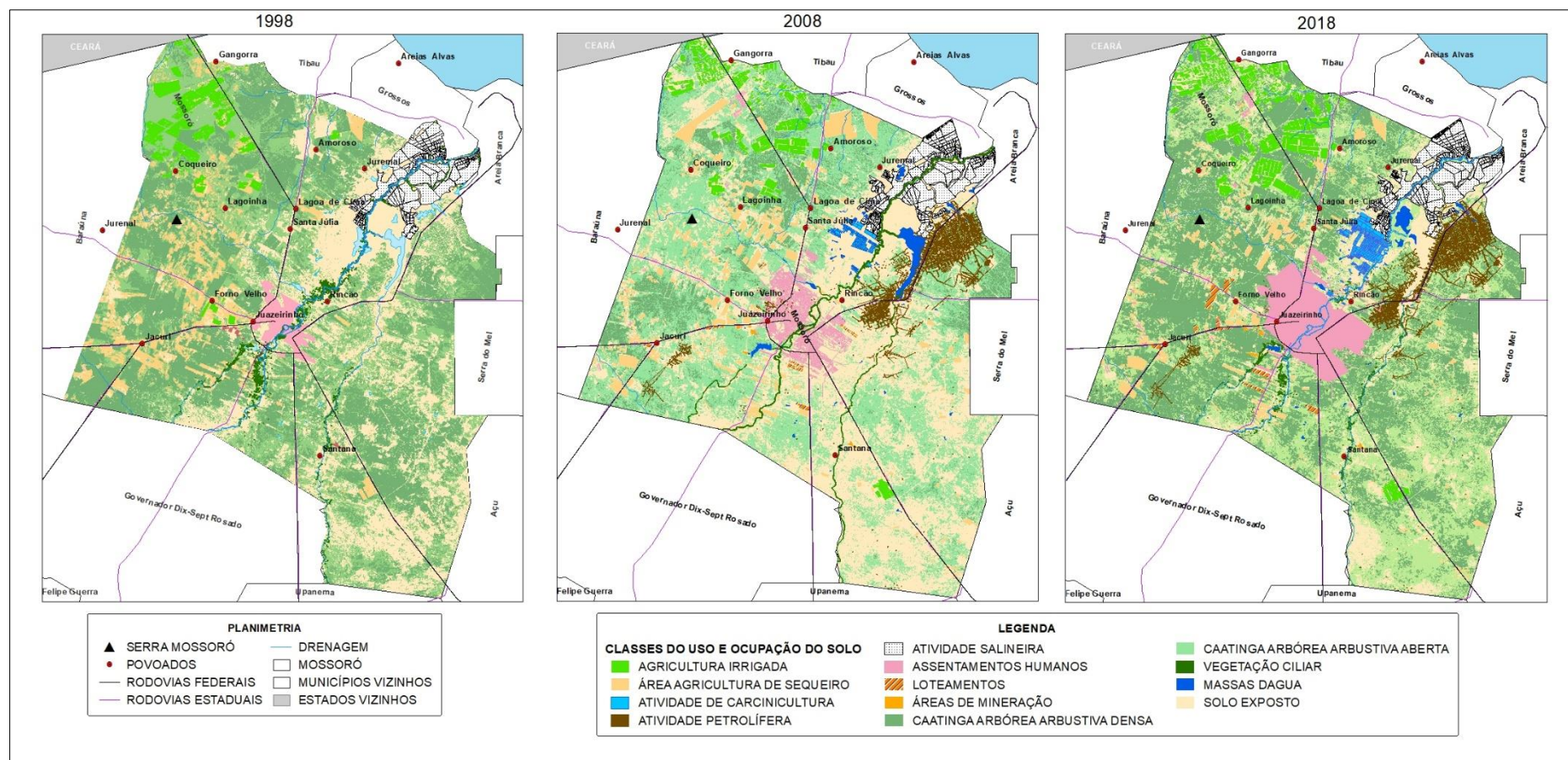
Figura 17. NDWI extraído Município de Mossoró.



Fonte: Elaborado por João Paulo Bezerra Rodrigues (2020).

Levando em conta essa condição, os dados obtidos com estes índices citados possibilitaram estabelecer o uso e ocupação do solo no município de Mossoró, dos anos de 1998, 2008 e 2018. (figura 18), os procedimentos que levaram ao estabelecimento deste índice citado anteriormente serviram de base primordial de dados para o estabelecimento do uso e ocupação do solo, principalmente na extração de vegetação com o uso do NDVI, de solo exposto com o SAVA e das massas de água como rios represas e açudes com o NDWI nas imagens específicas de cada ano. Apesar de acima citarmos apenas os índices que foram produzidos corresponder o ano de 2018 como exemplo os mesmos procedimentos foram realizados nas imagens de 1998 e 2008 na qual utilizamos como exemplo para não tornar repetitivo o texto. Na figura 18 podemos ver os resultados da extração de dados com estes índices para cada ano nos respectivos períodos.

Figura 18. Mapas de uso e ocupação do solo referentes aos anos de 1998, 2008 e 2018.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Posteriormente as camadas extraídas dos índices, as imagens em cor natural, tornaram-se úteis para a verificação final do que foi classificado utilizando os índices acima mencionados. Com a imagem de cor natural foi possível visualizar as cores que cada elemento emite ao sensor e, comparando-as aos índices aplicados, NDVI, SAVI e NDWI, a resolução de 30 m da imagem de cor natural auxiliou na análise da classificação do uso e ocupação do solo, servindo de base para a edição e vetorização das camadas para a construção da base vetorial de dados. A sobreposição dos dados extraídos dos índices sobre esta imagem, possibilitou editar as camadas o mais próximo do real. Já a imagem falsa cor infravermelho não foi tão eficiente como a de cor natural, porém pode ser utilizada na classificação do uso ocupação do solo, sendo que este tipo de composição representou as massas d'água, vegetação mais densa e áreas urbanas.

As imagens do LANDSAT 8 comparadas, conduziu-nos para um refinamento das classes a serem representadas dentro do padrão de uso ocupação do solo no município de Mossoró, que comparado ao potencial de conjuntos obtidos pelas combinações multiespectrais das imagens, na obtenção das classes para o uso ocupação do solo, foram adicionadas camadas auxiliares na classificação devido a algumas classes não terem sido captadas corretamente pelo sensor, como por exemplo, as atividades salineira e de carcinicultura. Apesar do auxílio dos dados multiespectrais em algumas situações, a intervenção do observador conforme experimentado por Priyadarshini (2019) é necessária, devido a determinadas classes não permitirem ser individualizadas pelo sensoriamento remoto e, portanto, esta intervenção no refinamento e especificação das classes, manualmente, é de grande importância na construção do mapa.

Com isso, NDVI e SAVI foram úteis na extração de elementos como vegetação densa, aberta, ciliar, solo exposto e atividade de mineração; e, o NDWI possibilitou visualizar melhor as massas d'água, atividade salineira e atividade de carcinicultura. As camadas de assentamentos humanos, loteamentos, atividade petrolífera, agricultura de sequeiro e agricultura irrigada foram determinadas usando os dados excedentes dos índices NDVI e SAVI, editados usando como base a imagem de cor natural. Isso foi implementado devido a estas classes terem sido captadas pelo sensor como vegetação densa e solo exposto e, respectivamente, editadas de acordo com a visualização junto a imagem de cor natural.

5 CONCLUSÃO

Constatou-se que técnicas de sensoriamento remoto como NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), SAVI (*Soil-Adjusted Vegetation Index*) e NDWI (*Normalized Difference Water Index*) podem ser de muita valia para extrair informações e elementos sobre o uso e ocupação do solo de forma satisfatória, tendo em vista a importância que a temática possui na atualidade, para estudos ambientais e para o monitoramento, sobretudo. Também se observou que, de acordo com as especificidades de cada técnica e índices, os seus resultados individualizados apresentam fragilidades para uma classificação com maior acurácia. Porém, estas fragilidades são superadas, quando combinadas e analisadas para a extração de informações sobre o uso e ocupação do solo de uma determinada área.

Isso se mostra evidente quando as classes são extraídas dentro da classificação supervisionada e comparadas entre si, onde se observou que cada índice possui uma utilidade particular na extração de uma camada. Na extração das classes constatou-se que o NDVI e o SAVI foram bons na obtenção de classes como vegetação densa e aberta, estrato arbóreo, áreas urbanas e solo exposto, com uma boa precisão quando sobreposta às camadas sobre uma imagem em cor natural para comparação. Já o NDWI apresentou excelente resultado para extração de corpos d'água, apresentando um realce muito aproximado com o real.

Apesar destes índices terem funcionado muito bem na construção de um esboço do uso e ocupação do solo do município de Mossoró, foi necessária a construção de camadas pelo observador, pois não foram classificados de maneira individualizada pelos sensores, observando que a complexidade delas exigiu a observação e edição manual para inseri-las dentro do mapa e desse modo, conferir maior precisão aos resultados produzidos.

6 REFERÊNCIAS

ALLEN, R.; BASTIAANSEN, W.; WATERS, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **Surface energy balance algorithms for land**. (SEBAL), Idaho implementation – Advanced training and users manual, v. 1.0, 2002. 97p.

ARAI, M. A. **Grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras**. Geologia USP. Série Científica, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.

ALMEIDA, S. A. S.; FRANÇA, R. S.; CUELLAR, M. Z. **Uso e ocupação do solo no Bioma Caatinga do Estado do Rio Grande do Norte**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal – RN, Brasil pp. 5555-5561, 25 a 30 de abril de 2009.

BACA, J. F. M. **Dinâmica do NDVI para América do sul: 1981-2001**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3487-3493.

BILAR, A. B. C.; PIMENTEL, R. M. de M.; CERQUEIRA, M. A. **Monitoramento da cobertura vegetal através de índices biofísicos e gestão de áreas protegidas**. Revista do departamento de geociências – CFH/UFSC. v. 33 n. 68, 2018.

BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores**. 2ª ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

LIU, William Tse Horng. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006. 908p.

CESERO, P. de; PONTE, F. C. **Análise comparativa da paleogeologia dos litorais atlânticos brasileiro e africano**. Rio de Janeiro, Boletim de Geociências, v. 11, p. 1- 18, 1997.

DANTAS, M; FERREIRA, R. V. RELEVO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. In: **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte**. Recife, 2010, pp. 80-91.

ESRI. Environmental Systems Research Institute., 2011. Software ArcGis Desktop, License Type Arcinfo, version 10.1.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. de. **Deteção de Mudança da Vegetação de Caatinga**. Revista Brasileira de Geografia Física 06 (2012) 1473-1487.

McFEETERS, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**. Volume 17, 1996 - Issue 7.

MAIA, R. P. **Geomorfologia e Neotectônica do Vale do Rio Apodi-Mossoró RN**. Tese de Doutorado, UFRN, Natal 2012.

MAIA, R. P; BEZERRA, F. H. R. Potiguar Basin: Diversity of Landscapes in the Brazilian Equatorial Margin. In: **Landscapes and Landforms of Brazil**. World Geomorphological Landscapes, pringer Science Business Media Dordrecht 2015.

MISHRA, V. N.; PRASAD, R.; RAI, P. K.; VISHWKARMA, A. K.; ARORA, A. **Performance evaluation of textural features in improving land use/land cover**

classification accuracy of heterogeneous landscape using multi-sensor remote sensing data. Earth Science Informatics volume 12, pages71–86 2019.

NIMER, E. Clima. In: Geografia do Brasil: Região Nordeste. Rio de Janeiro: IBGE, vol. 2, 1977, p. 47-84.

PRIYADARSHINI, K. N.; SHEKHAR, S.; BALASUBRAMANI, K. **Assessment on the potential of Multispectral and Hyperspectral datasets for Land Use/ Land Cover Classification.** 2nd International Electronic Conference on Geosciences (IECG 2019), 8-15 June 2019.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with erts.** In: EarthResourcesTechnologySatellite-1 symposium, 3, 1973, Washington, D.C Proceedings. Washington, DC.: NASA. Goddard Space Flight Center, v.1, p. 309-317, 1973.

ROCHA, A. B.; BACCARO, C. A. D.; SILVA, P. C. M.; CAMACHO, R. G. V. **MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA BACIA DO APODI-MOSSORÓ - RN – NE DO BRASIL.** Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 08, número 16, 2009.

SILVA, L. S. da. **USO DO GEOPROCESSAMENTO PARA MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COM ÊNFASE EM MÉTRICAS DA PAISAGEM: UM ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ÁGUA BRANCA.** Revista Acta Ambiental Catarinense V. 17, N. 1, 2020.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: (passado + presente = futuro?).** São Paulo; Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

TIBANA, P.; TERRA, G. J. S. **Sequências carbonáticas do cretáceo na Bacia Potiguar.** Boletim Técnico da Petrobrás, vol.24, p. 174-183,1981.

USGS. United States Geological Survey. **Landsat 5.** Sensor TM. Canal 10. Órbita 63/64 ponto 123. De 01 de março de 1998. Disponível em <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 03 abril. 2020.

USGS. United States Geological Survey. **Landsat 7.** Sensor ETM+. Canal 10. Órbita 224 ponto 63/64. De 13 de março de 2008. Disponível em <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 04 abril. 2020.

USGS. United States Geological Survey. **Landsat 8.** Sensor OLI. Canal 10. Órbita 224 ponto 63/64. De 13 março de 2018. Disponível em <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 07 abril. 2020.

VANI, V.; MANDLA, V. R. **COMPARATIVE STUDY OF NDVI AND SAVIVEGETATION INDICES IN ANANTAPUR DISTRICT SEMI-ARID AREAS**. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)Volume 8, Issue 4, April 2017.

XU, H. **Um novo índice para delinear recursos de terrenos acumulados em imagens de satélite**. Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto , 29 (2008) , pp. 4269 – 4276.

5.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ/RN (1998-2018)³

RESUMO

O presente trabalho está relacionado aos estudos da dinâmica da paisagem e tem como objetivo realizar uma análise multitemporal do uso e ocupação do solo do município de Mossoró, ao longo de um período de 20 anos, com fins de contribuição ao planejamento ambiental e ordenamento territorial. Os procedimentos metodológicos estão fundamentados em pesquisa bibliográfica, técnicas de sensoriamento remoto em ambiente de sistemas de informação geográfica e análise multitemporal da paisagem. Os resultados permitiram a espacialização de 13 classes de uso e ocupação do solo no município e a compreensão de sua evolução ao longo do período analisado. Foi possível identificar que as principais alterações estão associadas a atuação de agentes antropogênicos e à dinâmica produtiva do município. Os resultados obtidos possibilitam ampla aplicação na área de planejamento ambiental, ordenamento territorial e gestão ambiental em nível municipal com o intuito de promoção do desenvolvimento sustentável bem como serve de base para outros estudos correlatos relacionados à paisagem e ao meio ambiente da área de estudo.

Palavras-chave: Paisagem; sensoriamento remoto; ordenamento territorial.

1 INTRODUÇÃO

A análise do uso e ocupação do solo tem se tornado frequente nos estudos geográficos e, na maioria das vezes, com a intenção de se compreender a dinâmica da paisagem de um dado lugar visando contribuir para processos de gestão ambiental e ordenamento territorial. A paisagem é um dos conceitos-chave da ciência geográfica devido de grande polissemia, pois tem aplicações em diversas ciências: geografia, artes, arquitetura entre outras. Sua composição envolve, além dos elementos naturais, isto é, a paisagem natural na concepção de Dokuchaev (MAXIMIANO, 2004), elementos decorrentes da ação humana no meio, sendo compreendida como uma entidade global (BERTRAND, 2004). Atualmente, há certa consensualização de que a paisagem é produto da interação entre componentes naturais (físicos, químicos e biológicos) e antrópicos (sociedade), sendo que cada um desses componentes possui dinâmicas próprias que podem ser individualizadas (MEDEIROS, 2017). Para Rodrigues (1998) é um produto estabelecido pela intervenção da sociedade no meio ambiente.

As interações da sociedade no ambiente trazem uma compreensão de que os elementos da paisagem em consonância com os criados pelo homem (FORMAN, 1995)

³ Artigo em processo de submissão em periódico especializado na área de Geografia, extrato superior Qualis/Capes.

tornam-se elementos compreendidos dentro da paisagem, que ao longo de um determinado período podem explicar os mecanismos que a formou além de expor o nível das alterações implementadas pelo homem.

Sendo assim, há várias óticas de análise da paisagem, desde a sua concepção vertical, onde se busca compreender os fluxos sistêmicos relacionados à sua evolução e funcionamento, bem como a concepção horizontal ou geográfico-espacial, onde o foco da análise recai sobre a organização e distribuição espacial de classes de uso e ocupação do solo. A principal aplicação dos estudos da paisagem tem se voltado à aplicação do desenvolvimento sustentável e ao planejamento ambiental e ordenamento territorial (RODRIGUEZ et al., 2021).

Dessa maneira a classificação dos usos e ocupação do solo forma uma base fundamental para compreender os fenômenos, devido à complexidade de formas e elementos distribuídos no espaço. Essa complexidade exposta principalmente pela dinâmica natural de uma área e as ações antrópicas, conduzem a uma análise onde a classificação e hierarquização, levando em conta a escala a ser trabalhada e o período (BERTRAND, 2004), são fundamentais para que se possa entender a dinâmica da paisagem.

Para isso o uso das geotecnologias para a análise da paisagem identificadas com o sensoriamento remoto (JENSEN, 2009) consolidaram importantes métodos de análise da superfície utilizando os instrumentos disponíveis para observação da superfície terrestre. Com satélites e seus diversos recursos (LIU, 2007) nos fornecendo uma excelente capacidade de interpretação de aspectos naturais e antrópicos a serem classificados pelas imagens fornecidas. Essas possibilidades de observação da superfície através de imagens com resoluções espaciais e espectrais, processadas por técnicas de sensoriamento remoto (SR) por softwares especializados, trazem aplicações e classificações de elementos de áreas mais amplas sem a necessidade de percorrer por toda ela. Diante dessas possibilidades técnicas, este estudo objetiva compreender a dinâmica da paisagem a partir de uma análise multitemporal do uso e ocupação do solo no município de Mossoró, ao longo do período compreendido entre os anos de 1998, 2008 e 2018 com fins de contribuição ao planejamento ambiental e ordenamento territorial do município.

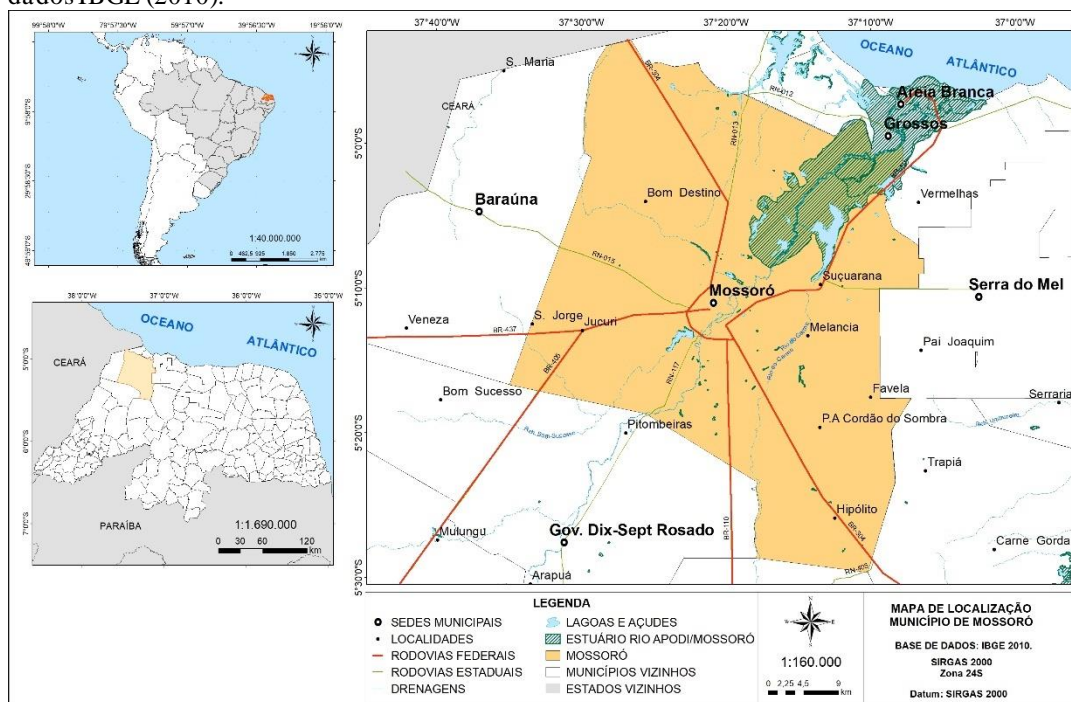
Nessa perspectiva o estudo contempla os objetivos buscados que foram apresentar o uso e ocupação do solo em Mossoró no período de 20 anos (1998, 2008 e 2018), a análise das mudanças ocorridas na paisagem, a investigação das mudanças no uso e ocupação do solo no município ao longo do período determinado, e os processos humanos que modificaram o meio.

2 METODOLOGIA

2.1 BREVE CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.

O município de Mossoró (figura 19) está localizado na mesorregião Oeste do estado do Rio Grande do Norte, sendo considerado um dos mais importantes municípios do estado, tanto no que se refere à população (2º mais populoso) quanto à economia. Situado a 257 km da capital Natal, com área territorial total de 2.100 km² (IBGE, 2018), é um dos maiores municípios do Rio Grande do Norte, sendo o principal município da mesorregião Oeste potiguar e considerada a Capital do Semiárido brasileiro (Brasil, 2017).

Figura 19 – Mapa localização do Município de Mossoró. Fonte: Elaborado pelo autor a partir da base de dados IBGE (2010).



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Com toda a sua área no polígono das secas, no município de Mossoró predomina o clima semiárido (NIMER, 1977), do tipo BSW'h' segundo a classificação de Köppen, com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca. A pluviosidade é

inteiramente influenciada pela Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, com regime de chuvas concentrado entre os primeiros 3 a 4 meses do ano, e o restante do ano seco (INMET, 2018). As médias pluviométricas anuais são baixas entre 200 e 750 mm. Por essas condições a vegetação predominante é a Caatinga, adaptada ao estresse hídrico em períodos de estiagem e a elevada radiação solar anual, pois, a Caatinga possui, como uma de suas características, a rápida formação de folhas no período chuvoso e a perda de folhas (caducifólia) durante a estação seca (ALMEIDA et al., 2009).

Geologicamente, o município de Mossoró localiza-se sobre uma das mais importantes províncias geológicas do Brasil, a Província Borborema. Está assentado sobre a Bacia Potiguar que de acordo com Maia e Bezerra (2015), é resultado de ações tectônicas, do clima e processos eustáticos provenientes da placa Sul-Americana. Estes processos ocorridos na formação da Bacia Potiguar, durante o Mesozoico, estão associados com a separação da América do Sul da África (MATOS 2000) e a evolução de feições hoje identificadas, principalmente, durante o Cenozoico (BEZERRA e VITA-FINZI, 2000), como a deposição de sedimentos aluviais e de depósitos eólicos e marinhos nas bordas da linha da costa brasileira, dando origem aos sedimentos do grupo Barreiras (BARRETO et al, 2004). As unidades litoestratigráficas encontradas no município de Mossoró se configuram como uma variedade de sedimento dividindo-se como; formação Jandaíra (Kj2) datada do Cretáceo, oriunda de sedimentação em plataforma de mar raso (TIBANA E TERRA, 1981) onde a precipitação do carbonato de cálcio pudesse assenta-se formando várias camadas de rocha calcária dessa formação. O grupo Barreiras (ENb) que se configura como sedimentos terrígena continental e marinha, de acordo com (ARAI, 2006; SUGUIO 1999) de idade miocênica, oriunda de processos erosão após soerguimentos cíclicos da plataforma sulamericana no final do cretáceo (CECERO, 1997).

A geomorfologia do município de Mossoró é constituída por diversas unidades, segundo as classificações mais recentes realizadas em escala a nível do estado do Rio Grande do Norte, abrangendo: planície flúvio-marinha, planície fluvial, relevos estruturais, tabuleiros costeiros e Chapada do Apodi (ROCHA et al., 2009; MAIA, 2012; DINIZ et al., 2017). Outra classificação apresnta as unidades dos tabuleiros costeiros setentrionais, tabuleiros interiores e Chapada do Apodi, e parte da planície costeira, enquadrando-as dentro do domínio mofoescultural das bacias sedimentares marginais

(DINIZ et al., 2017). Já segundo Dantas e Ferreira (2010), a área do município integra os Baixos platôs da Bacia Potiguar e os tabuleiros costeiros.

No território do município, desenvolvem-se diversas atividades, como a petrolífera, salineira, fruticultura irrigada e carcinicultura marinha. Algumas dessas atividades estão instaladas historicamente no município, favorecidas pelas condições naturais bem como por sua localização estratégica entre duas capitais, Natal/RN e Fortaleza/CE.

O processo de instalação e desenvolvimento destas atividades associado ao crescimento de núcleos de assentamento humano, tanto no meio urbano, quanto no meio rural, produziu um quadro de alteração paisagística, muitas vezes gerando impactos ambientais significativos, que necessita ser melhor conhecido para que se possa subsidiar planos de gestão ambiental e de ordenamento territorial, voltado à maximização dos seus benefícios e minimização de impactos ambientais negativos.

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.

Para a realização deste trabalho, foi necessária pesquisa bibliográfica, além do processamento das imagens e elaboração de modelos estatísticos em laboratório. A pesquisa bibliográfica utilizou trabalhos acadêmicos publicados em revistas especializadas, além de livros especializados na temática.

Para a elaboração dos mapas foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 5 TM (Thematic Mapper), LANDSAT 7 ETM + (Enhanced Thematic Mapper Plus) e LANDSAT 8 sensor OLI (Operational Terra Imager) nas rotas 63/64 órbita 224 disponíveis nas plataformas do USGS (United States Geological Survey) e na plataforma DGI/INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) estando nas datas a primeira cena de 01 de março de 1998 a segunda 13 de março de 2008 e as últimas cenas referente a 13 de março de 2018 com resolução espacial de 30 metros. Na etapa de pré-processamento, foi feito um mosaico da área de estudo, devido a esta ser dividida em duas cenas do LANDSAT e, em seguida, foram submetidas as técnicas de correção atmosférica e correção radiométrica no software SPRING 5.5.6 diminuindo as interferências captadas pelo sensor, eliminando os ruídos e distorções geométricas. Após esse processo as cenas foram submetidas ao método de realce Linear controlando os níveis de cinza da imagem no histograma de cada canal (Red, Green e Blue).

Após o pré-processamento das imagens, foi iniciado a extração dos índices NDVI, SAVI, e NDWI, foram processados em ambiente SIG no Software ArcGis 10.2© utilizando o método de fusão de imagens. Depois deste processo foram criados os mapas temáticos de uso e ocupação do solo utilizando a ferramenta image analyst utilizando o método de classificação por distância Euclidiana dado pela fórmula:

$$D(x, m) = (x^2 - m^2)^{1/2}$$

Onde: x = pixel que está sendo testado;

m = média de um agrupamento.

Este método de classificação consiste em associar um pixel a determinada classe ou conjunto de pixels de acordo com o utilizado por Gauch, (1982); Borges et al., (2007), sendo cada pixel das imagens correspondendo a 159,34 m x 158,93 m, ou seja, um pixel vai corresponder 25.324,69 m². Contudo, os agrupamentos de pixel conforme a fórmula, podem ser elevados ao número de grupos existentes na imagem, ou seja, um grupo de 10 pixels pode gerar tamanhos de área diferentes, e cada área representa uma classe.

Após este processo foram realizados os cálculos de área utilizando a ferramenta calculate geometry no software ESRI Argis 10.2©, onde foram extraídas a dimensão de cada classe de uso e ocupação do solo calculado em hectares, onde a etapa que se seguiu foi a representação estatística utilizando o Windows office excel 2010 © na criação de gráficos e tabelas para a representação.

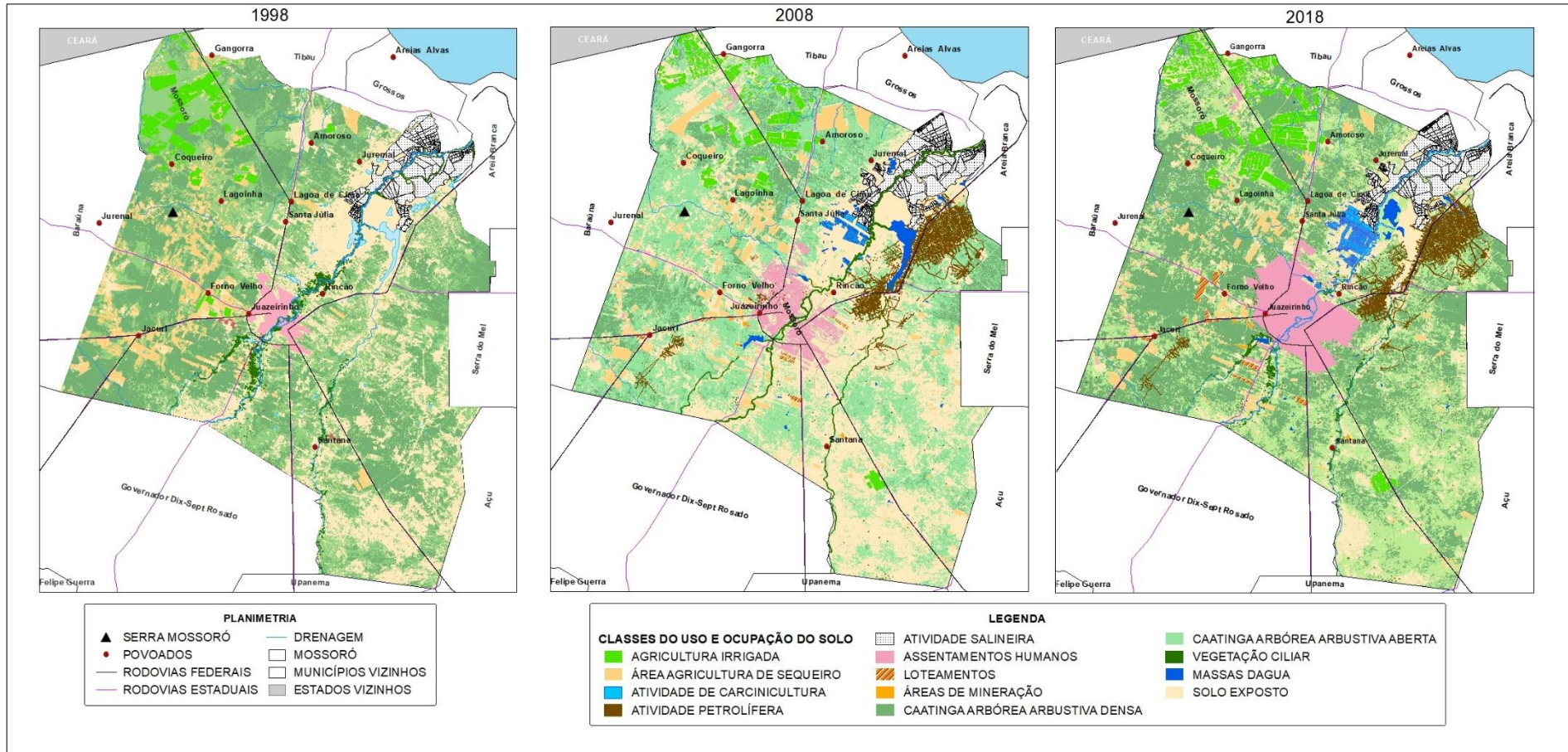
Dentro dessa construção, as classes do uso e ocupação do solo foram definidas com base no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), adaptando-as aos elementos identificados e mapeados da área de estudo. Assim, as classes foram escolhidas a partir dos elementos individualizados na imagem mais recente, sendo estas as seguintes: agricultura irrigada, área de agricultura de sequeiro, atividade de carcinicultura, atividade petrolífera, atividade salineira, áreas urbanas, loteamentos, áreas de mineração, caatinga arbórea arbustiva densa, caatinga arbórea arbustiva aberta, vegetação ciliar, massas d'água e solo exposto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Os resultados relacionados ao mapeamento do uso e ocupação do solo no município de Mossoró, para os anos de 1998, 2008 e 2018 são apresentados na figura 24 e na tabela 4. Com isso, é possível identificar as principais alterações no uso e ocupação

do solo, as quais são importantes para a compreensão da dinâmica da paisagem ao longo do período analisado.

Figura 20 – Mapas de uso e ocupação do solo em Mossoró nos anos de 1998, 2008 e 2018.



Fonte: Elaborado pelo autor 2019.

Foram identificadas 13 classes de uso e ocupação do solo, a partir da análise e mapeamento da imagem mais recente utilizada com parâmetro comparativo, referente ao ano de 2018, conforme identificadas na tabela 6.

Tabela 6 – Classificação do uso e ocupação do solo no ano de 1998, 2008 e 2018.

CLASSES DE USO	1998		2008		2018	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Agricultura irrigada	41,39	1,97	58,73	2,80	87,79	4,18
Agricultura de sequeiro	146,94	7,00	113,51	5,40	70,36	3,35
Atividade petrolífera	2,78	0,13	8,37	0,40	8,63	0,41
Atividade salineira	72,49	3,45	79,44	3,78	79,41	3,78
Atividade de carcinicultura	Não identificada		6,88	0,33	15,90	0,76
Atividade de mineração	1,09	0,05	1,15	0,05	1,40	0,07
Assentamentos humanos	30,80	1,47	81,11	3,86	103,46	4,93
Loteamentos	Não identificada		3,75	0,18	11,73	0,56
Caatinga arbórea arbustiva densa	630,43	30,02	168,29	8,01	763,19	36,34
Caatinga arbórea arbustiva aberta	620,90	29,56	738,94	35,18	654,81	31,18
Mata ciliar	12,31	0,59	11,66	0,56	7,75	0,37
Massas d'água	13,86	0,66	18,14	0,86	9,80	0,47
Solo exposto	527,18	25,10	810,20	38,58	285,94	13,62
TOTAL	2.100,17	100,00	2.100,17	100,00	2.100,17	100,00

Fonte: João Paulo Bezerra Rodrigues (2020).

A agricultura irrigada, atividade que foi impulsionada a partir dos anos de 1990 e no decorrer dos anos 2000 (HESPANHOL, 2016) apresenta-se concentrada na porção noroeste da área de estudo. No ano de 1998 esta classe ocupava 1,97% da área do município, tendo tido um crescimento contínuo ao longo do período estudado, passando para 2,8% em 2008 e 4,18% em 2018, o que representa um acréscimo em torno de 112% em área ocupada ao longo dos 20 anos analisados. Por se tratar de uma atividade que demanda desmatamento e uso de insumos diversos, como água, defensivos agrícolas e fertilizantes, o crescimento desta atividade implica em diversos impactos ambientais negativos. Apenas no que respeita ao consumo de água, a irrigação tem sido responsável pela captação de quase 50% da água bruta em mananciais, no Brasil, sendo a atividade que mais consome água no país (ANA, 2021).

A agricultura de sequeiro, mais tradicional em função das limitações do clima, apresentou uma redução contínua ao longo dos anos. Com uma ocupação de 7% de área em 1998, reduziu essa participação para 3,35% em 2018, isto é, uma redução superior a 50% na área ocupada. Esta alteração pode ter várias hipóteses explicativas, dentre elas o abandono agrícola ou êxodo rural, haja vista o acréscimo das áreas de assentamentos

humanos e de loteamentos, sobretudo, em função da expansão urbana; a transformação de partes das áreas de sequeiro em áreas irrigadas, tendo em vista o crescimento da agricultura irrigada ao longo do período.

A atividade petrolífera também apresentou crescimento ao longo do período analisado, sendo este mais significativo entre os anos de 1998 e 2008, quando a atividade teve um incremento de 201%, passando de 2,78 km² para 8,37 km² de área ocupada. De 2008 a 2018, a área ocupada pela atividade teve um crescimento pequeno (menor que 10%), talvez em função da redução dos investimentos, sobretudo públicos, na expansão desta atividade nos terrenos da Bacia Potiguar, bastante explorados desde a década de 1970 (ROCHA, 2013). Atualmente, além de não se verificar novos investimentos nesta área no município, observa-se um forte desinvestimento, principalmente, nas áreas de produção da Petrobras. Desativação de unidades produtivas e transferência de pessoal para áreas de produção focadas no pré-sal foi a tônica vivenciada nos últimos anos no município e em toda a área da Bacia Potiguar, com forte impacto na dinâmica econômica que teve um dia no petróleo sua redenção.

No que respeita a atividade salineira, importa destacar que se trata de uma atividade secular, instalada inicialmente às margens do estuário do rio Apodi-Mossoró, a partir de sua foz e adentrando em toda zona de influência estuarina e expandindo-se de modo a ocupar a quase totalidade da planície fluviomarinha entre os municípios de Areia Branca, Grossos e Mossoró. Ao longo do tempo, esta atividade tem se mantido relativamente estável em termos de área ocupada. Medeiros (2017) identificou isso quando analisou o município de Areia Branca. Com uma área ocupada em torno de 72,49 km², em 1998, a partir de 2008 é que se percebe um pequeno incremento desta atividade inferior a 10% da área anteriormente ocupada, mantendo-se estável para 2018. Este crescimento justifica-se por um possível licenciamento ambiental de novas áreas, muitas vezes em Áreas de Preservação Permanente, o que motivou ação civil pública por parte do Ministério Público Federal (DE FATO, 2019).

Outra atividade que passou a ocupar áreas da planície fluviomarinha e áreas de influência estuarina, muitas vezes de modo contíguo às áreas das salinas, foi a atividade de carcinicultura marinha. Introduzida nos anos 2000, com um rápido crescimento em áreas de manguezais nos estuários do Rio Grande do Norte, esta atividade estava presente no ano de 2008 em Mossoró, ocupando 6,88 km² da área do município. Em 2018, verificou-se uma área ocupada superior a 131% em relação à década anterior. Trata-se de

uma atividade responsável por significativos impactos ambientais negativos, sobretudo em função de se desenvolver o cultivo de camarões exóticos como o *Litopenaeus vanammei sp.*, a espécie predominante, e fazer uso de insumos que podem comprometer a qualidade ambiental do ecossistema em que se instala. Isto reforça a necessidade de uma atenção especial no processo de planejamento e ordenamento territorial do município.

Presente desde a década de 1970, a atividade de mineração aqui classificada está fortemente associada à extração de rochas calcárias para a produção da cal e do cimento. Não se considerou a atividade petrolífera nesta classe haja vista possuir uma dinâmica própria e um comportamento particular na paisagem. No caso da atividade aqui tratada, o seu crescimento tem sido pouco significativo em termos de área, tendo se observado um crescimento de 28% ao longo de todo o período analisado. Isto pode ter diversas razões, entre as quais algumas limitações do ponto de vista ambiental para a expansão dessa atividade, principalmente, devido ao fato de, em muitos casos, as áreas exploradas estarem próximas dos limites com cavernas, que são protegidas por lei. Além do mais, vale citar a instalação de uma unidade de proteção integral federal, o Parque Nacional da Furna Feia, em áreas dos municípios de Mossoró e Baraúna, que tem como objetivo a preservação de diversas cavernas nessa localidade e que se encontra com algumas unidades de produção cimenteira em sua zona de amortecimento. Outra possível justificativa é a semelhança da resposta espectral de algumas dessas áreas com os solos expostos, categoria que será objeto de análise a posteriori.

Os assentamentos humanos representam as áreas ocupadas ou artificializadas em função de construções humanas. Englobam tanto áreas rurais como urbanas, no entanto, o seu crescimento significativo ao longo do período analisado, que correspondeu a mais de 236% quando comparado ao ano de 1998, deve-se, sobretudo, à expansão urbana. A partir do ano de 2008 já se identificam os primeiros condomínios horizontais fechados no município, intensificação da verticalização urbana, instalação de shopping center e, mais recentemente, uma significativa área que passou a ser ocupada por novos loteamentos para edificação de bairros planejados. Há que se destacar que boa parte das áreas encontradas como loteamentos, sobretudo a partir de 2008 e que tiveram um crescimento de 212,8% entre 2008 e 2018, estão destinadas, em sua maioria, a esse tipo de expansão urbana. A evolução dessas atividades humanas é marcada por uma escala mais acentuada

decorrente do momento econômico vivido pelo município, sobretudo no início dos anos 2000 (OLIVEIRA, 2017; PEQUENO e ELIAS, 2010).

É certo que a evolução destas atividades, sobretudo relacionadas à expansão urbana, está associada a ocupação de áreas verdes, geralmente nas áreas limítrofes às áreas rurais, o que implica em ações de desmatamento, remoção e revolvimento do solo que geram outros impactos de ordem direta e indireta que, em regra, contribuem para um maior desequilíbrio ambiental em função da degradação generalizada. Considerando essa redução de áreas verdes, há que se deduzir que os impactos, sobretudo associados ao conforto térmico são significativos. Contudo, é preciso analisar as alterações relacionadas à cobertura vegetal do município para as conjecturas e hipóteses.

Nesse caso, ao longo do período analisado, a cobertura vegetal total correspondia a 60,17% do território municipal, em 1998, aqui incluídas as classes de caatinga e mata ciliar, reduzindo para 43,75% em 2008 e voltando a aumentar para 67,89% em 2018. Isto deixa claro que a cobertura vegetal é a classe mais significativa na paisagem do município, em termos de área ocupada. Mas, esse dado em si não reflete as condições ambientais e nem as diversas possibilidades de alterações e impactos relacionados ao ambiente. É preciso, por exemplo, se analisar o grau de conectividade e de fragmentação desta classe para se compreender melhor sua implicação para a paisagem e para o equilíbrio ambiental, o que não será objeto desse estudo.

Do ponto de vista da redução observada entre 1998 e 2008 está associada à caatinga arbórea arbustiva densa, que teve um decréscimo de cerca de 73% de área ocupada. Parte disso se deve, provavelmente, à transformação em caatinga arbustiva arbórea aberta, uma vez que esta classe registrou um aumento de quase 20% no mesmo período, bem como ao aumento da área de solo exposto, que aumentou de 527,18 km² para 810,20 km². No período de 2008 a 2018, contudo, observa-se uma recuperação da classe de caatinga arbustiva arbórea densa, que passa a ocupar 36,34% do território municipal, sendo a mais representativa entre as categorias relacionadas à cobertura vegetal. Esta recuperação pode estar associada, ainda, à diminuição das áreas de solo exposto, que caiu para 285,94 km² em 2018. A classe relacionada à caatinga arbórea arbustiva aberta tem uma ligeira redução em 2018, quando comparada à 2008, mas ao longo de todo o período há um acréscimo em torno de 5%, o que pode confirmar a tese de que as áreas de solo exposto passaram a ser ocupadas por esse tipo de cobertura vegetal. Se se considerar que o solo exposto pode ser resultado da resposta espectral da

caatinga seca, isto pode ser ainda mais justificado. São hipóteses que se apresentam mas que precisam ser validadas em outro momento por outros estudos com tais objetivos.

Quanto à mata ciliar, que tem uma importante função ambiental e ecológica, percebe-se um quadro de redução contínua ao longo de todo o período, sendo algo em torno de 5,3% em 2008 e 38% em 2018 de perda em termos de área ocupada. Isto pode estar relacionado à expansão de atividades humanas ao longo e à margem do rio Apodi-Mossoró e, em alguns casos, a algum tipo de crime ambiental, haja vista boa parte dessa mata ciliar estar, muito provavelmente, em área de preservação permanente, conforme previsto na Lei nº 12.651/2012.

As massas d'água, por sua vez, obtiveram oscilação ao longo do período, aumentando a área ocupada em 2008 e reduzindo em 2018. Tomando como referência o ano de 1998, a redução total foi de quase 30%. Contudo, considerando que estamos em uma área de clima semiárido onde os principais mananciais superficiais são de caráter temporário, onde o volume das massas d'água estão associados aos regimes pluviométricos e, considerando que os últimos anos (2012-2018) foram marcados por seca severa, essa redução pode estar associada a este fator.

Em síntese, as 5 atividades que mais predominam na paisagem do município no ano de 2018 são, por ordem decrescente de área ocupada: caatinga arbórea arbustiva densa, caatinga arbórea arbustiva aberta, solo exposto, assentamentos humanos e agricultura irrigada. Porém, as atividades que mais tiveram acréscimo em termos de área ocupada, ao longo de todo o período analisado foram: assentamentos humanos (235%), atividade petrolífera (210%), agricultura irrigada (112%), atividade de mineração (28%) e caatinga arbórea arbustiva densa (21%). As atividades listadas são bastante impactantes, gerando impactos diretos mas uma série de impactos indiretos que implicam alterações significativas nas funções ecológicas da paisagem, que precisam receber atenção especial nos processos de planejamento ordenamento territorial voltados a uma gestão ambiental municipal mais eficiente. Por outro lado, as categorias de uso com maior redução são mais associadas à natureza, como mata ciliar (-37%) e massas d'água (-29%) ou às atividades tradicionais, como agricultura de sequeiro (-52%). A principal exceção é o solo exposto, que teve redução de -45% ao longo do período analisado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este estudo foi possível identificar que as principais alterações na paisagem do município de Mossoró, envolvem a interação direta entre componentes naturais e antrópicos, sendo, no entanto, os componentes antrópicos os principais agentes de transformações na paisagem ao longo do período analisado. Tais transformações podem levar a um quadro de degradação ambiental que necessita ser conhecido, haja vista os impactos ambientais gerados por aquela dinâmica que devem ser considerados nas políticas públicas de gestão ambiental em municipal e estadual.

Os resultados da análise do uso e ocupação do solo ao longo do período estudado, tanto em termos quantitativos, quanto à espacialização dos fenômenos, possibilitam dados de grande serventia à aplicação no planejamento ambiental e ordenamento territorial com o intuito de promoção do desenvolvimento sustentável.

Este estudo é pertinente para as futuras análises sobre a vegetação, urbanização, conservação ambiental pois apresentou o processo e a evolução de fatores determinantes que são estabelecidos pelas atividades humanas sobre o meio, além de procedimentos técnicos e metodológicos para a obtenção de dados para aplicação em outras áreas de pesquisa.

Também foi apresentado neste trabalho que os fatores humanos foram fundamentais na construção da paisagem apresentada, como também deixa em aberto outros fatores como possíveis agentes modeladores da paisagem no município de Mossoró.

A utilização do sensoriamento remoto e dos SIGs confirmou, mais uma vez, a relevância destas técnicas e ferramentas de análise espacial tanto para o estudo da paisagem quanto para a sua aplicação no âmbito de políticas públicas territoriais, no caso em tela, aplicadas à escala municipal. Portanto, são de grande utilidade para estudos de monitoramento ambiental a partir de diagnósticos prévios.

Dessa forma o estudo contempla os objetivos estabelecidos quando apresenta a configuração do uso e ocupação do solo no município de Mossoró durante os 20 anos que contemplou os anos de 1998, 2008 e 2018, apresentando como se constituiu as interações produtivas da sociedade em relação ao meio e as mudanças que essa interação ocasionou durante este período.

5 REFERÊNCIAS

ARAI, M. **A Grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras**. Geologia USP. Série Científica, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2ª. ed. Brasília: ANA, 2021.

ALMEIDA, S. A. S.; FRANÇA, R. S.; CUELLAR, M. Z. **Uso e ocupação do solo no Bioma Caatinga do Estado do Rio Grande do Norte**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal – RN, Brasil pp. 5555-5561, 25 a 30 de abril de 2009.

BEZERRA, F.H.R, VITA-FINZI C. **How active is a passive margin? Paleoseismicity in northeastern Brazil**. Geology 28:591–594, 2000.

BERTRAND, G. **Paisagens e geografia física global**. R.RA'E GA, Curitiba, n.8, p 141 – 152, 2004.

CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Mineral. **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA MOSSORÓ**. Francisco Hilário Rego Bezerra, Narendra Kumar Srivastava Maria Osvalneide Lucena Sousa (ORG), RECIFE, UNIKA Editora, 2014.

DANTAS, M; FERREIRA, R. V. **RELEVO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**. In: Pfaltzgraff, Pedro Augusto dos Santos, **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte**. Recife, 2010, pp. 80-91.

DINIZ, M.T.M; OLIVEIRA, G. P. de; MAIA, R. P; FERREIRA, B. **MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**. Rev. Bras. Geomorfol. (Online), São Paulo, v.18, n.4, (Out-Dez) p.689-701, 2017.

DE FATO (JORNAL). *MPF ingressa com ações contra 18 empresas salineiras e pede desocupação de áreas*. Caderno Estado. Disponível em: <https://defato.com/estado/80196/mpf-ingressa-com-aes-contra-18-empresas-salineiras-e-pede-desocupao-de-reas#> Postado em 29 jan, 2019. Acesso em: 07 ago. 2021.

BRASIL. Lei nº 13.568, de 21 de dezembro de 2017. Confere o título de Capital do Semiárido à cidade de Mossoró, no Estado do Rio Grande do Norte. Brasília, 21 de dezembro de 2017; 196º da Independência e 129º da República. Publicado no DOU de 22/12/2017.

ELIAS, D; PEQUENO, R. Mossoró: o novo espaço da produção globalizada e aprofundamento das desigualdades socioespaciais. In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão; ELIAS, Denise; SOARES, Beatriz Ribeiro (Orgs.). **Agentes econômicos e reestruturação urbana e regional: Passo Fundo e Mossoró**. São Paulo: Expressão Popular, 2010. P. 101-283.

FORMAN, R. T. T **Alguns princípios gerais da ecologia regional e da paisagem**. Landscape Ecology 10, 133-142 1995.

HESPANHOL, A N. **Constituição e Reestruturação Produtiva da Fruticultura Irrigada no Baixo-Açu e no Vale do Apodi-Mossoró-RN – Brasil**. Revista Formação, n.23, volume 1, 2016, p. 62 – 91.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. Censo Demográfico – 2010: Características da população e dos domicílios. Resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <http://portal.mj.gov.br/sedh/rndh/Carta%20do%20Rio> Acesso em: ago. 2018.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades Mossoró. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/mossoro.html>

Acesso, 11/11/2020.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual Técnico de Uso da Terra. 3. ed., Rio de Janeiro: IBGE 2013

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Dados históricos anuais. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> Acesso, 02/03/2021.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Editora Parêntese, São José dos Campos, SP, 2009. 598p.

LIU, William Tse Horng. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006. 908p.

MAXIMIANO, L. A. **Considerações sobre o conceito de paisagem**. R. RA'E GA, Curitiba, n. 8, p. 83-91, 2004. Editora UFPR.

MATOS, R. M. D. **History of the northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up between Brazil and West Africa**. Geological Society,

London, Special Publications, 153, 55-73, 1 January 1999. Disponível em: <https://sp.lyellcollection.org/content/153/1/55.short> Acesso 20/11/2019.

MEDEIROS, W. D. A. **Dinâmicas territoriais recentes e riscos ambientais no Litoral: estudo comparativo entre os municípios de Areia Branca (RN, Brasil) e da Figueira da Foz (Centro, Portugal)**. Tese de doutoramento em Geografia Física, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2017. 315 p.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil; região Nordeste**. Rio de Janeiro, 1977.p.47-84.

PESSOA-NETO, O. da C. et al. Bacia Potiguar. Boletim Geoc. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, 2007, p. 357-369.

OLIVEIRA, J. P. de. **Uma análise da formação e expansão do urbano de Mossoró: dinâmica e contradições**. Revista Pensar Geografia, v. I, nº. 1. Junho de 2017.

RODRIGUES, A. M. **Produção e Consumo do e no Espaço. Problemática ambiental e Urbana**. Editora Hucitec. São Paulo, 1998.

ROCHA, A. B; BACCARO, C. A. D; SILVA, P. C. M; CAMACHO, R. G. V. **Mapeamento Geomorfológico da Bacia do Apodi-Mossoró - RN – NE do Brasil**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 08, número 16, 2009.

ROCHA, A. P. A. **Atividade petrolífera e a dinâmica territorial no Rio Grande do Norte: uma análise dos municípios de Alto do Rodrigues, Guamaré e Mossoró**. 279 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: (passado + presente = futuro?)**. São Paulo; Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

SILVA, S. A De O. **Análise de variáveis meteorológicas no município de Mossoró-RN (1970-2013)**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido -- Mossoró, 2014.

TIBANA, P; TERRA, G. J. S. **Sequências carbonáticas do cretáceo na Bacia Potiguar**. Boletim Técnico da Petrobrás, vol.24, p. 174-183.

AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo de Estudos Socioambientais e Territoriais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – NESAT/UERN.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto como NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), SAVI (*Soil-Adjusted Vegetation Index*) e NDWI (*Normalized Difference Water Index*) nos mostraram, ao analisar o uso e ocupação solo no município de Mossoró, importantes mudanças que ocasionaram definições de que as ações humanas são fatores determinantes no processo de modificação da paisagem. Diante disso o estudo tornou-se importante, devido à apresentação de elementos e sua evolução ao longo do tempo, onde pode-se observar importantes mudanças que os processos sociais através de sua necessidade de produzir transformam a paisagem. Dessa forma o objetivo geral que foi traçado nesse trabalho como analisar o uso ocupação do solo no município de Mossoró entre os anos de 1998, 2008 e 2018, foi contemplado com a produção de material cartográfico que apresenta as informações sobre o tema. Além disso outros objetivos específicos como analisar as mudanças na cobertura vegetal do município de Mossoró, entre 1998, 2008 e 2018, tiveram êxito com o uso de técnicas de sensoriamento remoto, produzidas dentro dos processos de análise que o SIG disponibiliza na qual foi possível responder parte dos questionamentos levantados nesse trabalho.

Nesta pesquisa, algumas indagações podem ser levantadas para estudos futuros, como: qual a influência das oscilações do clima na cobertura vegetal para cada ano pesquisado? E, como a vegetação se comporta diante deste cenário? Porém este trabalho pode tornar possível as respostas a esses questionamentos com as técnicas aplicadas e com as informações cartográficas que foram produzidas, para que outros campos da ciência como a engenharia florestal, botânica, fitogeografia etc., possam buscar essas respostas.

Estudo também será de alguma valia para as ações do poder público no gerenciamento e ordenamento do território mediante a configuração que se obteve podendo ser observado e implementado estratégias e ações tanto para planejamento e gestão ambiental, quanto para proteção ambiental.

7 REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Domínios de Natureza no Brasil: ordens de criticidade: O caso da Amazônia. In: VELLOSO, J. P. R. **A ecologia e o novo padrão de desenvolvimento no Brasil**. São Paulo: Nobel, 1992, p. 167-184.
- AGUIAR, A. P. DE. Modelagem de mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia: Questões Gerais. In: **Instituto de Pesquisas Espaciais**. São Jose dos Campos INPE, 2003. Disponível; http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap4_modelos_lucc.pdf Acesso em: Novembro de 2020.
- ALLEN, R.; BASTIANSEN, W.; WATERS, R.; TASUMI, M.; TREAZZA, R. Surface energy balance algorithms for land (SEBAL), Idaho implementation – **Advanced training and users manual**, v. 1.0, 2002. 97p.
- ARAI, M. **A Grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras**. Geologia USP. Série Científica, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.
- ALMEIDA, S. A. S.; FRANÇA, R. S.; CUELLAR, M. Z. **Uso e ocupação do solo no Bioma Caatinga do Estado do Rio Grande do Norte**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal – RN, Brasil pp. 5555-5561, 25 a 30 de abril de 2009.
- BILAR, A. B. C.; PIMENTEL, R. M. de. M.; CERQUEIRA, M. A. **Monitoramento da cobertura vegetal através de índices biofísicos e gestão de áreas protegidas**. Revista do departamento de geociências – CFH/UFSC. v. 33 n. 68, 2018.
- BOUCHARD, A.; DOMON, G. The transformations of the natural landscapes of the Haut-Saint-Laurent (Quebec) and their implications on future resource management. **Landscape Urban Plann.** 37: 99–107. 1997.
- BERTRAND, G. **PAISAGEM E GEOGRAFIA FÍSICA GLOBAL. ESBOÇO METODOLÓGICO**. R. RAËGA, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Editora UFPR.
- BRASIL. Projeto RADAMBRASIL: **folhas SB-24/25 Jaguaribe/Natal: geologia e mapeamento geológico, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: DNPM, 1981 774 p.
- BRASIL. Ministério do Interior. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE. Departamento de Recursos Naturais. Divisão de Cartografia. **Folhas SB.24-X-C-II; SB.24-X-D-I escala 1:100.000/ SUDENE**. Terceira impressão, Recife 1982.
- BACA, J. F. M. **Dinâmica do NDVI para América do sul: 1981-2001**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3487-3493.
- BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores**. 2ª ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BEZERRA, F. H. R.; VITA-FINZI, C. **How active is a passive margin? Paleoseismicity in northeastern Brazil**. *Geology* 28:591–594, 2000.

BEZERRA, F. H. R.; SRIVASTAVA, N. K.; SOUSA, M. O. L. Geologia e recursos minerais da folha Mossoró, SB.24-X-D-I: Estado do Rio Grande do Norte. In; CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Mineral) **Programa Geologia do Brasil**. Recife, UNIKA Editora, 2014. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17785> Acesso: 20/06/2020.

BEHR, M. V. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E PROBLEMAS AMBIENTAIS URBANOS NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA BALEIA FRANCA. In: **PLANO DE MANEJO ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA BALEIA FRANCA**. ICMBio – MMA. Ibituba – SC, 2018. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/plano_de_manejo_apda_baleia_franca.pdf Acessado 05/06/2020.

BAEZA, S.; PARUELO, J. M. **Land Use/Land Cover Change (2000–2014) in the Rio de la Plata Grasslands: An Analysis Based on MODIS NDVI Time Series**. Remote Sens. 2020, 12, 381.

CESERO, P. de.; PONTE, F. C. **Análise comparativa da paleogeologia dos litorais atlânticos brasileiro e africano**. Rio de Janeiro, Boletim de Geociências, v. 11, p. 1- 18, 1997.

CUSHMAN, S. A.; MCGARIGAL K. Landscape Metrics, Scales of Resolution. In K. von Gadow and Pukkala T., **Designing Green Landscapes, Springer B.V.** pp. 33-51, 2008.

COELHO, V. H.R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. das N.; LIMA, E. R. V. de.; NETO, A. R.; MOURA, G. S. S. de. **Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro**. UAEA/UFCG, v.18, n.1, p.64-72, 2014. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br> Acessado: 05/06/2020.

CURRAN, P. J. **Principles of Remote Sensing**. London, 1985 [pp. 260].

DANTAS, M.; FERREIRA, R. V. RELEVO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. In: **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife, 2010, pp. 80-91.

DINIZ, M.T.M.; OLIVEIRA, G. P. de.; MAIA, R. P.; FERREIRA, B. **MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**. Rev. Bras. Geomorfologia. (Online), São Paulo, v.18, n.4, (Out-Dez) p.689-701, 2017.

ELIAS, D; SOARES, B. (ORGS) **Agentes econômicos e reestruturação urbana e regional: Passo Fundo e Mossoró**. São Paulo: Expressão Popular, 2010, p.101-283.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 2006. Disponível em <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil/solos/5m/20201104> Acesso 01/07/2021.

FORMAN, R. T. T.; GORDON, M. **Ecologia da Paisagem**. Wiley, Nova Iorque 1986.

FORMAN, R.T.T. **Land Mosaics, the Ecology of Landscapes and Regions**. Cambridge University press, Cambridge, New York.1995.

FOODY, G. M. **Status da avaliação da precisão da classificação da cobertura do solo.** Sensoriamento Remoto do Ambiente Volume 80, Edição 1, abril de 2002, Páginas 185-201.

FERREIRA, C. J.; ROSSINI-PENTEADO, D. **Mapeamento de risco a escorregamento e inundação por meio da abordagem quantitativa da paisagem em escala regional.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 11, São Paulo, 2011. Anais, ABGE, São Paulo, 2011. CD-ROM.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. de. **Deteção de Mudança da Vegetação de Caatinga.** Revista Brasileira de Geografia Física 06 (2012) 1473-1487.

FERREIRA, C. J.; ROSSINI-PENTEADO, D.; GUEDES, A. C. M. O uso de sistemas de informações geográficas na análise e mapeamento de risco a eventos geodinâmicos. In: LOMBARDO, M.A. & FREITAS, M.I.C (org.): **Riscos e Vulnerabilidades: Teoria e prática no contexto Luso-Brasileiro.** Cultura Acadêmica-Editora UNESP, São Paulo, 155-188, 2013.

FICHERA, C.R.; MODICA, G.; POLLINO, M. **Land Cover classification and change-detection analysis using multi-temporal remote sensed imagery and landscape metrics.** European Journal of Remote Sensing - 2012, 45: 1-18.

GUERINI FILHO, M.; KUPLICH, T. M.; QUADROS, F. L.F. de. **Estimating natural grassland biomass by vegetation indices using Sentinel 2 remote sensing data.** International Journal of Remote Sensing Volume 41, Pages 2861-2876. 2020

LEMOS FILHO, L. C. de. A.; SOBRINHO, J. E.; OLIVEIRA JUNIOR, H. S. de. CLIMA E RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO APODIMOSSORÓ-RN. In: **Rio Apodi-Mossoró [recurso eletrônico]: Meio ambiente e planejamento.** Org. Rodrigo Guimarães de Carvalho. Mossoró – RN: EDUERN, 2021.

FIDELIS-MEDEIROS, F.; GRIGIO, A. M. **Identificação das Unidades Homogêneas e Padrão da Ocupação Urbana (UHCT) como subsídio ao ordenamento territorial em Mossoró, RN - Brasil.** EURE (Santiago) vol.45 no.135 Santiago 2019.

GEORGE, P. **A ação do homem.** São Paulo: Difusão Europeia do Livro, 1971. p. 142-150.

GEORGE, P. **L'ére des Techniques: Construction and Destructions.** Paris, PUF, 1974.

GAO, J.; ZHA, Y.; NI, S. **Assessment of the effectiveness of desertification rehabilitation measures in Yulin, north-western China using remote sensing.** International Journal of Remote Sensing, v.22, p.3783-3795, 2001.

GRIGIO, A. M.; FONSECA, N. D. da.; DIODATO, M. A.; PARANHOS FILHO, A. C.; ENCIMA, C. C. C. **RISCO NATURAL DOS SOLOS DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ, RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL.** São Paulo, UNESP, Geociências, v. 37, n. 4, p. 921 - 931, 2018.

HARTSHORNE, R. **Propósitos e natureza da geografia.** São Paulo: Hucitec, 1978.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/> acesso 21 de agosto 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE divulga Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil para 2018. Agência IBGE Notícias. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/27187-ibge-divulga-monitoramento-da-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil-para-2018> Acesso em: 13/11/2020.

JANSEN, L. J. M.; DI GREGÓRIO, A. **Obtaining land-use information from a remotely sensed land cover map: results from a case study in Lebanon**. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v.5, p.141-157, 2004.

JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment: an earth resource perspective**. 2nd ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

LAMBIN, E. F. et al. **Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions**. Annu. Ver. Environmental Resour. 2003. 28-205.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J. **Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts**; Springer: Berlin, Germany, 2006 [Google Scholar].

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Landscape Analysis with GIS**. Oficina de Texto, São Paulo, 424 p. 2009.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006. 908p.

LOPES, F.; MIELNCZUK, J.; OLIVEIRA, E. S.; TORNQUIST, C. G. **Evolução do uso do solo em uma área piloto da região de Vacaria, RS**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.1038-1044, 2010.

LIMA, J. R. de.; MAGALHÃES, A. R. **Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21**. Parc. Estrat. Brasília-DF. V23.n.46. pp.191-212 jan-jun 2018.

LUCAS, L. E. F.; MEDEIROS, F. H. F.; MEDEIROS, S. R. M.; FERNANDES, C. do N. **ANÁLISE DA OCUPAÇÃO INADEQUADA DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM UM TRECHO URBANO DO RIO MOSSORÓ NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ/RN**. REVISTA GEONORTE, Edição Especial 5, V.7, N.26, p.14-34, 2016.

McFEETERS, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**. Volume 17, 1996 - Issue 7.

MATOS, R. M. D. Tectonic evolution of the equatorial South Atlantic. In: Mohriak WU, Talwani M (eds) **Atlantic rift and continental margins**. AGU Geophysical Monograph vol 115. pp 331–354. 2000.

MAXIMIANO, L. A. **Considerações sobre o conceito de paisagem**. R. RA E GA, Curitiba, n. 8, p. 83-91, 2004. Editora UFPR.

- MATSUCHIDA, B.; XU, M.; FUKUSHIMA, T. **Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura, Japan using a high-quality GIS dataset**. *Landscape and Urban Planning*, v.78, p.241-250, 2006.
- MARTÍNEZ, S.; MOLLICONE, D. **From Land Cover to Land Use: A Methodology to Assess Land Use from Remote Sensing Data**. *Remote Sensing*. 2012, 4 1024-1045.
- MANUAL TÉCNICO DE USO DA TERRA**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. IBGE – Manuais Técnicos em Geociências, n°. 7 – 3ª ed. Rio de Janeiro, 2013.
- MAIA, R.; BEZERRA, F. H. R. Potiguar Basin: Diversity of Landscapes in the Brazilian Equatorial Margin, In: **Landscapes and Landforms of Brazil**. World Geomorphological Landscapes, Springer, 2015.
- MATLHODI, B.; KENABATHO, P. K.; PARIDA, B. P.; MAPHANYANE, J. G. **Evaluating Land Use and Land Cover Change in the Gaborone Dam Catchment, Botswana, from 1984–2015 Using GIS and Remote Sensing**. *Sustainability* 2019, 11, 5174.
- MATOS, R. M. D. **History of the northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up between Brazil and West Africa**. Geological Society, London, Special Publications, 153, 55-73, 1 January 1999. Disponível em: <https://sp.lyellcollection.org/content/153/1/55.short> acesso 20/11/2019.
- MAIA, R. P. GEOMORFOLOGIA DO VALE DO RIO APODI-MOSSORÓ. In: **Rio Apodi-Mossoró meio ambiente e planejamento**. Org. Rodrigo Guimarães de Carvalho. Mossoró – RN: EDUERN, 2021.
- MENDOZA, M. E.; GRANADOS, E. L.; GENELETTI, D.; PÉREZ-SALICRUP, D. R.; SALINAS, V. **Analysing land cover and land use change process at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003)**. *Applied Geography*, v.31, p.237-350, 2011.
- MEDEIROS, D. H. M. de; CAVALCANTE, A. A.; PINHEIRO, L. S. **ASPECTOS PLUVIOMÉTRICOS E HETEROGENEIDADE DO RELEVONA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI/MOSSORÓ (RN, BRASIL)**. *GeoTemas*, v. 8, n.3, p. 29-41. 2018.
- NIMER, E. Clima. In: IBGE. (Rio de Janeiro, RJ). **Geografia do Brasil; Região Nordeste**. Rio de Janeiro, 1977.p.47-84.
- OLIVEIRA, T. H. de.; MACHADO C. C. C.; SILVA, J. S. e.; GALVÍNCIO, J. D. G. **Índice de Umidade (NDWI) e Análise Espaço-Temporal do Albedo da Superfície da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó-PE**. *Revista Brasileira de Geografia Física* 03 2010. Pp. 55-69.
- OLIVEIRA, A. M. de.; COSTA, D. F. da. S. **Mapping of Caatinga ecosystems: evaluation of the effectiveness of Vegetation Indexes (NDVI and SAVI) and object-oriented mapping**. *RA'EGA*, Curitiba, PR, V.8, n.2, p. XX – XX, 11/2020.
- PESSOA-NETO, O. DA C.; SOARES, U. M.; SILVA, J. G, F. ROESNER, E. H.; FLORENCIO, C. P.; SOUZA, C.A. V. **Bacia Potiguar**. *Boletim. Geociências. Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 357-369, maio/nov. 2007.

RADAMBRASIL: FOLHA sb.24/25 Jaguaribe/Natal; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra (Levantamento de Recursos). Rio de Janeiro 1975.

RESENDE, Mauro. 500 ANOS DE USO DO SOLO NO BRASIL. In **500 anos de uso do solo no brasil/ XIII**. Reunião Brasileira de Manijó e Conservação do solo e da Água (XIII RBMCSA) – ilhéus, BA, Editus, 2002.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with erts**. In: EarthResourcesTechnologySatellite-1 symposium, 3, 1973, Washington, D.C Proceedings. Washington, DC.: NASA. Goddard Space Flight Center, v.1, p. 309-317, 1973.

RODRIGUES, A. M. **Produção e Consumo do e no Espaço - Problemática Ambiental Urbana**. Hucitec, 1998.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. **A CLASSIFICAÇÃO DAS PAISAGENS A PARTIR DE UMA VISÃO GEOSISTÊMICA**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 01, número 01, 2002.

ROCHA, A. P. B. **Expansão urbana de Mossoró (período de 1980 a 2004):** geografia dinâmica e reestruturação do território. Natal, RN: EDUFRN Editora da UFRN, 2005.

ROSSINI-PENTEADO, D.; FERREIRA, C. J.; GIBERTI, P. P. C. **Quantificação da vulnerabilidade e dano aplicados ao mapeamento e análise de risco**. II Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais e Tecnológicos. Anais. Santos, 2007.

ROCHA, A. B.; BACCARO, C. A. D.; SILVA, P. C. M.; CAMACHO, R. G. V. **MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA BACIA DO APODI-MOSSORÓ - RN – NE DO BRASIL**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 08, número 16, 2009.

RODRIGUES, J. P. B; PEIXOTO, F. S; ALBUQUERQUE, P. I. M. **EXPANSÃO URBANA SOBRE A PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO APODI/MOSSORÓ: MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO**. In: Geografia Física e as Mudanças Globais. Lidriana de Souza Pinheiro e Adryana Gorayeb (Org.) XVIII SGBFA (Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Fortaleza – CE, 2019.

ROSSINI-PENTEADO, D.; FERREIRA, C. J. **SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO “UNIDADES TERRITORIAIS BÁSICAS” (UTB) E MAPEAMENTO DE RISCO DE ÁREAS URBANAS DE USO RESIDENCIAL/COMERCIAL/ SERVIÇOS À EVENTOS GEODINÂMICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO**. Instituto Geológico 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/333172406> Acessado:19 abril 2019.

SÃO PAULO. **Sistema de classificação Unidades Homogêneas de Cobertura da Terra e do Uso e Padrão da Ocupação Urbana (uhct) e Mapeamento da Vulnerabilidade de Áreas Urbanas de Uso Residencial/comercial/serviços a Eventos Geodinâmicos do Estado de São Paulo**. Instituto Geológico, Coordenadoria de Planejamento Ambiental / Secretaria do Meio Ambiente do Estado do São Paulo 2016.

Disponível

em

http://igeologico.sp.gov.br/files/2016/06/Ficha_Tecnica_UHCT_2016.pdf

SALLES, M. C. T.; GRIGIO, A. M.; SILVA, M. R. F. DA. **EXPANSÃO URBANA E CONFLITO AMBIENTAL: UMA DESCRIÇÃO DA PROBLEMÁTICA DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ, RN – BRASIL.** Soc. & Nat., Uberlândia, 25 (2): 281-290, mai/ago/2013.

SANTOS, A. S. R. M. DOS.; MAURO, T. L.; SOUZA, L. A.; SENIGALIA, R. L. C, CASTRO, D. A.; SANTOS, E. S. **MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA APLICADOS NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE MÉDICE – RO.** Biodiversidade - V.18, N1, 2019 - pág. 150.

SORRE, M. **A noção de gênero de vida e sua evolução.** In: Max Sorre: Geografia (J. F. Megale, org.), pp. 99-123, Rio de Janeiro: Editora Ática 1984.

SOARES FILHO, B.S. **ANÁLISE DE PAISAGEM: FRAGMENTAÇÃO E MUDANÇAS.** Belo Horizonte – UFMG, 1998.

SILVA, S. A. de O. **ANÁLISE DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN (1970-2013).** Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido Mossoró, 2014.

SILVA, L. S. da. **USO DO GEOPROCESSAMENTO PARA MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COM ÊNFASE EM MÉTRICAS DA PAISAGEM: UM ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ÁGUA BRANCA.** Revista Acta Ambiental Catarinense V. 17, N. 1, 2020.

SMITH, Neil. **Desenvolvimento Desigual.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1988.

SOUTHWORTH, J.; MUNROE, D.; NAGENDRA, H. **Land cover and landscape fragmentation-comparing the utility of continuous and discrete analyses for a western Honduras region.** Agriculture, Ecosystems & Environment, v.101, p.185-205, 2004

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: (passado + presente = futuro?)** / Kenitiro Suguio. São Paulo; Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

SILVER, M.; TIWARI, A.; KARNIELI, A. **Identifying Vegetation in Arid Regions Using Object-Based Image Analysis with RGB-Only Aerial Imagery.** Remote Sens. 2019

SILVA, D. A. DE O.; LOPES, I.; SILVA, T. S. S.; BATISTA, P. H. D.; OLIVEIRA, J. D. A.; SANTOS, C. G. DOS. **Análise comparativa de modelos de correção atmosférica para imagens do sensor Operational Land Imager (OLI), landsat-8** Comparative analysis of atmospheric correction models for sensor images Operational Land Imager (OLI), landsat-8. Revista ambiental.vol.10, n3- 2018.

SILVA, J.L.B. DA.; MOURA, G.; SILVA, E. F. DE F. E.; LOPES, P. M. O. L.; SILVA, T.; LINS, F. A. C.; SILVA, D. A. DE. O.; ORTIZ, P. F. S. **Spatial-temporal dynamics of the Caatinga vegetation cover by remote sensing in municipality of the Brazilian**

semi-arid. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. v.14, n.4, e7128, 2019 Recife, PE, UFRPE.

SUDENE, Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Catálogo das cartas topográficas do Nordeste do Brasil escala 1:100.000/ SUDENE**. Diretoria de Planejamento e Orçamento. Departamento de Informações para o planejamento. Divisão de biblioteca – 2. Ed. rev. ampl. – Recife SUDENE 1997. 275 p.

TIBANA, P.; TERRA, G. J. S. **Sequências carbonáticas do cretáceo na Bacia Potiguar**. Boletim Técnico da Petrobras, vol.24, p. 174-183,1981.

TURNER, M.G. LANDSCAPE ECOLOGY: **The Effect of Pattern on Process**. Environmental Sciences Division. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 1989, 20;171-97.

USGS. United States Geological Survey. **Landsat 5**. Sensor TM. Canal 10. Órbita 63/64 ponto 123. De 01 de março de 1998. Disponível em <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 03 abril. 2020.

USGS. United States Geological Survey. **Landsat 7**. Sensor ETM+. Canal 10. Órbita 224 ponto 63/64. De 13 de março de 2008. Disponível em <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 04 abril. 2020.

USGS. United States Geological Survey. **Landsat 8**. Sensor OLI. Canal 10. Órbita 224 ponto 63/64. De 13 março de 2018. Disponível em <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 07 abril. 2020.

URBAN, D.L.; O'NEILL, R.V.; SHUGART JR, H.H. **Landscape ecology: a hierarchical perspective can help scientist to understand spatial patterns**. BioScience, v.37, n.2, p.119-127, 1987.

XIANGHONG, C.; MIN, F.; JOE, S.; SAURABH, C.; QING, S.; QING, Y.; JIPING, L.; YONG, W. **Landsat-Based Estimation of Seasonal Water Cover and Change in Arid and Semi-Arid Central Asia (2000–2015)**. Remote Sens. 2019, 11, 1323.

YOUNG, A. F.; CARMO, R. L. Do. **Transformações na paisagem, mudanças no uso do solo e planejamento: o sensoriamento remoto como instrumento de análise no caso de Curitiba**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5551-5559.
